

Identificación de los Factores que Determinan la Calidad de Agua en Cultivos Hidropónicos

María Fernanda Salas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Ingeniería Ambiental

Tauramena - Casanare

2020

Identificación de los Factores que Determinan la Calidad de Agua en Cultivos Hidropónicos

María Fernanda Salas

Trabajo para optar el Título de Ingeniero Ambiental

**Directo: Magister en Química Wilson
Ávila**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

Ingeniería Ambiental

Cead Yopal

Tauramena - Casanare

2020

Tabla de Contenido

Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción	10
Capítulo 1. Generalidades del proyecto.....	12
1.1. Identificación del problema de investigación.....	12
1.1.2. Pregunta de Investigación.....	15
1.1.3. Formulación de la Hipótesis de la Investigación	15
1.1.4. Sistematización del Problema.....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación	17
1.4. Marco referencial	19
1.4.1. Marco teórico	19
1.4.2. Marco conceptual.....	34
2. Capítulo 2. Caracterización	36
2.1. Caracterización del municipio de Tauramena	36
2.1.1. Localización y extensión territorial.....	36
2.1.2. Actividades económicas	38
3. Capítulo 3. Resultados.....	41

3.1.	Identificar las técnicas de implementación de cultivos hidropónicos que sean asequibles a las comunidades, para determinar su importancia en el cuidado medioambiental.....	41
3.2.	Explicar el proceso de implementación de un cultivo hidropónico en casa, indicando el método y los materiales que se utilizan.....	50
3.3.	Conocer los parámetros fisicoquímicos del agua utilizada para el riego de los cultivos hidropónicos y tratamiento a una vivienda urbana como resguardo de la seguridad alimentaria	55
4.	Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones.....	59
4.1	Conclusiones.....	59
4.2	Recomendaciones.....	60
5.	Referencias Bibliograficas	61

Lista de Tablas

Tabla 1 Superficie cultivada en Colombia (1990-2009).....33

Tabla 2 Usuarios reportados de los servicios de acueducto y alcantarillado37

Lista de Gráficos

Grafico No. 1 PIB por ramas de la actividad económica en Colombia (1981 y 1990).....	31
Grafico No. 2 PIB por ramas de la actividad económica en Colombia (2000, 2010 y 2014)...	32
Grafico No. 4 Distribución del inventario ganadero del departamento.....	39
Grafico No. 5 Área sembrada cultivos permanentes municipio de Tauramena.....	40

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Cultivo de Anthurium en picón (Tenerife, España)	21
Ilustración 2 cultivo de tomate en Tezontle (México)	21.
Ilustración 3 Semillero en Agadir (Marruecos).....	22
Ilustración 4 Invernaderos en China tipo 'Lean-to'. Detalles de las cubiertas de la cara sur	23
Ilustración 5 Localización geográfica municipio de Tauramena	36
Ilustración 6 Técnica de Cultivo en Flujo Laminar (NFT).	42
Ilustración 7 Técnica de Cultivo en Sustrato	42
Ilustración 8 Técnica de Cultivo por Aeroponía	43
Ilustración 10 Ventajas y desventajas de los Cultivos hidropónicos	49
Ilustración 11 Cuadro comparativo.....	50
Ilustración 12 Contenedores para el cultivo	51
Ilustración 13 Relleno de los recipientes	52
Ilustración 14 Colocado de semillas	52
Ilustración 9 Rango PH	57.

Resumen

El presente informe abarca los factores que determinan la calidad de agua en cultivos hidropónicos, con el objeto de resaltar la importancia de su manejo en la vida cotidiana y de poder implementar esta idea en el Municipio de Tauramena de Casanare, a estudiantes y demás personas habitan en él. En palabras del autor (Beltrano y Gimenez, 2015) explican que el rendimiento del cultivo, depende en gran parte de la cantidad del agua disponible para el riego, el estado de radiación, la temperatura o clima ambiental, la calidad de la siembra, el trabajo eficiente de plagas o patógenos, entre otros. Estos factores son definidos a partir de la identificación de parámetros fisicoquímicos del agua, determinantes desde el proceso de la siembra hasta la cosecha, y basados en la revisión desde los rendimientos hasta las ventajas sobre la agricultura tradicional.

El presente estudio, será desarrollado a través de un análisis y de una revisión bibliográfica, en el que se recopilará información acerca de la calidad del agua en cultivos hidropónicos, proponiendo a través de esta investigación que se realice a futuro un sistema de cultivo hidropónico en el Municipio de Tauramena, en el que se encuentran dos grandes potencialidades económicas, como lo son el petróleo y la agricultura, en el caso de la agricultura, este municipio, realiza el cultivo de plantas de forma tradicional y es por tal razón que se recomienda implementar alternativas para obtener cultivos más orgánicos y con mayor producción. Igual como en los cultivos que se realizan de forma tradicional, se requiere de un suelo que este en óptimas condiciones para utilizarlo en el cultivo hidropónico, en esta clase de cultivos se necesita agua de excelente calidad, que se encuentre libre de contaminantes y de un pH neutro. (Gilsanz J., 2007).

Palabras clave: Hidroponía, calidad de agua, agricultura, pH.

Abstract

This report covers the factors that determine the quality of water in hydroponic crops, in order to highlight the importance of its management in daily life, in order to implement this idea in the municipality of Tauramena, Casanare to students and others people that make up that municipality. In the words of the author (Beltrano y Gimenez, 2015), he explains that crop yield depends largely on the amount of water available for irrigation, the state of radiation, the temperature or ambient climate, the quality of planting, the efficient work of pests or pathogens, among others. These factors are defined from the identification of physicochemical parameters of water, determinants from the sowing process to the harvest, and based on the review from yields to advantages over traditional agriculture.

According to the extensive analysis and study of the quality of water in hydroponic crops, it was established that the municipality of Tauramena is identified with two great economic potentials, such as oil and agriculture, in the case of agriculture, He managed to identify that the Municipality under study, performs the cultivation of plants in a traditional way and it is for this reason that it is recommended to implement alternatives to obtain more organic and more productive crops. Just as in traditional production systems a soil that is in suitable conditions for its use is needed, in hydroponic systems good quality water is required, especially free of contaminants and excessive salts, which has a neutral pH. (Gilsanz J., 2007).

Keywords: *Hydroponics, water quality, agriculture, pH.*

Introducción

El presente trabajo de Monografía tiene como objetivo principal identificar los factores que determinan la calidad del agua en los cultivos hidropónicos, una vez identificados y explicados se compararan las ventajas, para determinar los que son más adecuados a utilizar, en economía y que causen menos daños a la contaminación, puesto que la técnica de cultivo es de suma importancia en la sociedad, en los municipios y que las personas puedan participar en su desarrollo sustentable y en la conservación del medioambiente, que las personas desde la facilidad de su hogar puedan manejar y explotar sus propios recursos naturales.

Esta revisión bibliografica representa un aporte para el medioambiente, y para la sociedad, que necesita cultivar plantas y tener disposición de ellas para su propio sustento, dentro de la misma se detallaron y definieron cada uno de los procesos que se llevan a cabo de acuerdo al tipo de cultivo, se conocerán las ventajas y desventajas de cada uno, para conocer cuál es el más factible para aplicar en el municipio de Tauramena, como actividad de gran importancia para determinar la calidad del agua del sector y de lo que influye en la preservación del medioambiente.

Siguiendo el orden de ideas, a través de la revisión con relación a la hidroponía, sugiere que la calidad de agua es un factor determinante en el cultivo por hidroponía, ya que nos puede limitar porque se utilizan sustratos inertes (sin nutrientes) y/o una solución nutritiva que proporciona todos los minerales necesarios para el desarrollo de las plantas. Todos ellos vienen para ser disueltos en agua de calidad con el fin de que no varíe la composición química de la solución y por ende todos los nutrientes se encuentren disponibles en todo momento. (Velázquez U., 2015).

Por todo lo anterior, se debe considerar las características físico-químicas del agua y tratar de mantenerlas adecuadamente para implementar un buen sistema de riego y así poder obtener una excelente producción, de ello depende que no se genere un impacto ambiental, producto de esta actividad, a pesar de que la hidroponía es una ciencia muy joven, en los últimos diez años, se ha constituido entre las opciones agrícolas de mayor auge, además de ello, es vista como *“la tecnología para la producción de alimentos en la era espacial y de los viajes interplanetarios, gracias a su facilidad de adaptación a las más diversas y difíciles situaciones en nuestra atmósfera terrestre y fuera de ella”*, también se convertirá en una herramienta fundamental para luchar contra la pobreza, el hambre y la desnutrición. (Salazar G., 2001).

Es por lo mencionado anteriormente, que resulta de gran importancia para el desarrollo del ser humano, debido a los métodos para la que es empleada, además de la relevancia que surge al considerarse una actividad de cultivo que determina la calidad del agua y el aprovechamiento de los nutrientes en las plantas, a futuro además pretende disminuir la pobreza y el hambre de la sociedad, debido a que los individuos pueden cultivar desde sus hogares vegetales de consumo, son múltiples de beneficios que trae contigo este sistema de cultivo, practicidad, rapidez, comodidad y lo más importante que garantiza el alimento del hogar donde es implementado, generando una independencia alimentaria porque las personas pueden tener a su alcance vegetales y frutas, que pueden controlar de la contaminación del medio ambiente, que por lo general no se puede hacer cuando se obtienen del mercado.

Capítulo 1. Generalidades del proyecto

Identificación del problema de investigación

En la presente trabajo de monografía se busca identificar cada uno de los factores que determinan la calidad del agua para ser utilizada en los cultivos hidropónicos en el Municipio Tauramena, a fin de proporcionar información de cómo se debe realizar un Sistema de Cultivo adecuado, libre de contaminación y a bajo costo, esto en función de que las personas a futuro puedan adoptar estas técnicas de cultivo que le puedan garantizar un sustento, esto en respuesta a las altas crisis que se viven a nivel mundial acerca de la escases de la comida y el alto índice de pobreza en las ciudades, por lo que el termino denominado para esa situación es la denominada inseguridad alimentaria. (Mejía M., 2016).

El cual, es la dificultad que tienen los individuos para adquirir alimentos, que se ha incrementado en los últimos tiempos debido a la degradación del medioambiente, la inestabilidad de los mercados, la producción de biocombustibles, el exceso de crisis, y las catástrofes ambientales, alejamiento de los gobiernos en las comunidades vulnerables, y muy importante, la falta de conocimientos técnicos que les permita a las personas mejorar su calidad de vida. (Mejía M., 2016).

En este orden de ideas, se vale decir, que el número de familias con escasos recursos, se enfrentan a los cambios desmesurados de los precios de los alimentos, por lo que las personas optan por consumir alimentos más económicos y con menor cantidad de nutrientes, lo que se refleja en el físico de las personas, en su capacidad mental y en la sociedad, es que la mala alimentación causa la disminución de la capacidad de aprendizaje, bajo rendimiento, y aumento de índices de mortalidad, esta situación es un problema latente que se experimenta a nivel

mundial, según cifras del (Banco Mundial, 2016), “el 33,3% de todas las muertes infantiles a nivel mundial se atribuye a la desnutrición.”

Ante tal evidencia, resulta necesario concientizar a las personas a crear un espíritu hacia el cultivo, que generen inversiones de agricultura en las regiones rurales y urbanas para impulsar a través de la plantación de plantas la producción de alimentos que mitiguen la inseguridad alimentaria, en el que los cultivos sean nutritivos y no generen un impacto ambiental, a través de la realización del presente artículo se brindara información necesaria para el cultivo hidropónico en zonas urbanas de manera sencilla y a bajo costo.

En la presente investigación se pretende explicar el proceso de un cultivo hidropónico en una casa ubicada en el municipio de Tauramena, estableciendo las ideas prácticas para la elaboración del cultivo, indicando además las condiciones que debe tener el agua para riego utilizada en el cultivo hidropónico.

Descripción del problema

Para continuar la identificación del problema, es necesario destacar la importancia que representa para una nación el que sus habitantes generen alternativas de solución a las carencias y problemáticas que enfrentan, en este caso, los gobiernos están en el deber de facilitarle a sus ciudadanos herramientas y conocimientos acerca de sus recursos naturales, para que estos puedan manejarlos de la forma más adecuada y sencilla, desde la comodidad de su hogar de ser posible y que logre erradicar sus carencias, en esta monografía se enfoca el problema de la inseguridad alimentaria, la falta de las personas de cultivar desde sus hogares, por ignorancia en muchas ocasiones, es por ello que a través de esta revisión bibliográfica se

brindaran aportes acerca de los Sistemas de cultivos existentes para la hidroponía, y acerca de los métodos del tratamiento de agua, para mejorar su calidad de forma adecuada y segura.

De acuerdo a lo antes mencionado, se puede decir que el gran objetivo de la agricultura es satisfacer las necesidades de alimento y fibras que tiene la humanidad. Dichas necesidades se incrementan conforme aumenta la población, cuyo crecimiento promedio en los últimos 50 años ha sido de 50 millones de personas por año; a éste ritmo de crecimiento poblacional, satisfacer la ingesta de alimentos para los siguientes treinta-cuarenta años requerirá un incremento en la producción agrícola de 40 a 50%. (Trueba I. y otros, 2006).

En la presente monografía, se pretende explicar los diversos modelos de cultivo hidropónico que existen y de qué manera ellos podrían ser una segunda opción al tradicional sistema de cultivo y primordialmente de siembra en los sectores urbanizados, como consecuencia del aumento de la población. Desde otra perspectiva, se afirma que al hacer uso de cultivos hidropónicos se obtienen numerosas ventajas, una de ellas, es adquirir producto libre de insecticidas y cualesquiera otros contaminantes dañinos, por lo que resulta en alimentos orgánicos y puros. (Forero R. Parra G. Luna R. y Rivera E., 2011).

En la actualidad, en el planeta se hace uso de la hidroponía como un instrumento de elaboración de alimentos que son de destino comercial y social, en el país, este modelo de cultivo fue impulsado a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO que en inglés significa Food and Agriculture Organization, con el fin de eliminar la pobreza desde hace aproximadamente 27 años. (Rosas Antonio, 2009).

Con el paso del tiempo los suelos se tornan con mayor índice de contaminación, diversidad de climas cambiantes, la hidroponía, por sus especiales características y facilidad

de cultivo brindan nuevas oportunidades de desarrollo de alimentos frescos e inocuos donde los cultivos tradicionales están agotados como alternativa, y para garantizar un cultivo hidropónico eficaz el agua que se utilizará para emplearlo debe estar pura y libre de patógenos.

Es por ello que, a través de la presente, se pretende orientar a las personas e incentivarlas a realizar el cultivo hidropónico, utilizando los métodos adecuados para evitar la contaminación del agua y de las plantas, y destacarle la importancia de lo que esta actividad influye en la seguridad alimentaria de las personas, que controlan el proceso y evitan cualquier contacto del cultivo con agentes contaminantes. (Castellón J. Bernal R. y Hernández M., 2015).

Pregunta de Investigación.

Con base en lo anterior se propone la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué factores son determinantes en la calidad de agua utilizada para cultivos hidropónicos?

Formulación de la Hipótesis de la Investigación.

Se propone que la hipótesis de investigación se encuentre relacionada con la siguiente afirmación: Existen factores determinantes en la calidad del agua utilizada en la hidroponía.

Sistematización del Problema.

El problema se enfoca primordialmente en adecuar un tratamiento oportuno y factible para el cultivo hidropónico de las plantas, a bajo costo y que no genere un impacto ambiental.

Objetivos

Objetivo general.

- Identificar los factores que determinan la calidad del agua para ser utilizada en hidroponía

Objetivos específicos.

- Estudiar las técnicas de implementación de cultivos hidropónicos que sean asequibles a las comunidades, para determinar su importancia en el cuidado medioambiental.
- Explicar el proceso de implementación de un cultivo hidropónico en casa, indicando el método y los materiales que se utilizan.
- Conocer los parámetros fisicoquímicos del agua utilizada para el riego de los cultivos hidropónicos y tratamiento a una vivienda urbana como resguardo de la seguridad alimentaria.

Justificación

El cultivo hidropónico resulta un tema de gran importancia y relevancia, que debe ser de conocimiento a todos los individuos, pero que conozcan las técnicas más comunes empleadas para determinar la calidad del agua para el cultivo, “la hidroponía es la solución para incorporar a la producción extensa y creciente áreas desérticas, contaminadas e inundadas, producto de la mala utilización de los recursos naturales en nuestro planeta. Como utiliza el agua en forma más eficiente que en la agricultura tradicional.” (Salazar G., 2001).

Esta técnica busca evitar la contaminación en el cultivo, por lo que mejora su calidad. La importancia que poseen los cultivos hidropónicos en la nación es alta, estos se esperan que permitirán el desarrollo de la industria del turismo, en islas y países con insuficientes áreas agrícolas, así sucede en países como Hawái, Aruba, Donaire, Curazao y Republica dominicana. (Salazar G., 2001). Numerosos beneficios traen en la ciencia, a través de las áreas de enseñanza de la biología, la ecología, la fisiología vegetal y la botánica. Es evidente, que los cultivos hidropónicos tienen muchas ventajas esta actividad, como se ha mencionado anteriormente, influirán en el desarrollo sostenible de los sectores que los apliquen, en cuanto al fortalecimiento de la seguridad alimentaria, en el desempeño de la plantación de alimentos para el consumo humano y garantizar su salud y conservación. (Velázquez U., 2015).

Es debido a lo antes expuesto, que en este documento el lector encontrará los criterios fundamentales para la identificación de los factores determinantes en la calidad de agua utilizada para cultivos hidropónicos, con previo reconocimiento de su relevancia. La importancia de contar con un cultivo hidropónico en el hogar, radica en los múltiples beneficios que trae consigo, entre los que se encuentran, su venta y comercialización en los mercados, esta actividad

contribuye a la economía familiar, y es muy beneficioso debido a que la realización de este tipo de cultivos es accesible y permitirá la conservación del medio ambiente, evitando el desgaste o daño que sufre la tierra, son múltiples los beneficios que trae consigo esta técnica de cultivo novedosa, además es conocida como la agricultura del futuro. (Albornoz F. Torres A. Tapia M y Acevedo E, 2017).

Marco referencial

Marco teórico

Historia y actualidad

En la antigüedad, hacía el siglo VI A.C, en una de las complacencias que tuvo el rey de Babilonia hacía una de sus esposas, Amytis, fue recrear montes y colinas de exuberante vegetación, que más tarde vendría a llamarse los Jardines Colgantes de Babilonia y de esta manera también creó el primer cultivo hidropónico del que se tenga conocimiento. La Antigua Babilonia poseía el más maravilloso Jardín en terraza de piedras y era colocado de manera escalona, donde se plantaron árboles, flores y arbustos que eran regados a través de una especie de artefacto que elevaba el agua de pozos pocos profundos hasta lugares más altos del Jardín que eran ubicados en sitios bajos y hondos, siguiendo los principios hidráulicos. La vegetación era tan exuberante que se observaba desde afuera a pesar de las murallas de la ciudad. (Optimus Garden, 2019).

Los Jardines Flotantes de los Aztecas, que eran llamados *Chinampas*. “Estos jardines constituyeron como el sistema más eficiente de producción de agua conocido desde entonces, surgieron como respuesta ante la presión de las tribus rivales que los desplazó hacia el lago, dejándolos sin tierra para cultivar. Dice que las chinampas eran balsas construidas con cañas y bejucos, que flotaban en el Lago Tenochtitlán (México). Aun hoy día se puede observar en la ciudad de Xochimilco estos hermosos jardines hidropónicos dando ejemplo de como la naturaleza ha abierto espacio para la creación de nuevas estrategias de cultivos de diferentes clases.” (Alcántara S., 1999)

En el año de 1842 se publicó la primera lista donde se incluía nueve elementos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas donde se comprobaba que, aunque el suelo tuviese todos los minerales necesarios para el desarrollo de las plantas, ese podía ser improductivo si faltase un solo elemento esencial o si este se encontrara presente en muy baja cantidad. A su vez, a estos elementos se les destacó desde el más importante hasta aquellos que eran necesarios en pocas cantidades, colocándose con primarios el nitrógeno, fósforo y potasio. Seguido de estos los secundarios conformados por el azufre, calcio y el magnesio. Por último, se encuentran los elementos menores a boro, zinc y el cobre. (López et al, 2016).

Así las cosas, la hidroponía es el cultivo de plantas sin el uso del suelo como sustrato, llamamos sustrato a cualquier medio o vehículo, excepto tierra, que suministra agua, nutrientes y oxígeno a las plantas siendo soporte de la raíz que a través de fertilizaciones nutritivas suministradas a las plantas mediante diferentes mecanismos de riego o goteo.

Los avances en esta tecnología no se han hecho esperar, pues drásticamente se ha ido implementando y buscando diferentes métodos de sustrato y se han obtenido excelentes resultados. Se estima que actualmente en España unas 5.500 hectáreas yacen bajo explotación comercial mediante hidroponía y que son implementadas y mejoradas a medida que los avances tecnológicos surgen. Con esto se estima una indudable potencia económica para la región. (Urrestarazu M., 2012).

En otro país donde también se ha podido implementar esta técnica es en México con unos excelentes resultados y es un caso excepcional pues se datan de cultivos de producción de autoabastecimiento hasta grandes compañías productoras de más de 100 ha repartidas por todo el país. Una compañía dedicada a la hidroponía es llamada Almerimex. En México se destaca el uso de diferentes tipos de sustratos que va desde los locales, orgánicos, minerales y tradicionales.

Pero el s u s t r a t o que más se destaca es un material volcánico muy ligero de distinta granulometría. (Gamboa J., 2010).

Ilustración 1 Cultivo de Anthurium en picón (Tenerife, España)



Fuente: (Urrestarazu M., 2012).

Ilustración 2 cultivo de tomate en Tezontle (México)



Fuente: (Urrestarazu M., 2012).

Marruecos tampoco se queda atrás pues han aprendido a utilizar los sustratos como en España con la diferencia que en la producción se simplifica las tecnologías utilizadas e implementando la mano de obra, pero las cosechas no tienen grandes variaciones pues la producción final es similar a los países europeos. (D. I. Jarvis C. Padochh y H. D. Cooper, 2017).

Ilustración 3 Semillero en Agadir (Marruecos)



Fuente: (Urrestarazu M., 2012).

Como no se puede dejar de nombrar a China que gracias a su disciplina y su anhelo de adquirir conocimiento nos llevan años luz en desarrollo con una población de 1.3 billones de personas y 2 millones de hectáreas de cultivos protegidos. Se dice que es el país más importante desde el punto de vista hortícola en el mundo y que cada día implementa de manera sustancial la variación tecnológica. En china se encuentra localizados los invernaderos lean-to, son en realidad de construcción sencilla, pero diseñados para que la luz penetre solo por una de sus caras, las demás son opacas y fueron construidas de tal manera que retengan el calor interior proveniente del efecto invernadero, en horas de la noche las cubiertas plásticas son protegidas con una

segunda capa. El objetivo principal es no perder la energía térmica. Esta técnica se denomina INSOLE (Invernadero Solar Enterrado) (Guillaumet S., 2012).

Ilustración 4 Invernaderos en China tipo 'Lean-to'. Detalles de las cubiertas de la cara sur



Fuente: (Urrestarazu M., 2012).

América Latina no se ha quedado atrás en temas de hidroponía. En Chile existe una empresa que se dedica a la producción de tomate hidropónico esta empresa se llama Tomaval, fue fundada en 1989, es pionera de hidroponía en Chile y también utiliza invernaderos similares a los utilizados en China. Esta empresa ha llegado al punto cumbre de la exportación a otros países, destacándose a diario por buscar nuevas tecnologías para mejorar sus plantaciones. (Redagricola Chile, 2017)

En Argentina, en la provincia de Córdoba encontramos a Midory, una de las empresas pioneras en hidroponía en este país y se especializan en la horticultura, aunque solo distribuyen sus cultivos en el mismo país, que a mi parecer es una gran lastima. Esta empresa fertiliza sus cultivos colocando debajo de sus galpones cisternas que inyectan agua al sistema a través de cañerías que tienen pequeños huecos sobre los que se colocan la raíz. Después del crecimiento de

la planta es envasada conservando la raíz, permitiendo que la hortaliza dure más tiempo fresca. (Guillaumet S., 2012).

En Colombia se encuentra cada día más implementada estas tecnologías y a tras fondo se busca desarrollar la capacidad de poder usar la hidroponía en la agricultura urbana, es más, la mayoría de empresas dedicadas a esta tarea buscan fomentar el conocimiento de esta técnica en los colombianos buscando dar una mejor calidad de vida y combatir en cierto modo la pobreza, pues una de las necesidades básicas de nuestro país es la falta de alimentos por falta de recursos.

En Colombia encontramos varias empresas dedicadas a la producción de hortalizas cultivadas por medio hidropónico. Tanto, que se ha creado una revolución o modo de innovación la hidroponía. En Medellín se utiliza en las terrazas de las casas o balcones donde se empezó como un proyecto de obra social buscando darles una oportunidad a familias de escasos recursos para garantizarles la seguridad alimentaria y también un poco de ayuda económica.

Es lastimoso que en Colombia se ha utilizado más que todo en flores y hortalizas y aunque hay gran información acerca de la hidroponía muy pocas personas quieren cambiar el método tradicional por el cultivo sano y amigable por con el medio ambiente. (Guillaumet S., 2012).

Seguridad alimentaria

Según la definición de la (FAO, 2009), se entiende por seguridad alimentaria “cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico, social y económico a los alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida sana y activa”. En concepto de la FAO, la seguridad alimentaria es lo más fundamental de las necesidades y de los derechos humanos. Como lo afirmó el director

general de la FAO, José Graziano da Silva, “es posible que la seguridad alimentaria no sea siempre nuestra primera preocupación, pero debería serlo”.

La seguridad alimentaria integra tres aspectos esenciales, uno, es que abastece de alimentos en el lugar donde se implementa, dos es el fácil acceso a los mismos, y tres, que es estable y sustentable en el tiempo, es decir, que ejerce garantía en la duración de los alimentos, sin ningún tipo de escases, es de suma importancia la creación de los cultivos hidropónicos desde los hogares, esta actividad garantiza la disponibilidad de alimentos nutritivos y garantiza su fácil acceso, además de ello puede servir como un sustento económico al comercializar a las comunidades parte de la cosecha. (FAO(b), 2016).

Si bien es cierto, que la hidroponía en comparación con el cultivo tradicional, tiene menos riesgo de contaminación, debido a que las plantas no están en contacto con el suelo, y tampoco tienen riesgo de inundarse o de ser atacadas por plagas, este sistema de cultivo no escapa de ser contaminado por patógenos transmitidos por alimentos.

De acuerdo al autor (Hernández R., 2013), los procedimientos de seguridad en la producción de alimentos y los lineamientos para el cultivo de vegetales hidropónicos, especialmente de las que se consumen crudas, se asemejan a los procedimientos realizados a las de los cultivos en el suelo, en caso concreto, la Universidad de California posee una regla específica y óptima denominada Seguridad Alimentaria en su huerto doméstico, y esta técnica es utilizada en los invernaderos.

Es recomendable, que en el momento de sembrar hortalizas o cualquier otro vegetal que se consuma crudo, no emplear el estiércol compuesto o productos que contengan elementos que provengan de origen animal, en caso de emplear estiércol, debe inspeccionar que son de marca garantizada, que su envase es de manejo comercial, además de ello, sin embargo, deben

considerar que ningún material compuesto está libre totalmente de bacterias, que aunque no represente un problema para el sistema de hidroponía tradicional, es posible emplear en diversos sistemas hidropónicos orgánicos, por ejemplo, la fibra de coco limpia y de óptima calidad, se puede emplear como un instrumento útil para el cultivo de los vegetales y hortalizas que se consumen crudos. (GroHo, 2018).

Además de ello, el agua debe estar limpia y de muy buena calidad, en el momento de realizar un cultivo hidropónico, debido a que es un riesgo que se originen efectos nocivos al no emplear agua que no esté tratada, es de suma importancia que se observe el agua empleada en pulverizaciones de plagas o foliares, riego aéreo, sprays de nebulización o cualquier otra forma de limpieza o tratamiento que pueda hacer contacto con la parte alimenticia del vegetal, si el agua que se emplea llega a estar contaminada entonces contaminará el ramaje por muchos días (hasta un mes) se debe esperar a las bacterias o virus mueran voluntariamente.

En los embalses de agua, donde se reciben aguas de los sectores y municipios, se realizan periódicamente tratamientos al agua con el fin de exterminar factores contaminantes nocivos para el ser humano, por tal razón, son seguros en el uso de componentes hidropónicos, pese a esto, el agua que proviene de la lluvia, las encontradas en los pozos, la que es de origen superficial y de otros orígenes es obligatorio que sean inspeccionadas, evaluadas y tratadas, debido a que este tipo de cultivo no se pueden emplear productos químicos, por ejemplo; el agua sanitaria o peróxido de hidrogeno para desinfectar el agua, por lo que se recomienda el uso de opciones no químicas como RO, ozono, UV o la destilación.

Tomando en cuenta, que la contaminación por bacterias de productos crudos o frescos puede suceder por causa de animales e insectos, se recomienda mantener lejos del invernadero cualquier clase de animal, bien sea mascotas, insectos y/o animales silvestres. (Mejía, 2016).

Además de ello, el contacto humano es otro modo común de enfermedades transmitidas a través de alimentos, futas, hortalizas o cualquier otro producto fresco, es por ello, que se deben lavar las manos, emplear el desinfectante de manos al momento de manipular las plantas y todos los objetos en el huerto, no con guantes, porque de usarse deben estar sumamente limpios, de estar sucias se corre el riesgo de contaminación a los equipos y por ende a las plantas.

Se debe evitar que la parte nutriente del vegetal haga contacto con soluciones químicas o cualquier otro nutriente.

Las hortalizas están constantemente expuestas a contaminación por bacterias debido a que normalmente ellas se encuentran en el suelo, cerca del agua, por lo que generalmente son propensas a recoger bacterias en mayor proporción que las frutas, el cual, se forman en la superficie, encima de las sustancias de los cultivos hidropónicos. (Uribe N. y Zemanate M., 2016).

Debe mantener el espacio donde se realiza el cultivo 100% impecable, es por ello, que antes del plantar, debe desinfectar las áreas, especialmente las áreas que están por encima de los canales de cultivo donde se encuentran los vegetales o las hortalizas, y debe emplear la limpieza con una solución de agua sanitaria diluida.

Debe remover la plata que se encuentre enferma o que se esté pudriendo, y debe eliminar los restos o rípios de posa, hojas viejas y otras materias orgánicas.

En el momento de la cosecha, debe desinfectar bien sus manos, los instrumentos a emplear, cuchillos y otros implementos antes de iniciar, debe manipular el producto hidropónico con sumo cuidado con el fin de evitar daños.

A la hora de emplear un corte y preparar hortalizas frescas, debe mantenerlas cubiertas y con buen oxígeno, además, no deben consumirse de forma inmediata, las plantas recién

recogidas deben lavarse bien con agua corriente, y no en un recipiente con agua, porque las bacterias pueden transmitirse a través del agua.

Adicionalmente, sustraiga cualquier fruta, hortaliza o vegetal cortado si están allí más de dos horas a temperatura ambiente o por más de una hora a temperaturas superiores a 40 ° c. (Uribe N. y Zemanate M., 2016).

Generalidades sobre la Seguridad Alimentaria en Colombia

La seguridad de los alimentos es uno de los aspectos de mayor relevancia en una nación, pues esta le garantiza que en los hogares exista alimento, es por ello, que hay que prestarle la especial atención, por su estrecha relación con la salud. Con ello, la creciente necesidad de transmitir confianza a los consumidores, y especialmente hoy día, cuando tanto el entorno como el comercio internacional han adquirido gran relevancia en relación a la movilidad de productos, materias primas y sus componentes. (FAO, 2009).

En lo que respecta a la legislación Colombiana, se aplican diferentes regulaciones específicas que contienen teorías acerca de la importancia de la prevención, sustracción y reducción de los riesgos en la Salud del ser humano que abarca todo el proceso de la cadena alimenticia, los productos y actividades relacionadas con el tratamiento y procesamiento de alimentos, sin dejar a un lado, los operadores privados y las autoridades competentes (sus productores, fabricantes, distribuidores e importadores) quienes son los que integran el ejercicio de producción de alimentos. (Mejía M., 2016).

De acuerdo a Jaramillo (1992), “Los procesos de apertura económica y globalización han constituido una gran tendencia internacional de la cual Colombia no se ha podido escapar” todos estos procesos han permitido el cambio y transformación en todos los sectores productivos, en

especial al agrícola, que actualmente se encuentra en una controversia, entre si produce o importa los alimentos esenciales para el consumo básico de sus habitantes, por tal razón, desde el año 1990, el ámbito económico ha experimentado efectos positivos y negativos en la seguridad alimentaria de los países en pleno crecimiento, especialmente en Colombia, que es la nación que representa el presente análisis. (Forero R. Parra G. Luna R. y Rivera E., 2011).

En relacion a lo antes mencionado, se evidencia que el concepto de la Seguridad alimentaria para la FAO, se centra en que las provisiones deben ser suficientes para que alcancen para toda la humanidad, independientemente de la zona de donde provengan o se originen, lo que quiere decir, que la Seguridad alimentaria se basa como una problemática que surge a nivel mundial, sin embargo, otros autores, piensan que esta Seguridad de los alimentos se debe tomar como una complicación a nivel nacional, en el que cada país se encuentra en el deber de crear y producir los alimentos básicos y que alcance para cubrir las necesidades de todos sus habitantes, con el fin de que los países no dependan de la importación de alimentos de otros países, por lo que no pierde la potestad de cubrir toda su producción interna para suplir de alimento a todos sus habitantes. (Mejía M., 2016)

Seguidamente, se puede acotar que, primeramente, las dificultades de disposición de alimentos se pueden solventar a través de la adquisición de comida en los mercados internacionales o de la elaboración interna de alimentos.

Como segundo requisito, se debe enunciar que la actividad agrícola es un sector esencial y que no se debe descuidar, con el fin de evitar riesgos como depender de otros países.

El tercer punto, es que los países que no produzcan alimentación como mínimo para cubrir la rutina básica de alimentación para sus habitantes, se enfrentan inminentemente a problemas

con las personas que se encuentran en situación de necesidad y que se les hace imposible para su sobrevivencia.

Como cuarto requisito, es necesario que los entes públicos actúen en función de resolver los problemas de seguridad alimentaria en su ubicación.

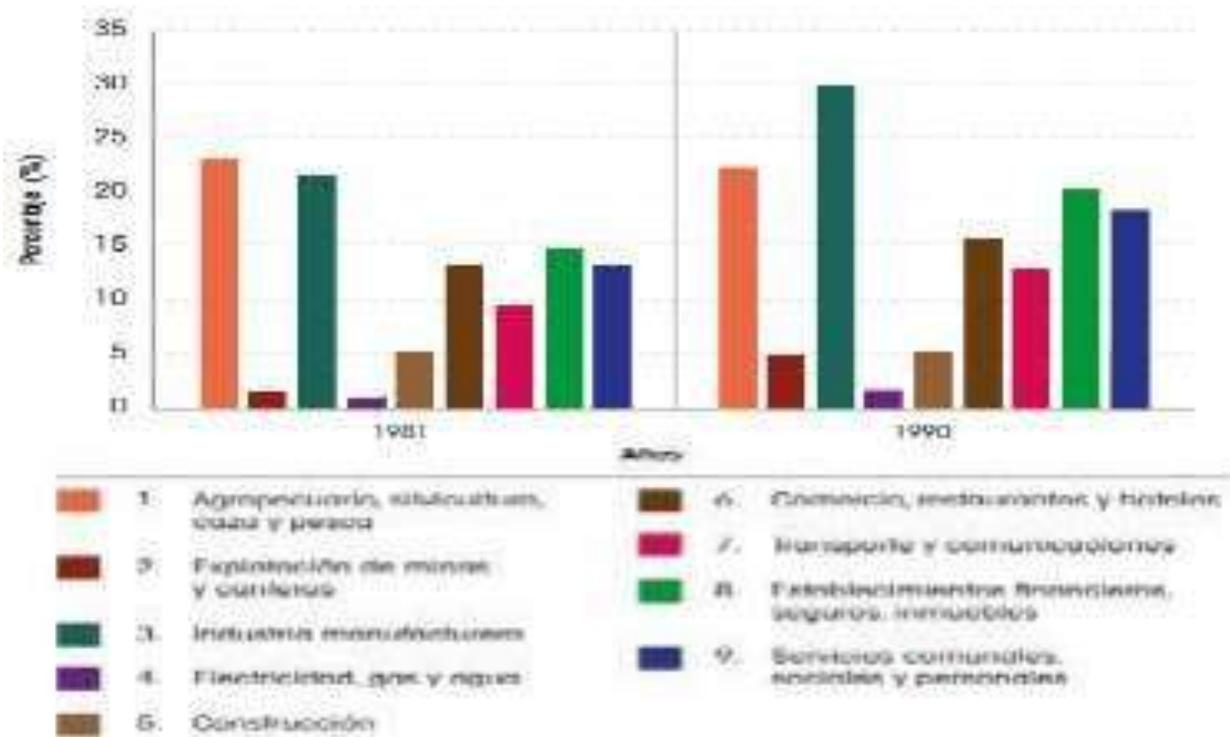
Y por último y quinto punto, el hecho de adquirir alimentos importados, indica que las naciones hoy en día se les facilita renunciar a crear sus propios alimentos y en considerar la producción de bienes que tengan ciertas ventajas para entonces recibir más beneficios, producto del intercambio comercial entre países. (Mejía M., 2016).

Identificación del sector agrícola en Colombia, años 1990- 2014

A comienzos de los años ochenta, Colombia representaba un país que se identificaba por poseer un excelente autoabastecimiento de alimentos, es decir, su siembra agrícola cubría toda la demanda de la nación de productos agrícolas, por tal razón, contaba con ofertas que superaban el 70% en el caso detallado de cereales, y con respecto a las frutas, carnes y hortalizas, su abastecimiento estaba alrededor del 100%. (Fajardo, 2014).

Con relacion a lo anterior, si se analiza el nivel de participación del sector de agricultura en relacion al PIB, en comparación con otros sectores de la economía del país, resulta evidente, que durante el año 1981, la actividad de la agricultura se encontraba en un momento de auge, y como resultado tenía una participación del 22%, es decir, que representaba la actividad económica que más generaba ingresos en la nación, tal y como se puede observar en el grafico a continuación.

Grafico No. 1 PIB por ramas de la actividad económica en Colombia (1981 y 1990)



Fuente: (Mejía M., 2016).

A pesar de ello, para el año 1990, el sector de la agricultura perdía participación en el mercado, siendo superado por el sector manufacturero, evidenciándose que para ese año, su aportación dentro del PIB tuvo una escasa disminución de sólo un 2%, de acuerdo a lo que se evidencia en el gráfico 1, hay que afirmar que este importante sector agrícola desde el año 1990 hasta la actualidad ha venido disminuyendo su desempeño económico. (Jaramillo A., 1992).

Ahora bien, al estudiar de nuevo el grado de participación del sector agrícola en el crecimiento económico de la nación durante los años 2000, 2010 y 2014, se puede evidenciar como esta actividad pierde participación cada vez más, en el gráfico 2 se muestra que para estos tres años sus aportes al PIB resultaron respectivamente en un 7,9%, 6,5% y 6,4%.

Ademas, se muestra que el sector agrícola ha venido perdiendo protagonismo en el país, es decir, que paso de ser una gran fuente de ingreso económico en el país a convertirse en una de

los sectores, al igual que la construcción y la electricidad, gas y agua, poco aporta al avance del país.

Ademas de ello, la gráfica muestra que desde el año 2000, la actividad referente a la actividad comercial, entidades financieras, seguros, actividades inmobiliarias y prestación de servicios a las organizaciones, eventos sociales, a las comunidades e individuales, corresponden las ramas de la actividad comercial que hace poco evidencian un mayor nivel de participación dentro del PIB.

(Jaramillo A., 1992).

En resumen, desde inicios de los años 90 hasta los años 97 se evidenció en el país una reducción de los suelos cultivados, antes existían 4.900.000 que se disminuyeron a 4.261.000, y de acuerdo a este resultado, se estima que para el año 2009, la superficie siga en disminución.

(Tabla 1 y gráfico 2).

Gráfico No. 2 PIB por ramas de la actividad económica en Colombia (2000, 2010 y 2014)

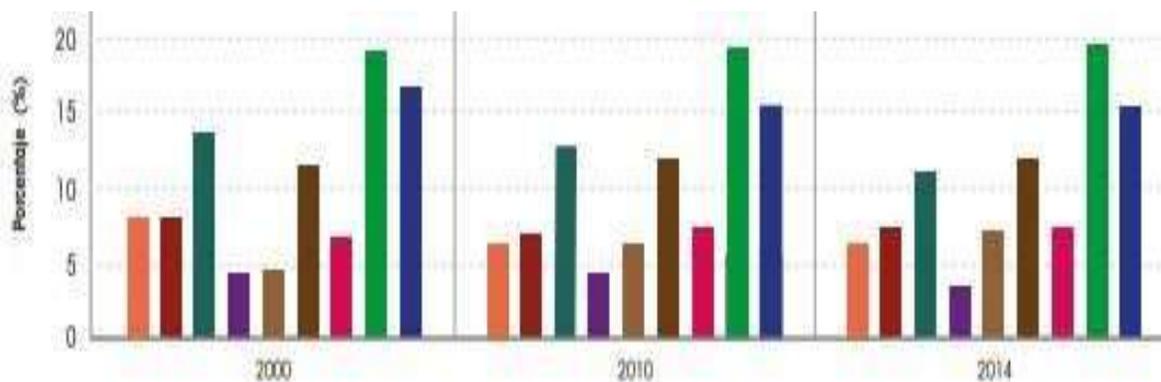


Tabla 1 Superficie cultivada en Colombia (1990-2009)

Superficie cultivada en Colombia	
Años	Miles de hectáreas
1990-1992	4900
1995-1997	4261
1999	4364
2000	4545
2001	4135
2002	3738
2003	3749
2004	3708
2005	3613
2006	3369
2007	3570
2008	3461
2009	3354

Fuente: (Mejía M., 2016).

Marco conceptual

Para la determinación de los conceptos relacionados con la calidad de agua e hidroponía se obtuvieron los resultados propuestos a continuación.

- **Aguas lluvias.** Son las diferentes aguas provenientes de la precipitación pluvial, decir que ascienden de las nubes cuando se precipitan. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia, 2014).
- **Aguas residuales o aguas servidas.** Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial. En cuanto a que son residuos o restos del líquido esencial como consecuencia de su utilización. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia, 2014).
- **Metales pesados.** Corresponden sustancias químicas, el cual contienen un peso de moléculas alto, generalmente poseen densidad mayor a 5,0 g/cm³, un ejemplo de ellos son: el plomo (Pb), la plata (Ag), el mercurio (Hg), el cadmio (Cd), el cobalto (Co), el cobre (Cu), el hierro (Fe), el molibdeno (Mo), el níquel (Ni) y el zinc (Zn). (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia, 2014).
- **Permeabilidad.** Se llama así, porque constituye un material que permite que pasen líquidos a través de ellos. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia, 2014).
- **Cultivo hidropónico:** Es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Es un método alternativo al tradicional, que se utiliza actualmente para facilitar el proceso de cultivo de las plantas y facilitar el acceso a vegetales sembrados en el hogar. Con la técnica de

cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes. (Beltrano y Gimenez, 2015).

- **Sustrato:** Según los autores (Beltrano y Gimenez, 2015), corresponde un producto sólido, que es diferente de la superficie original, que si se coloca en un recipiente directamente o mediante mezcla, permite la detención o captación del sistema radicular, el cual, está compuesto a través de dos fases:
 - **Fase sólida,** el cual, constituyen las partículas del sustrato propiamente dicha;
 - **Fase líquida,** que constituye el agua o solución que contiene sustancias disueltas

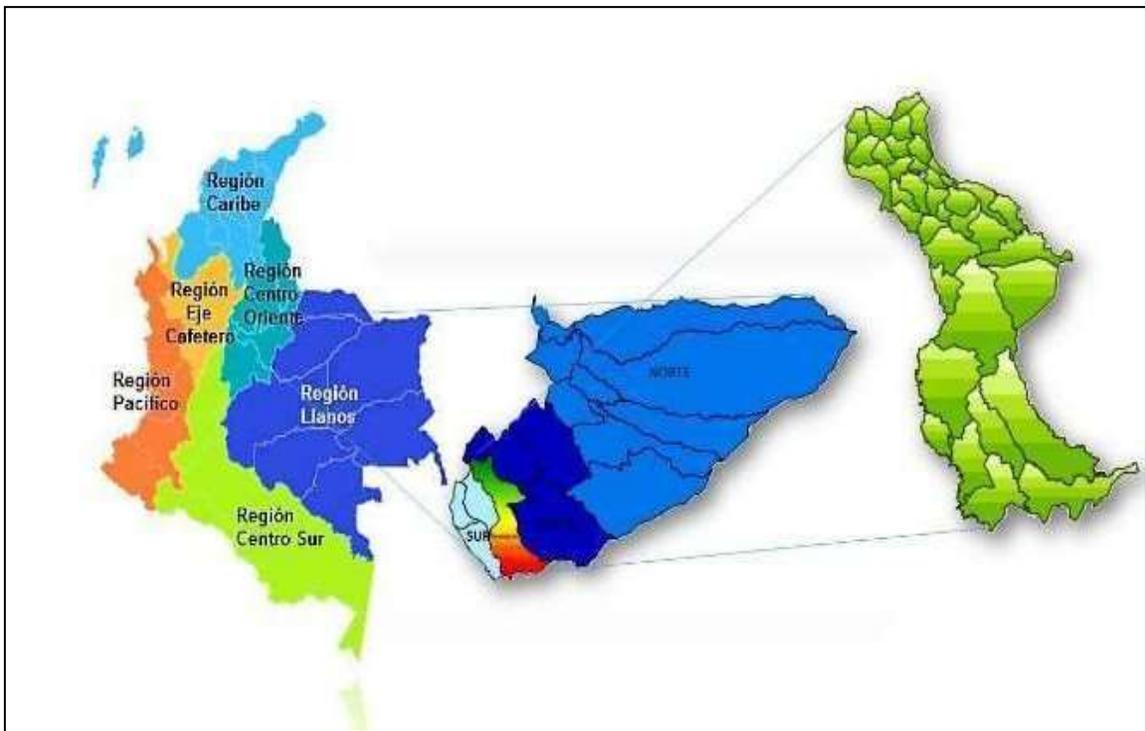
Capítulo 2. Caracterización

Caracterización del municipio de Tauramena

Localización y extensión territorial

El municipio de Tauramena se encuentra ubicado al sur del departamento de Casanare y cuenta con una extensión territorial de 2.607 Km² correspondientes al 5,8% de la extensión total del departamento que corresponde a 44.640 Km² (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Ilustración 5 Localización geográfica municipio de Tauramena



Fuente: (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Del total de la extensión del municipio el 0,1% equivalen a la zona urbana (2.44 Km²) y el restante 99,9% se identifica como zona rural, el cual cuenta con la siguiente distribución:

Tabla 2 Usuarios reportados de los servicios de acueducto y alcantarillado

Zona	Acueducto	Alcantarillado
Urbano	4204	4117
Rural	561	41
Centros Poblados	311	214

Fuente: Elaboración propia

Es así como en lo concerniente con el servicio de acueducto a nivel urbano se cuenta con tres fuentes de abastecimiento el río Chitamena, un pozo profundo y el río Caja, lo cuales se encuentran interconectados con 3 tanques con una capacidad de 2400 m³ en donde se realiza el correspondiente tratamiento.

Con este sistema se ha logrado alcanzar una cobertura a nivel urbano del 99%, del 83% en los centros poblados y del 27% de la población del área rural. Para el caso del servicio de alcantarillado se reporta que para el año 2015, la cobertura alcanzo el 65% del total de la población del municipio, siendo el área urbana y los centros poblados los de mayor cobertura con el 98% y el 62% respectivamente; mientras que el área rural solo tiene una cobertura del 5% (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Según lo reportados en el diagnostico municipal la principal dificultad que se presenta para alcanzar una mayor cobertura de estos dos componentes a nivel rural es la falta de implementación de estrategias acordes al hecho de que se trata de población dispersa.

Salud: El municipio cuenta con la empresa social del estado ESE Hospital Local, que cubre el primer nivel de complejidad tales como; medicina externa, odontología, urgencias y algunos de segundo nivel como pediatría, ginecología, obstetricia y laboratorio clínico. Así

mismo, cuenta con traslado asistencial básico para pacientes que requieran atención de mayor complejidad, siendo el Hospital de Yopal el centro de referencia para la atención.

Educación: Dentro del municipio se cuenta con 9 instituciones avaladas por el ministerio de educación de las cuales 5 corresponden al ente oficial y 4 de carácter privada, que para el 2016 atendieron un total de 6.356, el 93% fueron atendidos por las instituciones oficiales mientras que el 7% en las privadas. Del total de la población estudiantil el 73% se encuentra en el ciclo de básica primaria, el 11% (700 estudiantes) en educación media y el 9% (572 estudiantes) en educación preescolar (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Actividades económicas

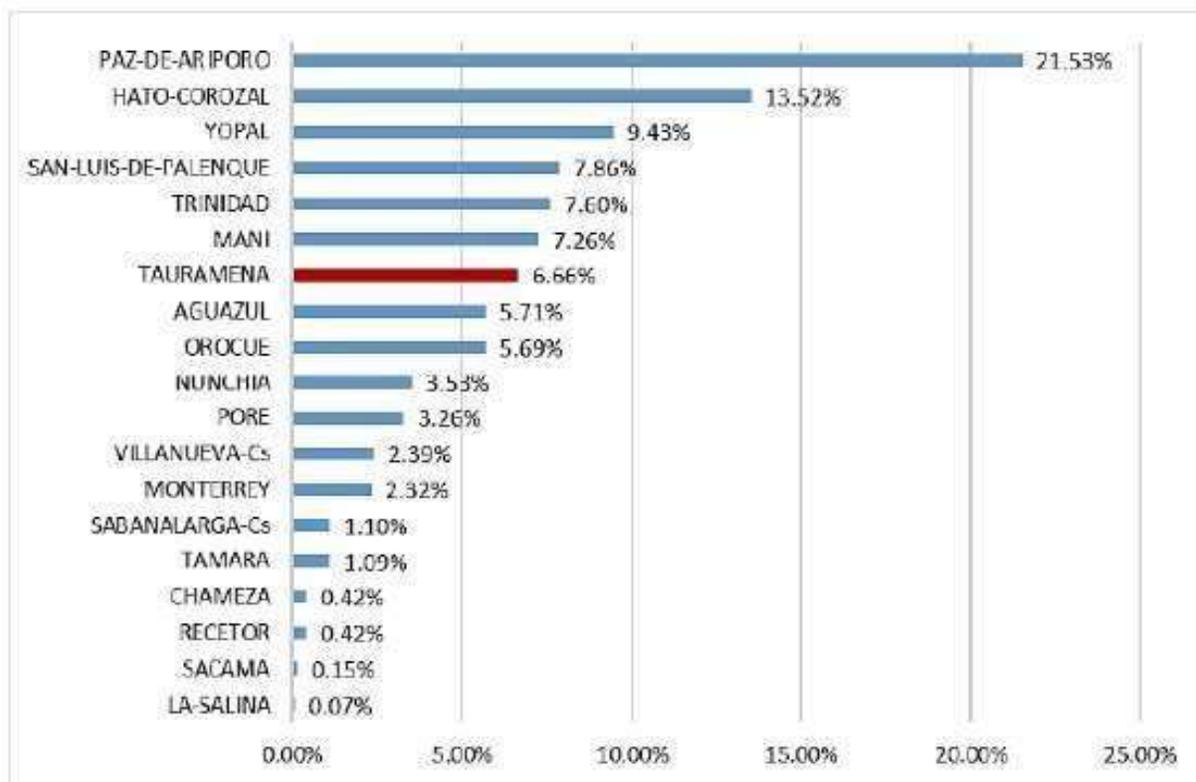
Al igual que la mayoría de los municipios del departamento de Casanare, Tauramena se caracteriza por tener una vocación petrolera y agropecuaria siendo estos sectores los de mayor aportación a los ingresos del municipio, por tal razón a continuación se describe cada una de sus características.

Componente pecuario: Este componente integra la explotación ganadera, porcina y equina, se realiza énfasis en la ganadera puesto que representa el 1,6% del producto interno bruto de país y genera alrededor de 950.000 empleos directos. Se trata de una actividad que en el departamento de Casanare constituye un área aproximada de 3.499.806 hectáreas en donde se estableció para el 2014 un hato total de 1.919.200 cabezas de ganado doble propósito (carne y leche), se trata de una actividad que abarca el 87% del área útil de producción del departamento.

Tauramena se ubica en séptimo puesto en el inventario ganadero del departamento con el 6,66% de cabezas de ganado que para el año 2016 corresponden a un total de 122.200 cabezas de ganado, en donde se encuentran razas como cebuinas (Bos Indicus), Guzarat, Gyr, nelore y el

brahmán, simental, charole, entre otros, que han sido cruzados con ganado criollo; se trata de una actividad que involucra a 1.422 productores (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Grafico No. 3 Distribución del inventario ganadero del departamento

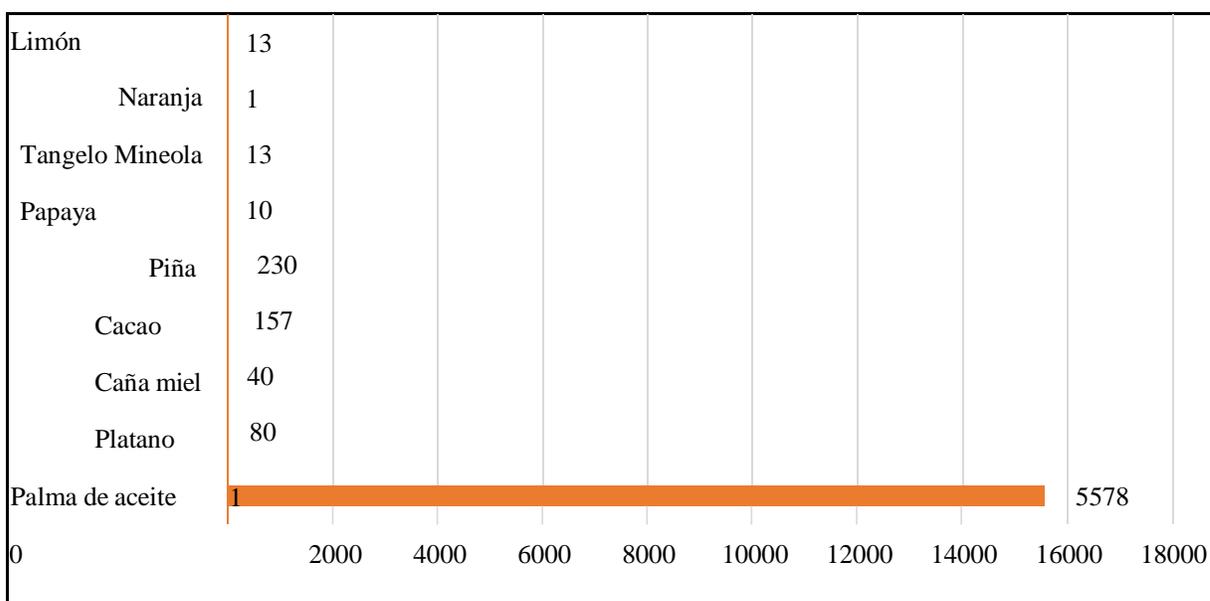


Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, (p. 344), por la (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Componente agrícola: Dentro de este componente se encuentran tres tipos de cultivos los transitorios, permanentes y anuales, los cuales dentro del municipio corresponden para el año 2014 a 14.576 hectáreas de cultivos, distribuidos de la siguiente forma; los transitorios equivalentes al 45% (6.618 has) de cultivos de arroz y plátano; los permanentes con el 54% (7.952 has) en cultivos de cítricos, papaya, piña, palma de aceite, caña y plátano; y por último los anuales con el 5% (5 has) en cultivos de yuca principalmente. (Alcaldía de Tauramena, 2016).

Para el caso de los cultivos permanentes se encuentra para el 2014 un total de 7.952 hectáreas sembradas siendo la palma de aceite la de mayor aportación con el 94% (7.489 has), esto debido en gran medida a la inversión privada para la creación de la planta de procesamiento de aceite de palma, esto ha generado un aumento en la producción de este cultivo que para el 2016 equivale a 15.578 hectáreas sembradas de palma de aceite (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).

Grafico No. 4 Área sembrada cultivos permanentes municipio de Tauramena



Fuente: Elaboración propia, datos de la (Oficina Asesora Planeación y Prospectiva, 2016).

Componente hidrocarburos: para el 2009 el departamento de Casanare se ubicaba como el segundo productor de petróleo con un promedio de 110.334 barriles/día, solo era superado por el departamento del Meta con un promedio de 201.195 barriles/día. La producción de Casanare se encuentra distribuida en 8 municipios, siendo los de mayor participación Aguazul (40,6%), Yopal (22,7%), Maní (11,7%), Tauramena (7,8%) y Orocué (7,1%); el porcentaje restante (10,2%) está integrado por los municipios de Trinidad (5%), San Luis de Palenque (3,6%) y Paz de Ariporo (Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015, 2012).

Capítulo 3. Resultados

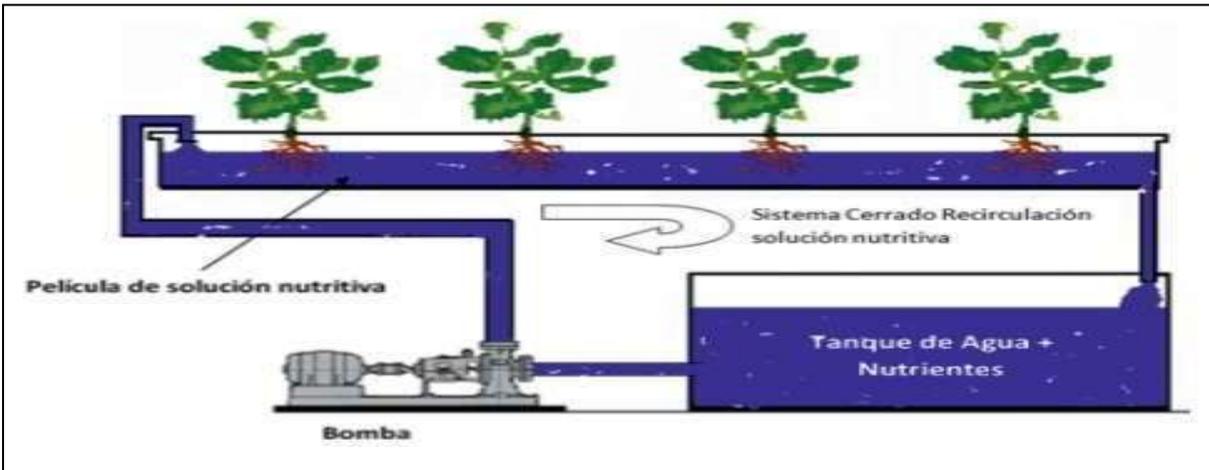
Identificar las técnicas de implementación de cultivos hidropónicos que sean asequibles a las comunidades, para determinar su importancia en el cuidado medioambiental.

Para el análisis de los resultados se identifican las técnicas de implementación de cultivos asequibles a las comunidades, determinando su importancia en el cuidado medio ambiental, en la inclusión de los sistemas que reduzcan el impacto ambiental que genera el cultivo tradicional, para dar a conocer a futuras generaciones y finalmente conocer los parámetros fisicoquímicos del agua utilizada para el riego de los cultivos hidropónicos, entre los sistemas más utilizados, se encuentran dos:

- Sistemas Cerrados. Se le llama cerrado, cuando la solución o nutriente corre por todo el cultivo, y posteriormente, se almacena para volver a utilizarlo nuevamente, pero en este caso específico, el nutriente debe estudiarse de en forma cautelosa, y debe suministrarse el agua y los nutrientes que absorba la planta. (Urrestarazu M., 2012).
- Sistemas Abiertos. Al contrario de los cerrados, en los que la solución con nutrientes es suficiente, y por ello, el agua no es reutilizable porque el residuo es mínimo. (Rosas Antonio, 2009).

Ahora bien, la Técnica de cultivo en flujo laminar, es un método que permite que las plantas reciban el flujo laminar de líquido con nutrientes diariamente, en las raíces actúan para desarrollarse y puede estar en agua o en medio líquido el cual posee los nutrientes que necesita la planta, sin necesidad de sustrato.

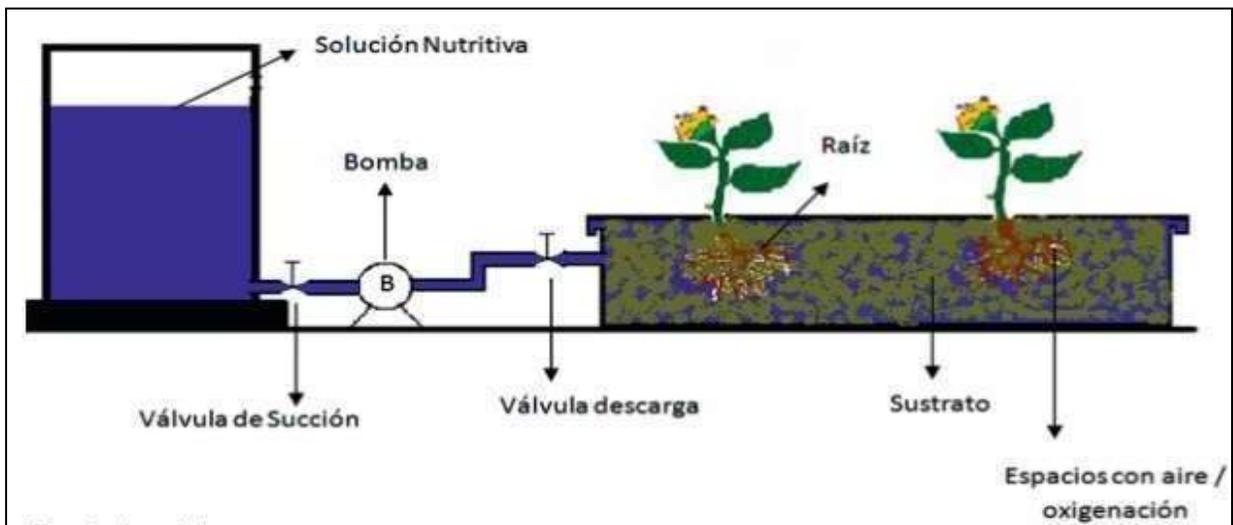
Ilustración 6 Técnica de Cultivo en Flujo Laminar (NFT).



Fuente: (Forero R. Parra G. Luna R. y Rivera E., 2011).

En la ilustración anterior, se muestra el sistema de cultivo de flujo laminar (NFT), en el que se evidencia el flujo del agua en el que la bomba con agua y nutrientes suministra a las plantas, ese líquido recircula hasta el tanque de Agua y del tanque de agua va hasta la bomba para ser distribuida nuevamente.

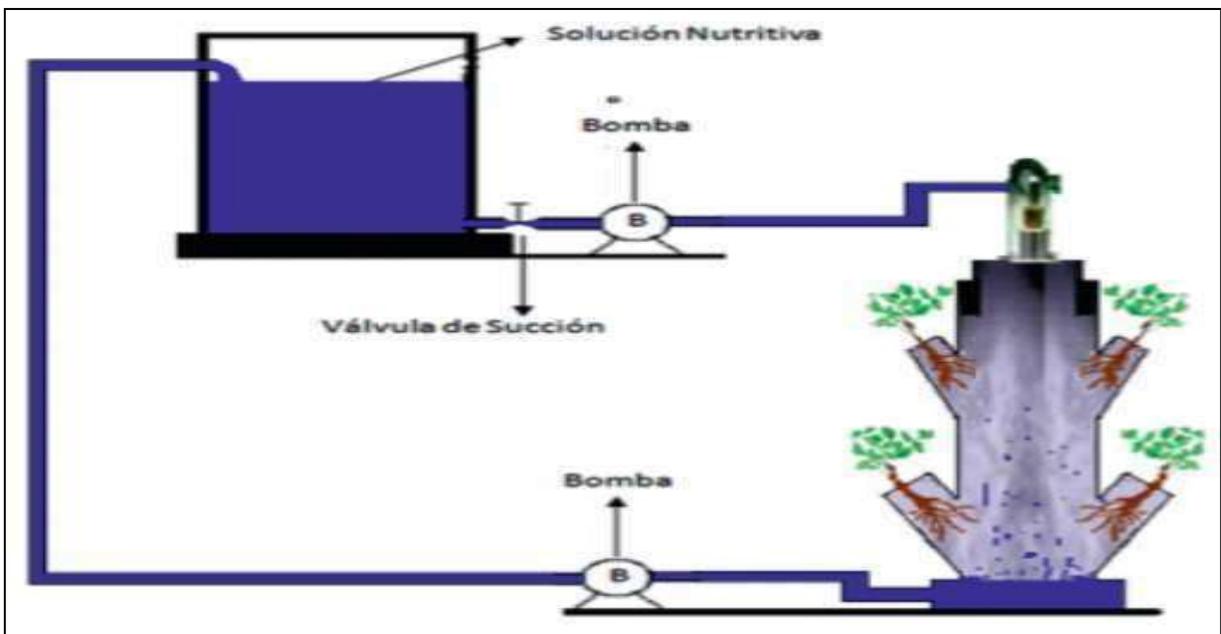
Ilustración 7 Técnica de Cultivo en Sustrato



Fuente: (Forero R. Parra G. Luna R. y Rivera E., 2011).

En el caso de que la raíz tenga sustrato, debe ubicarse esta en un medio sólido, que debe contener propiedades que retengan la humedad, ser inerte, tener drenaje y medio de aireación, y este sistema se complementa a través del riego para proveer a la planta la solución nutritiva, que contiene agua y nutrientes necesarios, de acuerdo al autor (Resh Howard, 2001). Corresponde una de las modalidades mayormente empleadas en América Latina, ver Ilustración 7.

Ilustración 8 Técnica de Cultivo por Aeroponía



Fuente: (Forero R. Parra G. Luna R. y Rivera E., 2011).

Existe un sistema hidropónico que es moderno y actualizado, se considera el cultivo por aeroponía, ver Ilustración 8, el cual fue diseñado por el doctor Franco Mazzantini en Italia, en la Universidad de Pía, en las que fueron formadas columnas de cultivo, en el cual, las raíces de las plantas están suspendidas, siendo alimentadas por medio de una solución que se encuentra en forma de neblina. (Martínez E. Durán J. y Navas L., 2000)

Este sistema de cultivo, tiene grandes ventajas, en las que es útil mencionar:

- Es factible para iniciarse a grande o pequeña dimensión
- No necesitan de una base o soporte
- Esta técnica permite una adecuada aireación de la planta, y por ello crece de forma vigorosa.
- Se utiliza menos cantidad de agua que en otros sistemas
- Menor grado de contaminación y de enfermedades.
- Entre sus desventajas, se encuentran;
- Requieren de usos de herramientas tecnológicas que permitan humedecer las raíces de las plantas y nutrientes, Como rociadores, a través de la creación de una fina niebla de solución.
- El costo de la instalación es elevado
- Pueden llegar a obstruirse si la presión no es suficiente en las boquillas de pulverización.
- Si la solución nutritiva no es aplicada adecuadamente puede afectar el proceso.
- Si no toman precauciones de Higiene, el sistema puede afectar totalmente el cultivo.

Elementos de un Cultivo Hidropónico

- Planta: Esta empieza con la semilla, siendo la materia prima con la que nace la planta, que al principio germina y produce una plántula que posee raíz, tallo e hojas, siendo posteriormente trasplantada al cultivo hidropónico, y de acuerdo al tipo de plante, requieren cantidades y situaciones específicas de agua, aire y luz. (Rosas Antonio, 2009).
- Sustratos: Se define como todo material que puede ser natural o artificial, de fuente mineral u orgánico, puro o mezclado. (Hernández Parra, 1987).

En todo sistema de cultivo, resulta indispensable tomar en cuenta cual será el elemento o factor que se empleará para sustituir el suelo, que servirá de soporte y será el medio en el que se trasladará el agua, sus nutrientes y el oxígeno, adicional a ello, corresponde el instrumento oscuro para que se desarrolle el sistema radicular, proceso que es fundamental para el crecimiento de la planta. (Resh Howard, 2001).

Es útil mencionar que actualmente existen una variedad de recursos que puede emplearse para la realización de sustancias y su disposición será acorde a la disponibilidad, el precio y las propiedades que este contiene. (Rosas Antonio, 2009).

Un sustrato hidropónico, debe reunir las siguientes características (Hernández R., 2013).

- Debe ser liviano: En este paso, el peso es fundamental observarlo, este determina la calidad del montaje, las clases de canales, los soportes que sostendrán las columnas y el costo de la infraestructura al afectar el tipo de construcción.
- Debe retener la humedad: Debe retenerse el agua de forma adecuada y homogénea, sólo así se garantizará que la planta cumpla con el desempeño metabólico, siendo determinante en función de la granulometría y de la porosidad de las partículas que forman el sustrato.
- No debe encharcarse: Lo que quiere decir, es que, durante la retención de líquido, se debe cuidar de que sea homogéneo el proceso, evitando en lo posible que no se formen charcos alrededor.
- Debe permitir una buena aireación: Es decir, que es indispensable que durante el proceso, se permita la entrada de oxígeno a través de las raíces y que estas puedan absorberlo, para ello se requiere un adecuado suministro por medio del sustrato, es

decir, que la oxigenación y el espacio adecuado para el crecimiento radicular, corresponden factores de orden prioritario para la producción.

- Debe ser inerte biológicamente: El sustrato no funciona igual al suelo, debido a que es ausente de la operación biológica y natural, y por ello, resulta muy peligroso que existan cerca del cultivo insectos o patógenos, pueden ser un explosivo, si no existe un control natural en el área.
- Debe estar disponible: Aunque resulta una regla lógica, en muchas ocasiones, no se toma en cuenta, y generalmente, el sustrato o sustancia adecuada no está en disposición, olvidándose de recursos naturales de la zona o región, que puedan suplantarlos temporalmente.
- Debe ser de bajo costo: Es indispensable, manejar un presupuesto ajustado para que sea accesible y factible de realizar, puesto que, en la mayoría de las ocasiones cuando se va a emplear un sustrato lo que mayor costo tiene es su transporte, por lo que se debe estudiar, condiciones del sitio, y el nivel de costos que se requieren para todas las clases de sustrato.
- Debe ser inerte químicamente: debido a que, dentro de los cultivos de este tipo, se deben suministrar los nutrientes en forma y cantidad adecuada, por lo que resulta indispensable vigilar la composición del mismo, sin permitir que el sustrato o sustancia afecte a otros nutrientes, y que genere problemas en el proceso de nutrición, y a consecuencia en el crecimiento de la planta.

Para realizar un excelente cultivo hidropónico, es importante tomar en cuenta, acerca de los microorganismos que contiene el agua con la que se regaran las plantas, estos aspectos pueden afectar al resultado del procedimiento, en forma positiva o negativa.

Hay varias consideraciones importantes, en caso de que el agua a utilizar es de lagos o ríos, este tipo de agua es el que más problemas causa, por tres razones:

- *Puede contener microorganismos patógenos para las plantas y/o algas, estas algas necesitan nutrientes parecidos a los de las plantas, y esto hace que crezcan demasiado, especialmente en líquido hidropónico, y si reciben luz aún más, por lo que es indispensable que el líquido no quede expuesto a la luz, esto podría hacer que se obstruyan las tuberías y que se consuman los nutrientes de las plantas.*
- *Pueden tener concentraciones de algunas sales más altas de lo normal, es importante administrar correctamente la cantidad de nutrientes que se añaden porque pueden surgir excesos.*
- *Puede tener bajas concentraciones de herbicidas, un ejemplo de ello, es que, si existe un pozo cerca del sistema de cultivo, puede ocasionar efectos negativos en el desarrollo adecuado de las plantas.*

Se sugiere es que el cultivo, sea pequeño en la que se pueda emplear el agua del grifo, para así evitar estos inconvenientes, además, se debe estudiar la composición del agua, debido a que el agua dura contiene sales de calcio y manganeso, aunque son bajos lo que ayudan a evitar que cambie constantemente el pH, por lo que se pueden emplear nutrientes que poseen alternativas bien sea para aguas blandas o duras.

Entre otra palabras, el pH corresponde a la medida de H^+ en el agua, a medida de que más haya, es más bajo el pH y más ácido, es por ello, que una solución cuanto menos pH contenga, resulta ser más básica o alcalina, o lo que resulta igual, su pH es más alto, por ejemplo el agua pura maneja un pH de 7.

Continuando con lo antes descrito, las raíces llegan a absorber algunos iones con mayor facilidad en comparación con otros, todo de acuerdo a los rangos de pH que contenga el agua, unos de forma más óptima cuando son básicos y otros cuando están más ácidos, pero las plantas prefieren generalmente un pH levemente ácido, pero estos varían de acuerdo a la clase de planta, pero en caso específico, si el agua tuviera un pH equivalente a un 7.5, la planta presenta problemas para retener fósforo, hierro o manganeso.

El rango de pH más adecuado para que la planta absorba todos los nutrientes es de 6.0 – 6.5, pero antes de medir el nivel de pH de la planta, se debe mezclar con el sustrato o solución concentrada de nutrientes, porque esto puede alterar el mismo, por lo que se recomienda para medirlo es conveniente hacer uso de una de las siguientes técnicas:

Primera opción de mayor economía son las tiras de pH, y son sencillas de emplear, solo se introducen en la solución, se extraen y se observa el color de los cuadros con los de la caja, la desventaja que tiene es que suministran un resultado aproximado, es decir, no son precisas, porque pueden marcar que están alrededor de 6, pero esto puede traducirse en 5.8 o 6.2, lo que puede alterar su manejo, además de ello, los colores podrían ser difíciles de distinguir, aun así, se usa de forma muy adecuada debido a su accesible precio.

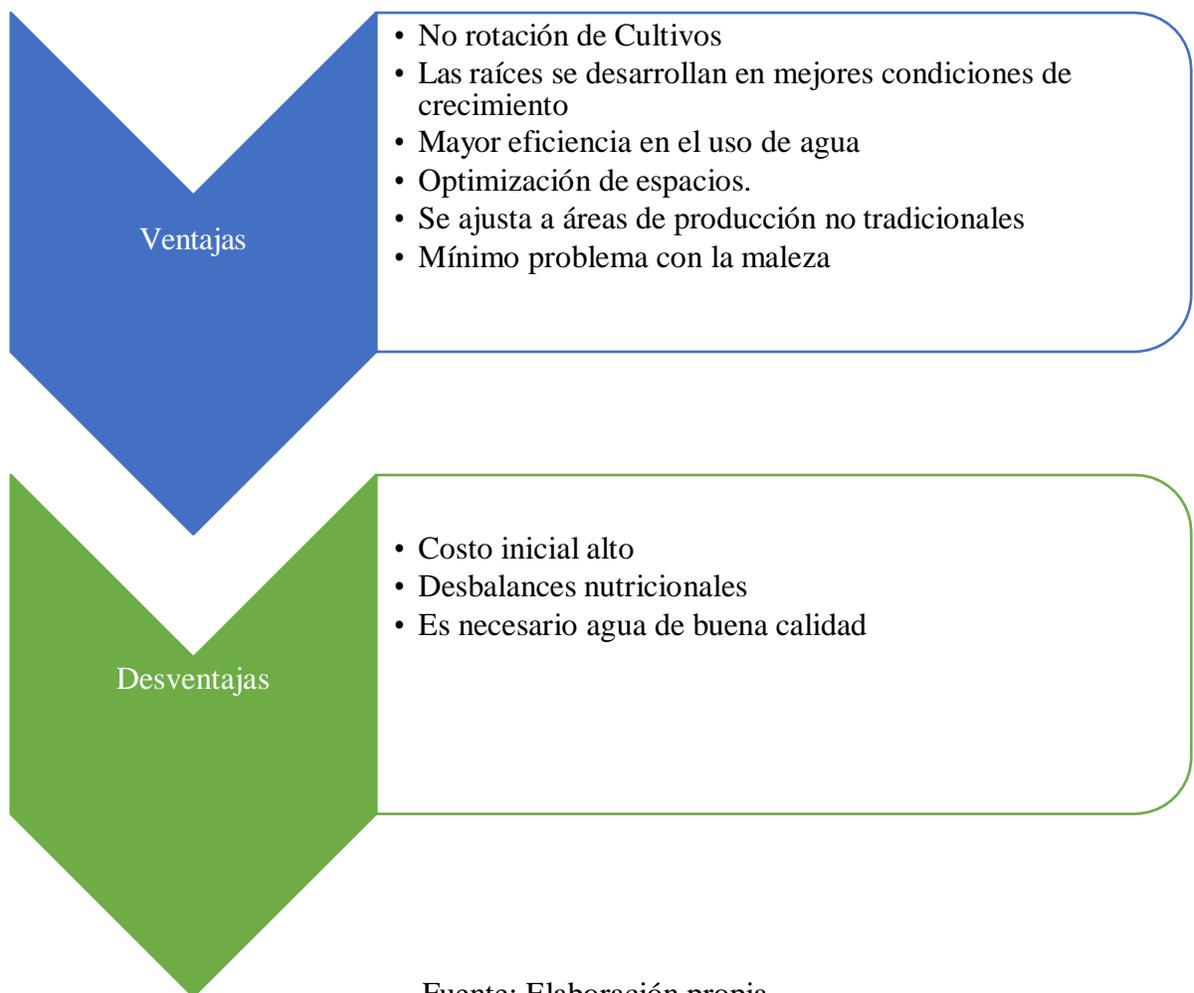
Otra opción que existe son los líquidos para medir el pH, su proceso es sencillo, solo con extraer un poco de solución de nutrientes y suministrarle unas gotas de líquido, y este cambiará de color, como un color parecido al papel, a partir de allí se obtiene el pH.

Como última opción, existe el denominado pH-metros, que corresponde a pequeños aparatos electrónicos que miden el pH, solo con sumergirlos en la solución, claro está, estos se deben calibrar y requiere de cuidados específicos, además, para cambiar el pH existen en el mercado pequeños frascos que contienen sustancias que cambian el pH, como ácido fosfórico

(para bajarlo), hidróxido de potasio (para subirlo, y estos se deben añadir gota por gota, debido a que contienen mucho poder para cambiar el pH.

Ventajas y desventajas de los Cultivos hidropónicos

Ilustración 9 Ventajas y desventajas de los Cultivos hidropónicos



Fuente: Elaboración propia.

Comparativo de cultivos tradicionales e Hidropónicos

Ilustración 10 Cultivos tradicionales e Hidropónicos



Fuente: Elaboración propia

Explicar el proceso de implementación de un cultivo hidropónico en casa, indicando el método y los materiales que se utilizan

Para comenzar un cultivo hidropónico en casa, es importante llevar a cabo tres pasos fundamentales y contar con los siguientes materiales, entre las que se encuentran; semillas, contenedores que corresponden a botellas de plástico, macetas o charolas, además de ello, sustratos como aserrín, fibra de coco o grava, o tezontle, adicional a ello, una solución nutritiva estandarizada para cualquier clase de cultivo, pero también se puede crear una solución, pero

para ello, es recomendable poseer conocimientos básicos de los micronutrientes indispensables para el tipo de cultivo.

Inicialmente, se preparan los recipientes o contenedores antes de colocarlos en el lugar que se destina para el cultivo, de acuerdo a la siguiente imagen se muestra, si es en caso de botellas, lo adecuado es realizar un corte en el centro, a manera de introducir el sustrato, como se puede observar en la figura siguiente:

Ilustración 11 Contenedores para el cultivo



Fuente: Extraído de (Promueve Hidroponia, 2014)

Seguidamente, se rellenan los envases con el sustrato, que este humedecido y realizar orificios en la superficie con el fin de colocar las semillas de cualquier tipo, este compuesto o material orgánico es el que brindará soporte a las plantas y permitirá el desarrollo en las raíces, como se observa en la figura siguiente:

Ilustración 12 Relleno de los recipientes



Fuente: Extraído de (Promueve Hidroponía, 2014).

Finalmente, se colocan las distintas semillas en los orificios previamente realizados, cubriendo con el sustrato con cuidado, y sin presión, para facilitar el crecimiento de la semilla, se debe tener el sustrato humedecido con agua hasta el momento que las semillas germinen, una vez, realizado el procedimiento, se deben realizar riegos cada tres o cuatro días con la solución nutritiva previamente diluida en agua, como se observa a continuación en la figura siguiente:

Ilustración 13 Colocado de semillas



Fuente: Extraído de (Promueve Hidroponia, 2014).

El proceso de cultivo en casa es sumamente sencillo, no requiere de expertos en cultivos, solo se deben seguir los pasos explicados en este párrafo y seguir las recomendaciones de higiene para que se pueda obtener un excelente producto, primero se hace un agujero en la base del recipiente a utilizar, tomando en cuenta la profundidad o tamaño del agujero, y se debe colocar una tapa de goma o de plástico, a fin de poderse hacer el cambio de agua cuando se requiera.

Luego, con la ayuda de un taladro, se hacen orificios en la tabla de madera, dejando espacios similares entre los orificios, se deben hacer los orificios en proporción al tamaño de la tabla.

A través de los orificios, introduce las raíces de las plantas, con mucho cuidado para no dañar o lastimar las raíces y colocarlas de manera de que queden sumergidas completamente en el agua. Protege a la planta con el sustrato, el cual es un medio sólido que asegura y soporta a la planta para que se desarrolle la raíz, permitiendo que la solución nutritiva quede accesible para su desarrollo.

Es recomendable, que el cultivo se realice en un lugar que reciba luz solar, y que tenga espacio libre, como por ejemplo el patio, la terraza o balcón, o alguna pared si el cultivo es vertical, esto es a fin de que las plantas reciban la luz solar.

Posteriormente, se dispone de una bomba aireadora para darle oxígeno al agua, diariamente por cada 3 horas, revisándose y observándose constantemente la solución hidropónica, y en cualquier momento, se añade, si se requiere, nutriente, para que la planta mantenga la adecuada cantidad y estabilidad de nutrientes.

El sistema hidropónico, permite el cultivo de diversas especies, pero las más sencillas que se pueden cultivar en casa son la lechuga, el cilantro, el perejil, el chile, el rábano y el tomate, que son hortalizas constantemente utilizadas en la elaboración de alimentos de las personas.

Para poder desarrollar el cultivo hidropónico casero, se deben tener a la mano, los siguientes materiales:

- *Un recipiente*, que constituye un envase o un balde que mida de 20 a 30 cm, que sea de color oscuro con el fin de que no entre luz en las raíces. que tenga.
- *Una bomba aireadora como las que se usan en las peceras*, el cual se emplea con el fin de que el agua no se ensucie y que reciba un óptimo nivel de oxígeno.
- *Una solución nutritiva*, que se puede adquirir en el mercado o se puede elaborar en casa, la ventaja de comprarlos es que sus nutrientes están balanceados.
- *Sustrato*, es una sustancia que absorbe los nutrientes que el cultivo requiere, además funciona como base para las plantas y es sumamente económico, lo que se asimila al abono orgánico de la agricultura tradicional.
- *Semillas o plantas que se deseen para el cultivo*, además una tabla en madera, también de plástico o goma, el cual, debe poseer el mismo tamaño del envase a emplear.

Recomendaciones para que tu cultivo hidropónico esté sano

Es recomendable que en un periodo de quince (15) días se sustituya el agua del envase, que debe ser reutilizado regando otras plantas, se requiere estar inspeccionando el crecimiento o evolución de las plantas con el fin de detectar alguna irregularidad o falla en la implementación del cultivo.

Resulta indispensable que la planta reciba luz solar para su crecimiento, sin embargo, en algunas clases de plantas no es indispensable, destacando que el uso constante de cultivos hidropónicos renueva la agricultura, es esencial debido a que incrementa su acceso a todas las personas, incluso, no necesitan ser

expertos en el área de cultivos o precisamente estar las zonas adaptados para esta actividad, es decir, se puede llevar a cabo desde casa o desde la ciudad. (Zuluaga Natalia, 2019).

Conocer los parámetros fisicoquímicos del agua utilizada para el riego de los cultivos hidropónicos y tratamiento a una vivienda urbana como resguardo de la seguridad alimentaria

Resulta necesario explicar que dependiendo de la calidad del agua de riego se puede determinar si está condicionada para iniciar un cultivo hidropónico, en cuanto al sistema de riego más extendido constituye al riego por goteo, el cual, permite el empleo de agua de mala calidad que en otros casos serían inutilizables en sistemas de riego como el de inundación, ahora bien, la presencia constante de factores tóxicos para las plantas como por ejemplo el sodio, o los cloruros o el boro, en altas concentraciones orientan a la clase de cultivo y a su manejo, en relación al grado de nutrientes, al riego y a la cantidad de drenaje.

En relación a lo anterior, cada cultivo posee una tolerancia concreta a ciertos elementos tóxicos antes mencionados, y su disposición total de sales, es recomendable que estas concentraciones no pueden sobrepasarse, pero esto se obtiene a través de la adecuada observancia de la cantidad drenada, aunque, con agua de excelente calidad la cantidad de drenaje será menor, el cual resulta en mejor aprovechamiento de los recursos hídricos, a diferencia de ella, las aguas salinas solo permiten cultivar especies tolerantes a la salinidad como es el caso del tomate y el melón, y no a especies sensibles como la fresa, además hay que dejar gran cantidad de drenaje en el sustrato y acumulaciones de factores fitotóxicos.

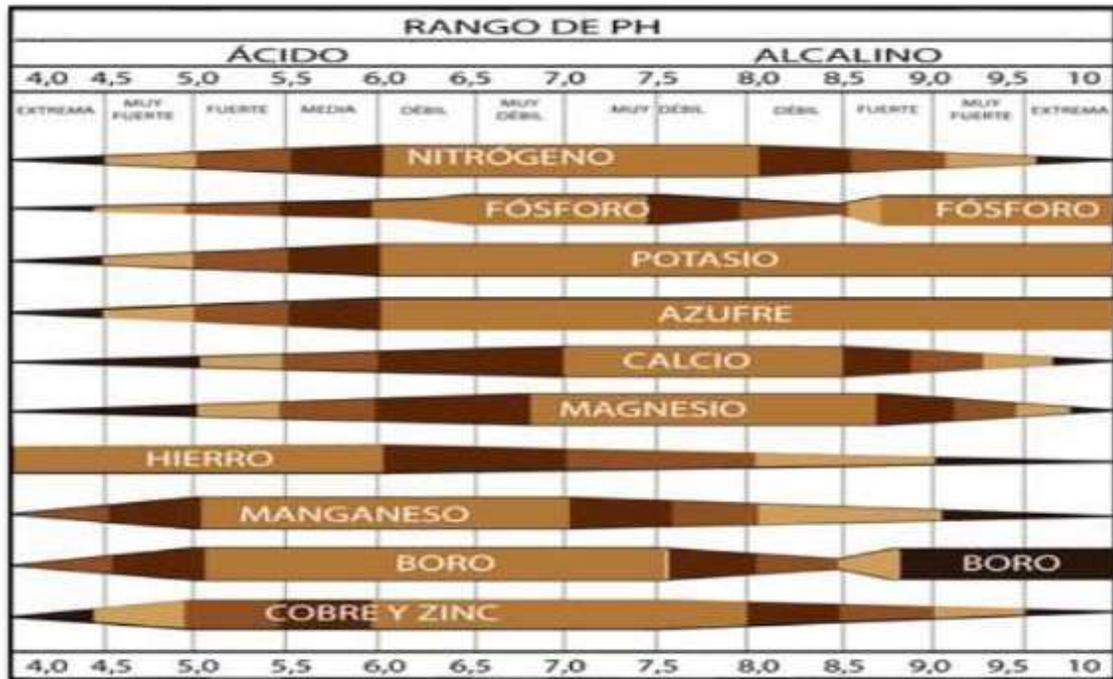
De acuerdo a ello, resulta ser uno de los motivos por las que no se emplean periódicamente los sistemas cerrados, debido a que la mala calidad de las aguas, permitirían que se acumularan constantemente sustancias no deseadas, en el sustrato o sustancia que recircula en el sistema y

por ello se tendría que desechar, entonces, para esta clase de sistema es fundamental una alta calidad en el agua, que tenga nivel de sodio y cloruros, de forma que el cultivo los asimile sin tener síntomas de toxicidad.

Calidad del Agua en el cultivo hidropónico

Para medir la calidad del agua, en el cultivo hidropónico, es necesario conocer determinantes factores que influyen en las funciones de este líquido vital, bien sea en forma positiva o negativa, pero que determinan la salubridad del proceso de cultivo, principalmente, las características físicas se ven afectadas cuando el agua es turbia, que se traduce en que sus compuestos están acumulándose, y esto tapa los sistemas de riego, lo que no permite que fluyan los nutrientes, por lo que para esta técnica de raíz flotante se ve perjudicada, debido a la acumulación y la combinación con la solución nutriente que desencadena un aumento de elementos o sustancias químicas (salinidad y/o pH), que desestabiliza los cultivos y en casos extremas las plantas están en riesgo de morir.

Ilustración 14. Rango PH.



Fuente: Elaboración propia.

Es por ello, que es recomendable, que se instale un sistema de filtración, que haga el efecto de eliminar el exceso de estos residuos, pero, en cuanto a las características químicas, estas deben ser también tratadas y observadas desde el inicio del sistema, porque pueden modificar los niveles de pH, como lo son: la conductividad eléctrica, la dureza, el oxígeno disuelto, que a largo plazo podrían llegar a perjudicar los cultivos, en las siguientes líneas, se describirá lo que ocurre cuando no se controla alguno de los parámetros mencionados anteriormente.

Es de suma importancia, el control del pH, este debe encontrarse en el rango establecido, porque de esa manera permitirá que las plantas reciban y dispongan de los nutrientes, de no ser así, pasaría que se acumularían en el sustrato o base, en forma de sales insolubles y las plantas no aprovecharían

los nutrientes, pudiendo llegar a infectarse o intoxicarse, por lo que se produciría una planta enferma o muerte.

El rango de los valores de pH para que la asimilación de los nutrientes de la mayoría de las plantas es de 5.5 a 7.5 con un óptimo de 6.5

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Luego de realizar la monografía de la identificación de las diferentes técnicas que determinan la calidad del agua para cultivos hidropónicos, es importante mencionar que este proceso de cultivo posee muchas ventajas, estos sistemas son modernos, buscan responder muchas problemáticas en el medioambiente, además de ello garantizar la seguridad alimentaria en el lugar donde sea implementado, que las personas puedan contar con cultivos desde su casa para el consumo, y para ello debe utilizar el agua adecuada, libre de agentes contaminantes, las personas que usen este tipo de cultivo deben mirar que el agua esté libre de sales o alcalinidad, con un nivel de pH de 6.5 a 7, para que asimilen todos los nutrientes necesarios.

Los sistemas hidropónicos, están siendo viables para las islas que no cuentan con cultivo natural como es el caso de Aruba, Bonaire, Republica dominicana, para que estos habitantes se doten de plantas naturales y que sean de fácil acceso en su manejo, estos también aportan a la ciencia a través de los conocimientos en el área de biológica, ecología, para que los estudiantes conozcan los diferentes procedimientos de cultivos.

Entre los sistemas de cultivo de hidroponía, el sistema aeropónico, representa muchas ventajas, en las cuales se adaptan al espacio para las que serán empleadas, crece de forma vigorosa la planta, requiere menor consumo de agua en comparación con otros sistemas, es menos susceptible a enfermedades, es tener un vegetal a la mano, lleno de nutrientes y más saludable.

Recomendaciones

Entre las Recomendaciones, se pueden destacar las siguientes:

- Realizar estrategias de divulgación y concientización a través de las Redes Sociales acerca de la importancia de adoptar los métodos de cultivo hidropónicos en las zonas urbanas.
- Implementar prácticas en los colegios y universidades a través de las cátedras de ciencias para que los alumnos conozcan la forma de manejarlo.
- Es de gran utilidad, impartir a las comunidades que, con el uso del cultivo hidropónico, se busca disminuir los gastos en la compra de verduras y hortalizas incluidas en la canasta familiar, y, por otra parte, impulsar la generación de ingresos a través de la venta de estos productos. De esta manera, el cabeza de hogar contribuye a la disponibilidad y acceso de productos agrícolas con altos niveles de inocuidad y calidad que son consumidos por los miembros de su familia, y la comunidad a quien se le comercialice.

Referencias Bibliográficas

- Albornoz F. Torres A. Tapia M y Acevedo E. (2017). Cultivo de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Hidropónico con agua desalinizada y descodificada en el valle de Lluta. Idesia (Arica), <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000200010>.
- Alcaldía de Tauramena. (2016). Localización de Tauramena. *Alcaldia de Tauramena*, <http://www.tauramena-casanare.gov.co/Paginas/default.aspx>.
- Alcántara S. (1999). Restauración de jardines históricos en México: los jardines. *Alinea Editrice.*, 6-11.
- Banco Mundial. (2016). Prevalencia de desnutrición (% de la población). *Banco Mundial*, <https://datos.bancomundial.org/indicador/SN.ITK.DEFC.ZS?view=chart>.
- Beltrano y Gimenez. (2015). Cultivo en hidroponía. *Universidad Nacional de la Plata*, http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1.
- Castellón J. Bernal R. y Hernández M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala . *Universidad Autónoma de Yucatan Mérida, México*, 39-50.
- D. I. Jarvis C. Padochh y H. D. Cooper. (2017). Manejo de la Biodiversidad en los Ecosistemas Agrícolas. *Bioversity International* , http://www.fao.org/tempref/AG/Reserved/DAD-Net/Biodiversidad_S.pdf.
- Fajardo, D. (2014). Colombia: agricultura y capitalismo. Capitalismo: tierra y poder en América Latina. *Buenos Aires: Ediciones Continente*, 65-113.
- FAO. (2009). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. *SOFI 2009.Roma*.
- FAO(b). (2016). Methods for estimating comparable prevalence rates of food insecurity experienced by adults throughout the world. <http://www.fao.org/3/a-i4830e.pdf>.

- Forero R. Parra G. Luna R. y Rivera E. (2011). Agricultura Urbana: Sistemas de Implementación de Cultivos Hidropónicos. *Universidad de América*.
- Gamboa J. (2010). Guía para el cultivo de mango. *INTA*,
<http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/01/00471-mango.pdf>.
- Gilsanz J. (2007). HIDROPONIA. *INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA*, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA.
- GroHo. (2018). Seguridad Alimentaria Hidropónica. *GroHo*,
<https://www.groho.es/post/seguridad-alimentaria-hidroponica>.
- Guillaumet S. (2012). Cultivo hidropónico: la empresa más grande del país está en Córdoba. *infonegocios*, <https://infonegocios.info/eco-negocios/cultivo-hidroponico-la-empresa-mas-grande-del-pais-esta-en-cordoba>.
- Hernández Parra, J. (1987). Cultivos hidropónicos. . *Editorial Universidad Agraria Uniagraria*.
- Hernández R. (2013). "MANUAL DE INÓCUIDAD, MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA UN INVERNADERO DE TOMATE HIDROPÓNICO.". *UNIVERSIDAD VERACRUZANA*,
<https://www.uv.mx/pozarica/egia/files/2012/10/ROSALBA-HERNANDEZ-MARTINEZ.pdf>.
- Jaramillo A. (1992). La apertura económica en Colombia. . *Revista Universidad EAFIT*,
<https://goo.gl/bqybsL>.
- López et al. (2016). Caracterización fisicoquímica del agua residual urbano-industrial y su importancia en la agricultura. *Tecnología y ciencias del agua. Scielo*,

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000600139&lng=es&tlng=es.

Martínez E. Durán J. y Navas L. (2000). Los cultivos sin suelo: De la hidroponía a la aeroponía (I). . *Vida Rural*, 40-43. .

Mejía M. (2016). La seguridad alimentaria en Colombia, cambios y vulnerabilidades. *Editorial Hector Sanabria Rivera*, Bogotá: Ediciones Universidad Central.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Indicadores de Gestión. *Informe de Gestion 2016*, [https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/PLANEACION/Informe_de_Gesti%C3%B3n_\(Metas_Objetivos_Indicadores_Gestion\)/INFORME_GESTION_2016.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/PLANEACION/Informe_de_Gesti%C3%B3n_(Metas_Objetivos_Indicadores_Gestion)/INFORME_GESTION_2016.pdf).

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia. (2014). Glosario de Términos. *minvivienda*, <http://www.minvivienda.gov.co/atencion-al-ciudadano/glosario>.

Oficina Asesora Planeación y Prospectiva. (2016). Oficina Asesora Planeación y Prospectiva. *Minagricultura*, <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Paginas/Oficina-Asesora-planeacion-y-Prospectiva.aspx>.

Optimus Garden. (2019). Qué es la hidroponía. *Optimus Garden*, <https://optimusgarden.com/que-es-la-hidroponia/>.

Promueve Hidroponia. (2014). ¿Cómo hacer un cultivo hidróponico? *Hidropinia.mx*, <http://hidroponia.mx/como-hacer-un-cultivo-hidroponico/>.

Redagricola Chile. (2017). El tomate sobre sustrato ‘nos cambió la vida’. *Redagricola Chile*, <https://www.redagricola.com/cl/cultivo-hidroponico-agro-top-quillota-tomate-sustrato-nos-cambio-la-vida/>.

- Resh Howard. (2001). Cultivos hidropónicos. . *España: Multi-prensa libros*.
- Rosas Antonio. (2009). Hidopronia Industrial. *Cultivos Hidroponicos*,
<https://hidroponiaindustrial.com/>.
- Salazar G. (2001). HISTORIA DE LA HIDROPONIA Y DE LA NUTRICION VEGETAL.
drcalderonlabs,
http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Historia_de_la_Hidroponia/Historia_de_la_Hidroponia.htm.
- Salazar G. (2001). Historia de la hidroponía y de la nutrición vegetal. goo.gl/n6JX1Q.
- Trueba I. y otros. (2006). Seguridad Alimentaria y Políticas de Lucha contra el hambre. *Ofi cina de Cooperación Internacional de Desarrollo*, <http://www.oda-alc.org/documentos/1349637802.pdf>.
- Urrestarazu M. (2012). Nuevas tendencias de los cultivos sin suelo y su estado en los países emergentes. *HORTICULTURA*,
<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/59959-Nuevas-tendencias-de-los-cultivos-sin-suelo-y-su-estado-en-los-paises-emergentes.html>.
- Velázquez U. (2015). Manual de prácticas de calidad del agua. *Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*, Centros de Investigaciones Costeras. Tonalás. Chiapas.
- Zuluaga Natalia. (2019). 6 Pasos sencillos para iniciar tu propio cultivo hidropónico. La ecología de forma sencilla. *Ecosiglos*, <https://ecosiglos.com/pasos-sencillos-para-iniciar-tu-propio-cultivo-hidropónico/>.