



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración

**EVALUACIÓN DEL USO DE TECNOLOGÍA DE HIDROPONÍA Y HUERTO URBANO
PARA AGRICULTURA ECOLÓGICA EN HOGARES DE SANTIAGO DE
QUERÉTARO**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Gestión de la Tecnología

Presenta

Miriam Martínez González

Dirigida por:

Dra. Graciela Lara Gómez

Santiago de Querétaro, Qro., a 01 de Octubre de 2021



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración
Maestría en Gestión de la Tecnología

Evaluación del uso de tecnología de hidroponía y huerto urbano para agricultura ecológica en hogares de Santiago de Querétaro.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

Maestro en Gestión de la Tecnología

Presenta:

Miriam Martínez González

Dirigido por:

Dra. Graciela Lara Gómez

Dra. Graciela Lara Gómez
Presidente

Dr. Rodrigo Valencia Pérez
Secretario

Dr. Jesús Hurtado Maldonado
Vocal

M. en I. Héctor Fernando Valencia Pérez
Suplente

Dr. Arturo Castañeda Olalde
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (Agosto 2021)

México

RESUMEN

La constante migración de la población del campo hacia las ciudades, así como la degradación de la tierra, ha generado daños irreversibles en el medio ambiente. La búsqueda de tecnología sustentable que genere alimentos inocuos para la sociedad, ha impulsado el desarrollo de técnicas de cultivo con un alta productividad, eficientando el consumo de agua y el espacio de cultivo, como lo es la hidroponía y los huertos urbanos. Por esta razón, considerando que la ciudad de Santiago de Querétaro tiene un alto índice de inmigración y que su clima es seco se formuló el objetivo general de esta investigación: Evaluar la factibilidad del uso de dos modelos tecnológicos (Hidroponía y Huertos Urbanos) aplicados a la agricultura ecológica en hogares de la ciudad de Santiago de Querétaro para el cultivo de hortalizas que favorezcan la seguridad alimentaria. Para el desarrollo de la técnica fue seleccionado el método mixto, aplicando técnicas cualitativas como observación directa, análisis documental a través de fotografías y el método cuantitativo a través de la medición del peso de las lechugas obtenidas en ambas técnicas. Con los datos recolectados y la comparación de los costos con proveedores disponibles, se procedió a realizar el análisis, estableciendo ventajas y desventajas de la implementación de ambas técnicas en hogares.

(Palabras clave: Hidroponía, huerto urbano, tecnología, agricultura ecológica, autoconsumo)

SUMMARY

The ongoing transition of the global population lifestyle (e.g. migration from the countryside into the cities), as well as the degradation of the land, have generated irreversible damage to the environment. The search for sustainable technology that generates harmlessness for society has promoted the development of new cultivation techniques. These attempts for improvement aim for higher productivity and an efficient water consumption and cultivation space. Examples of these strategies include hydroponic and urban gardens. For this reason, considering that the city of Santiago of Querétaro has a high rate of immigration and that its climate is dry, the main objective of this research was to evaluate the feasibility of using two technological models (Hydroponics and Urban Gardens) applied to ecological agriculture in homes in the city of Santiago de Querétaro for the cultivation of vegetables that favor food security (I.e. lettuce). The analysis follows a mixed method approach applying qualitative techniques such as direct observation, documentary analysis through photographs and a quantitative method through the measurement of the weight of the lettuces cultivated by either method. With the data collected in field, and the comparison of costs as provided by the suppliers, the analysis was carried out establishing advantages and disadvantages of implementing these two techniques in homes of a city such as Santiago de Querétaro.

(Key words: Hydroponics, urban garden, technology, organic farming, self-consumption)

DEDICATORIAS

Gracias Dios por ser siempre mi fortaleza y acompañarme en cada paso.

Con todo mi cariño y admiración:

A mis padres por darme todo sin esperar nada a cambio.

A ti mi guapo por creer en mí, ser mi fortaleza y apoyo para poder seguir adelante con mis estudios y motivarme a nunca darme por vencida, por ser mi ejemplo de tenacidad y disciplina:

Te amo.

Rosy, Regina, Malú, Gerardo y Ceci por todo su cariño y apoyo para concluir este trabajo.

A quienes ya no están físicamente, pero que sé que siempre me acompañan y celebran conmigo cada logro de mi vida: abuelita Lucía, Jorge y Gerardo.

Mis amigos de la Maestría que compartimos momentos de estrés y diversión en esta aventura.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme a través de una beca la posibilidad de continuar los estudios de posgrado.

Quiero agradecer a mis profesores de la Universidad Autónoma de Querétaro de la Facultad de Contaduría y Administración por compartir conmigo un poco de sus conocimientos, su tiempo y pasión por la gestión de la tecnología.

Infinitas gracias a mis sinodales por su orientación y apoyo, especialmente a mi Directora de tesis, Doctora Graciela Lara Gómez por su confianza, paciencia, acompañamiento y dedicación, por compartir conmigo su experiencia y conocimiento durante mi maestría y dirección de esta tesis.

A Vanessa Rodríguez, por estar siempre dispuesta a ayudarme en el proceso de la Maestría y tener siempre la mejor actitud de servicio.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
1 Introducción	1
1.1 Justificación	1
1.2 Pertinencia	2
1.3 Relevancia	3
1.4 Factibilidad	3
1.5 Contenido	5
2 Marco teórico	7
2.1 Los prosumidores	10
2.2 Hidroponía	12
2.2.1 Tipos de sustratos	17
2.2.2 Soluciones nutritivas	17

2.3 Huertos urbanos	18
2.4 La eco-innovación	20
3 Estado del Arte	22
4 Marco Metodológico	27
4.1 Objetivo general	27
4.2 Objetivos específicos	28
4.3 Proposición	28
4.4 Pregunta de investigación	28
4.4.1 Dimensiones, pregunta central y preguntas de investigación	29
4.4.2 Técnicas de investigación	30
5 Resultados	32
5.1 Fase 1	33
5.1.1 Entorno institucional	33
5.1.2 Identificación de características de los sistemas de cultivo	34
<i>Hidroponía</i>	34
5.2 Fase 2	40
5.3 Fase 3	47
5.3.1 Operacionalización de variables cuantitativas	47
5.3.2 Operacionalización de variables cualitativas	61
Conclusiones	68
Referencias	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Clasificación de hidroponía según técnica empleada	15
2	Ventajas y desventajas del uso de Hidroponía en los hogares	35
3	Caracterización de las técnicas de cultivo Hidroponía y Huerto urbano	37
4	Operacionalización de variables cuantitativas	47
5	Contraste de peso de lechugas cultivadas en diferentes técnicas de cultivo vs lechuga comercial.	58
6	Análisis de varianza para evaluar pesos en diferentes tratamientos ($p < 0.05$)	59
7	Operacionalización de variables cualitativas	60
8	Comparación de modelos tecnológicos para el cultivo urbano.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Dimensiones de análisis y preguntas de investigación	29
2	Proposición, variables e indicadores por pregunta de investigación.	30
3	Productos que ofrece proveedor Hydro-enviroment	41
4	Productos que ofrece proveedor Huertos Urbanos de Querétaro	43
5	Productos que ofrece proveedor Amazon	44
6	Evaluación de costo unitario de plantas en sistema de hidroponía	46
7	Evaluación de costo unitario de plantas en sistema de huerto urbano	47
8	Documentación de siembra de lechuga en huerto urbano	48
9	Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT	54
10	Documentación de siembra de lechuga en Raíz Flotante	57

11	Evaluación de variable cuantitativa (peso obtenido en gramos)	60
----	---	----

Dirección General de Bibliotecas UAQ

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Desde el origen de la humanidad, el conocimiento y estudio del entorno natural ha sido primordial para el desarrollo de los seres humanos como única fuente de producción de alimentos, es así que en conjunto a la evolución del hombre, ha avanzado la tecnología, la cual ha sido adoptada en la agricultura para la explotación de las tierras y optimizar así los cultivos.

Hoy en día son contadas las actividades productivas que no contaminan o degradan el medio ambiente, por esta razón es necesario buscar alternativas que generen alimentos y no dañen el ecosistema. La agricultura ecológica es una opción viable a esta problemática, debido a que utiliza prácticas de conservación y mejoramiento de los suelos, protegiendo de esta manera los recursos naturales, siendo entonces una solución sustentable para el desarrollo de nuestro país.

En el campo, la erosión y la deforestación afectan la economía de los campesinos, daño que también perjudica al planeta y el ecosistema, reduciendo así la biodiversidad. México posee una superficie de dos millones de kilómetros cuadrados y una población de poco más de 100 millones de habitantes (Azqueta et al., 2007) y aunque cuenta con abundantes recursos naturales y diversidad biológica, que lo posiciona entre los países con mayor biodiversidad y riqueza ecológica a nivel mundial, sufre severos problemas ambientales, tales como la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, extinción de especies y pérdida de biodiversidad, contaminación, degradación de suelos, polución y, como el de mayor relevancia: la deforestación. Estos problemas aunque están ligados en gran parte al crecimiento poblacional, se deben según Céspedes- Flores y Moreno-Sánchez (2010) a la mala gestión de los recursos naturales.

Calderón J. P. (2004) afirma que es urgente que el desarrollo económico de los países sea sustentable ahora y en el futuro. Dos de los activos fundamentales de esa sustentabilidad son los recursos naturales y el ambiente. No se puede crecer si es a costa de ellos y, para ello, uno de los elementos más importantes es la necesidad de hacer compatibles nuestras políticas económicas, agrícolas y ambientales, para poder preservar el medio ambiente y los recursos naturales.

La Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, en su estudio realizado en 2008, afirma que la degradación del suelo y la consecuente reducción en la capacidad para proveer alimento para una población creciente, es un tema crítico cuando se considera la seguridad alimentaria del país. Especialmente si se toma en cuenta que solamente el 19% del territorio nacional es apto para la agricultura y menos del 24% de esa superficie tiene posibilidades de irrigación (Secretaría de Medio Ambiente, 2008). Estas estadísticas representan para la agricultura ecológica una gran oportunidad para su explotación en las ciudades, ya que proveen a los productores-consumidores “*prosumidores*” una alternativa para cosechar sus propias hortalizas.

En este contexto, es recomendable que en nuestro país exista una conciencia agrícola que influya de manera positiva y propositiva en los ciudadanos para que los procesos de cultivo sean más compatibles con el medio ambiente, que contaminen menos y garanticen la seguridad alimentaria. El presente trabajo pretende ofrecer a los consumidores una evaluación de dos modelos de usos de la tecnología para el cultivo de hortalizas: hidroponía y huertos urbanos, las cuales representan una alternativa viable para utilizarse en los hogares.

1.2 Pertinencia

Se está viviendo una etapa de transformación para la humanidad, donde el uso de la tecnología se ha tornado indispensable para la evolución y adaptación de las naciones. Ante la crisis de salud que estamos enfrentando, se ha dado un salto abismal en la evolución tecnológica, la adopción de la tecnología disponible, creación de nuevos hábitos de consumo y la gestión de los recursos naturales.

La gestión tecnológica se define como “*un conjunto sistemático de procesos orientados a la planificación, organización y ejecución de actividades relacionadas con la evaluación, adquisición y puesta en marcha de tecnologías claves; con el objetivo de generar productos y/o servicios competitivos a partir del aprovechamiento de su capacidad tecnológica utilizada para añadir y generar valor*” (Baena, E., Botero, C. A., & Suárez, O. M., 2003, p.3)

Basado en la definición de gestión tecnológica y considerando que la implementación de tecnologías es un área de estudio, se puede inferir que la evaluación del uso de tecnología de hidroponía y huertos urbanos, principal tema y estudio de este trabajo, pertenece a esta línea de investigación, esto es debido a que en este trabajo comparativo se puede analizar la gestión de infraestructura, gestión de oportunidad de negocio y gestión de los recursos.

1.3 Relevancia

En 2008, por primera vez en la historia, se registró que la población urbana a nivel mundial superó a la rural. Se espera que en 2030 cerca del 60% de la población mundial viva en las ciudades (FAO, 2020) este proceso de urbanización está ligado con la pobreza urbana y a su vez, está íntimamente vinculado con el aumento de la población y la inseguridad alimentaria de las ciudades.

El aprovisionamiento de los alimentos en las ciudades tiene una dependencia directa en el sistema de suministro de alimentos; sin embargo nos estamos enfrentando a una crisis económica, una presión ambiental y una crisis de salud que demanda cambios en los sistemas como hasta ahora se conoce. Los efectos del cambio climático representan un riesgo para la estabilidad de la cadena alimentaria. Según Caporal Guarneros (2017) La agricultura urbana aumenta la autosuficiencia y la resistencia de las ciudades y es capaz de brindar beneficios ambientales y sociales positivos que podrían garantizar la seguridad alimentaria.

Por lo antes expuesto, es necesario que se considere un modelo tecnológico que brinde una alternativa de autoconsumo para las familias, apoyando de esta manera su economía, pudiendo ofrecer un modelo de negocio que a su vez garantice la seguridad alimentaria y favorezca al medio ambiente.

1.4 Factibilidad

Se pretende que esta investigación sirva de apoyo para la toma de decisiones apoyándose en los ejes económico, tecnológico, social y ambiental, para la implementación de un modelo tecnológico (hidroponía y huerto urbano) para favorecer la agricultura ecológica o agricultura urbana. Estará enfocada en hacer una evaluación de ser prosumidores de hortalizas en la Ciudad de Santiago de Querétaro.

Algunos factores por los que se considera que la ciudad de Querétaro es viable para la implementación de estos modelos tecnológicos son las siguientes:

- La población urbana en la ciudad de Querétaro ha estado creciendo de manera exponencial, reporta una migración diaria de 35 personas, la población se ha invertido de un 35.6% que existía en zonas urbanas en la década de 1970 a un 73.9% en 2015 (Consejo Nacional de Población, 2015) esta tendencia será la misma para los próximos 30 años.
- De acuerdo con las normas climatológicas proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional registradas desde 1971 al 2000, el municipio presenta una temperatura media anual de 18.8 °C una temperatura máxima de 26.4 °C y una mínima de 11.2 °C (Municipio de Querétaro, 2015). Para el crecimiento adecuado de la mayoría de las especies hortícolas se recomienda una temperatura promedio de 25 °C (Fernández, J.A., et al., 2008).

El subsuelo de la ciudad de Querétaro es árido, según datos del Municipio de Querétaro (2015) el 51% de la superficie del estado presenta clima seco y semiseco localizado en la región centro, por lo que la utilización de hidroponía o huertos urbanos representa una oportunidad de cultivo, ya que esta técnica tiene amplia expansión: puede utilizarse en cualquier tipo de suelo, la adición de los nutrientes de forma directa a la planta por riego genera más control. El empleo de sistemas hidropónicos tiene como principal ventaja el bajo consumo de agua reportado, debido a que éste se limita sólo al requerido para la producción de biomasa y para la evotranspiración de la planta durante el tiempo de cultivo (Hernández, C.J. & Hernández, J.L., 2005).

1.5 Contenido

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados, la presente investigación está conformada por seis capítulos, los cuales se presentan resumidos a continuación:

Dentro del enfoque teórico utilizado, en el primer capítulo se parte del análisis del contexto actual de nuestro país sobre la migración que existe del campo hacia las ciudades, afectando las tierras de cultivo y las áreas verdes de las ciudades; poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Se presenta como una alternativa ante esta problemática la opción de que la población genere su propio alimento en las ciudades, convirtiéndose así en prosumidores (productor-consumidor) a través del uso de tecnología como hidroponía y huertos urbanos. En el segundo capítulo se habla de la agricultura urbana, término propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como una alternativa para hacer frente a las problemáticas de alimentación. Se mencionan los conceptos de hidroponía, los tipos de sustratos utilizados, los componentes de las sustancias nutritivas así como la definición de huertos urbanos.

En el tercer capítulo se hace mención del impacto que ha tenido la cuarta Revolución Industrial en la agricultura, cómo ha ido permeando el internet en las cosas y la inteligencia artificial para controlar los procesos de cultivo a gran escala y cómo esto se ha ido adaptando a pequeña escala.

En el capítulo cuarto se hace el planteamiento de la investigación realizada, incluyendo las fases en las cuales se llevó a cabo, las dimensiones de análisis y la técnica de investigación utilizada como punto clave para ser implementada en esta investigación.

Finalmente, en el capítulo quinto se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación del método mixto para poder compartir las conclusiones obtenidas.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

2 MARCO TEÓRICO

Entre las formas más comunes de utilización no sostenible del suelo están el cultivo y pastoreo excesivos, la deforestación, las prácticas inadecuadas de riego, los cambios del uso de suelo y la incorrecta disposición de residuos peligrosos y municipales (Secretaría del Medio Ambiente, 2008). El alto grado de deterioro de la tierra refleja un profundo desconocimiento a nivel político, social y económico sobre el papel ambiental que cumple este recurso.

Algunas prácticas dentro de la agricultura generan la degradación del suelo, ejemplo de esto son: la siembra en laderas con inadecuadas prácticas de rotación y surcado, la labranza post cosecha, la sobreexplotación de cultivos intensivos anuales con la consecuente pérdida de nutrientes, el riego abundante en zonas con alta evaporación, el riego con agua de mala calidad y el abandono de terrenos agrícolas cuando la producción deja de ser redituable, lo que induce cambios de uso de suelo.

Se estima que en 2030, la mitad de la población mundial será pobre y el 60% de esta población vivirá en las ciudades. En la actualidad, las familias de escasos recursos utilizan del 60% al 80% de sus ingresos en la alimentación, no siendo siempre alimentos sanos. (Pérez, S. F., 2018, p. 132). Una opción para ayudar a mejorar las condiciones de vida de esta población vulnerable que vive en la ciudad, es llevar a la práctica la horticultura, la cual consisten en la producción de raíces, tubérculos, follaje y frutos en el interior o en la periferia de las ciudades con fines de autoconsumo familiar (Pérez, S.F., 2018, p.133).

En este contexto, el rápido crecimiento de las ciudades también ha generado degradación de los suelos y a su vez, ocasiona un incremento en la exigencia hacia los sistemas de suministro de alimentos a las mismas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) afirma que la agricultura urbana proporciona alimentos frescos, genera empleo, recicla residuos urbanos, crea cinturones verdes y fortalece la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático.

Una de las primeras propuestas para el fomento de los huertos urbanos hidropónicos como alternativa para mitigar los problemas alimentarios en América Latina, se encuentra en el manual

técnico: “ La Huerta hidropónica Popular”; cuya primer edición fue presentada a inicio de los años noventa de acuerdo con Marulanda & Izquierdo (2003), cuyo objetivo es promover el desarrollo de herramientas que permitan mejorar las condiciones de vida e incrementar el ingreso a las familias o mejorar su alimentación.

La agricultura urbana se puede definir como *“el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades. La cual puede hacer una importante contribución a la seguridad alimentaria de las familias, sobre todo en tiempos de crisis y escasez de alimentos”* (FAO, 2009).

La producción de alimentos vegetales en la ciudad contribuye con diversos beneficios económicos, sociales y ambientales, como la mejora de los hábitos alimenticios, aumenta la actividad física y mejora la percepción de la salud, crea redes sociales a nivel comunidad y familiar y contribuye en el aumento del ingreso familiar (Pérez, S.F., 2018, p.133).

México experimenta un crecimiento acelerado en la prevalencia de obesidad y enfermedades crónicas, en el último reporte de CONEVAL (2020) se menciona que en el país hay una gran disponibilidad de alimentos variados y nutritivos. Sin embargo, el problema alimentario radica principalmente en la accesibilidad a los mismos y en la calidad de la dieta de los grupos poblacionales con menores recursos; bajo el supuesto de que la población en situación de pobreza tiene escaso acceso al consumo de vegetales y frutas, la propuesta de generar un cultivo urbano puede trascender en su beneficio.

La economía Mexicana depende en gran medida de la agricultura, es considerada como una de las actividades económicas con mayor relevancia ya que genera gran cantidad de empleos en el país; siendo reconocido como el sector productivo más importante desde el punto de vista económico, social y ambiental, ya que de ésta depende la alimentación primaria de millones de personas, el incremento de la población productiva y la preservación y cuidado del entorno.

Es inminente la degradación el medio ambiente a causa del aumento en la demanda de alimentos, el alto costo de mano de obra, las malas condiciones ambientales y la migración

(González García, H. et al. 2012). Se ha experimentado una sustitución paulatina de los sistemas de cultivo tradicionales, por tecnologías más amigables con el medio ambiente; las principales razones son la salinización, enfermedades, agotamiento de los suelos, aumento en la producción, calidad y precocidad de las cosechas, mejora en la eficiencia energética, adicionalmente considerando el ahorro de agua (Altisent, J.M.D. & Bethencourt, J.N. 2004). La agricultura ecológica representa una alternativa viable gracias a que utiliza prácticas de conservación y mejoramiento de los suelos, protegiendo así los recursos naturales, convirtiéndose en una opción sustentable para el desarrollo de México.

Existen innumerables descripciones sobre seguridad alimentaria, donde explican su importancia; sin embargo la definición más sencilla y clara fue hecha por von Braun et al. (2004) donde nombra a ésta como: *“el nivel de acceso de la población durante un tiempo a los alimentos necesarios para una vida sana, lo cual representa el acceso a los alimentos y la disponibilidad de los mismos”*. La seguridad alimentaria no debe delimitarse a un sólo nivel, por el contrario, está presente desde el individuo, la familia, la región, el país, en resumen a nivel global.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) apoya la transformación de la Agricultura urbana hacia un uso del suelo urbano como actividad económica reconocida, integrada en las estrategias nacionales y locales de desarrollo agrícola, los programas de alimentación y nutrición y la planificación urbana. Actualmente, la agricultura urbana es practicada por 800 millones de personas en el mundo (FAO, 2009).

En 1964 se celebró en Kiev y Moscú, la I Conferencia de Hidroponía; posteriormente fue convocada por la FAO, la UNESCO y la Sociedad Internacional de Horticultura; en 1969 se celebró el I Congreso Mundial de Hidroponía en Las Palmas de Gran Canaria. En ambas reuniones se resaltó la importancia que se prospecta para la economía agraria mundial, ya que esta tecnología representa un instrumento para la lucha contra el hambre y el aprovechamiento de los recursos improductivos (Samperio Ruiz, 2004).

El desperdicio de alimentos ha sido recientemente un problema crítico en los países desarrollados, por lo cual se ha vuelto importante buscar la reducción para una mejor sostenibilidad

alimentaria. La producción anual de alimentos en el mundo es actualmente de cuatro mil millones de toneladas métricas, según la estimación de la FAO entre un 30-50% de la producción de alimentos no se consume y, por lo tanto, se desperdicia cada año. (Kurashina, Y., 2019) El desperdicio de alimentos está directamente ligado a la seguridad alimentaria. La agricultura urbana representa una oportunidad para equilibrar la demanda y la producción de vegetales.

La población urbana en la ciudad de Querétaro ha crecido de manera exponencial, de acuerdo con datos del INEGI (2020), actualmente se tiene una población de 2,368,467 habitantes, representando un crecimiento del 1.84% con relación al mismo período en 2018, dicho porcentaje equivale a 40 mil 838 personas; reporta una migración diaria de 35 personas, derivado de la migración proveniente de otras entidades que suman 18 mil 250 personas. La población se ha invertido de un 35.6% que existía en zonas urbanas en la década de 1970 a un 73.9% en 2015 (CONAPO, 2015) esta tendencia será la misma para los próximos 30 años.

Ante esta explosión demográfica, aunado a los retos de aprovisionamiento de alimentos y a la vulnerabilidad que existe ante los cambios climáticos, se hace inminente la necesidad de generar opciones viables para proveer alimentos sanos y variados a la población creciente de la ciudad de Querétaro.

En este contexto, es recomendable que en Querétaro exista una conciencia agrícola que influya de manera positiva y propositiva en los ciudadanos para que los procesos de cultivo sean compatibles con el medio ambiente, que contaminen menos y garanticen la seguridad alimentaria.

2.1 Los prosumidores

Acrónimo de las palabras productor y consumidor, se utiliza para referirse a un usuario que se transforma de consumidor a productor, lo cual se denominará como prosumidor –en inglés se traduce a prosumer, de las palabras *producer* y *consumer*–. El prosumidor, de acuerdo con la definición de Giurgiu, L. & Bãrsan, G. (2008), ejerce los roles de productor y consumidor de forma conjunta, sin separar estos papeles, construye un puente, que según Soep (2012), debe estar

configurado en la sensibilización de la labor de usuario, tratando de anticipar aspectos de complejidad y prestar ayuda a otros usuarios. Especialmente porque el prosumidor evocará el principio de acción del usuario –ponerse en su rol, al punto de incentivar al consumidor a convertirse de cierta forma en un productor de experiencia comunicativa, teniendo voz y voto sobre las acciones de configuración del prosumidor, y de la misma forma, éste tendrá incidencia en las actividades a realizar por el usuario.

Cuando Alvin Toffler insertó el concepto de prosumidor, se hizo explícito el dejar atrás los procesos de estandarización en las producciones o servicios que se venían gestando a través de los circuitos de producción en masa de la época industrial (Giurgiu & Bãrsan, 2008).

Durante la historia, al igual que cualquier industria, la agricultura siempre ha estado presente en el desarrollo económico de las ciudades, antiguamente se vinculaba como fuente de abastecimiento, sin embargo como menciona Fernández de Casadevante (2012) la primer revolución industrial inició un desplazamiento de esta actividad debido a los mecanismos de transporte y al acceso de energía abundante y barata, haciendo que resurgiera de una manera sistemática.

Actualmente debido a los problemas ecológicos que se están enfrentando como el crecimiento de la población, la erosión del suelo o la reducción del área superficial de cultivo y el cambio climático, la agricultura se verá forzada a hacer frente a esta problemática. La tecnología agrícola será una de las soluciones con mayor potencial para dar respuesta, contribuyendo a aumentar la producción en menor área, reduciendo los costos y lo más importante: cuidando el impacto ambiental (Contreras J.S., 1997)

La agricultura urbana está directamente vinculada a situaciones de crisis económicas, sociales y guerras, ya que impulsa la subsistencia de las comunidades; Fernández de Casadevante (2012) afirma que los avances tecnológicos en la agricultura han sufrido diversas revoluciones, con lo cual se ha logrado incrementar la producción y maximizar los cultivos.

Hoy en día la continua mecanización en los campos, ha favorecido la labor y la mejora genética en los cultivos; propiciando así el incremento en la comercialización de alimentos más resistentes a las sequías, así como una notable mejora a las capacidades nutricionales. (Fernández de Casadevane, 2012).

2.2 Hidroponía

La hidroponía como tecnología, puede ser considerada como un claro ejemplo de alta productividad; en la historia se puede constatar como un método de sostenimiento alimentario, cuando durante la Segunda Guerra Mundial, las tropas asentadas en el Pacífico, en islas donde no había suelo disponible, pusieron en práctica métodos hidropónicos de gran escala para proveer de verdura fresca a las tropas contra Japón. (De la Rosa, T.P., 2015, p. 20).

Salazar- Moreno, et al. (2014) define la hidroponía como *“el sistema de producción en el que las raíces de las plantas son irrigada con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que a su vez de suelo se utiliza como sustrato un material inerte y estéril o incluso la misma solución.”* (Torres, A.E.O., 2019). De acuerdo con De la Rosa, T.P. (2015) hidroponía, se refiere al cultivo en agua (acuicultura) o en sustratos sólidos inertes y porosos, a través de los cuales circula la solución nutritiva.

De acuerdo con Jensen M. H (1997) la hidroponía es una técnica de crecimiento para las plantas en una solución nutritiva (agua que contiene nutrientes) con o sin el uso de medios artificiales (sales, grava, rocas, fibra de coco, aserrín, entre otros) quienes proveen soporte mecánico a las plantas. Las plantas son alimentadas con una solución nutritiva, y ésta se lleva directamente a la raíz de la planta, permitiendo con ello el desarrollo sano en menor tiempo y con empleo de menos mano de obra (De la Rosa, T.P., 2015, p.21).

Los sistemas hidropónicos, tienen la finalidad de producir vegetales en agua o en sustratos con pequeña actividad química. Se pueden clasificar en cuanto al tipo de sustrato (Pérez, S.F., 2018, p.133) y suministro de la solución, estos pueden ser abiertos (cuando la solución nutritiva drenada

no se reutiliza y se permite la infiltración en el sitio o se conduce fuera del invernadero) y cerrados (si la solución nutritiva se recoge para ser utilizada nuevamente en el cultivo, previa esterilización y ajuste del pH y nutrientes) (Moreno-Pérez, E.D.C., 2015). En combinación con los invernaderos, se utiliza alta tecnología en esta técnica, teniendo altos rendimientos, dentro de los beneficios tangibles es la conservación del agua, de la tierra y del medio ambiente (Jensen, M.H., 1997). Los sistemas típicos de hidroponía, se caracterizan por la demanda de equipos eléctricos utilizados en la aireación o circulación de la solución nutritiva; presentan un alto mantenimiento de la solución nutritiva, mayores costos de inversión y alto conocimiento técnico (Pérez, S.F., 2018, p.133).

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método agrícola para cultivar plantas que usan sustratos y soluciones minerales en lugar de suelo agrícola. (De la Rosa, T.P., 2015, p.14). La palabra hidroponía se deriva del griego *hidro*, que significa agua y *ponos* que significa labor; lo que se interpreta como trabajo en agua.

Los antiguos habitantes de la ciudad de México; los aztecas, ya practicaban el cultivo de plantas sobre entramados de ramas y lodo (chinampas) que flotaban en el lago de Texcoco, lugar donde se fundó la gran Tenochtitlán (Barbado, 2005).

Fue en el año 1600 cuando se registró el primer intento científico documentado para descubrir los nutrientes para las plantas por parte de Helmont, quien mostró que las plantas pueden obtener sustancias nutritivas del agua; en 1699 señala (Samperio Ruiz 2004) Woodwar, miembro destacado de la Real Sociedad de Inglaterra, consiguió cultivar una planta de menta (*Mentha piperita L.*) en agua.

Barbado (2005) afirma que a finales de los años treinta Gericke, en la Universidad de California, denominó a la nutricultura como hidroponía. En los años 1925 y 1935 se comenzó con el estudio de los macronutrientes para las plantas, seleccionando elementos químicos como principal fuente de crecimiento: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio.

Actualmente, la producción de vegetales en sistemas hidropónicos es muy utilizada en países con problemas de invierno riguroso, limitaciones de área y escasez hídrica. El cultivo hidropónico

comercial es muy común en la producción de hortalizas como lechuga, tomate, pimiento y pepino. La producción de vegetales en hidroponía presenta ciertas ventajas, como un mayor rendimiento por área, mejora en la calidad nutricional de los productos, disminución de daños por plagas y enfermedades, reducción del ciclo del cultivo, condiciones ambientales controladas y eficiencia en el uso del agua (Pérez, S.F., 2018, p.133).

Hay una gran variedad de plantas, vegetales y hierbas que pueden crecer utilizando la hidroponía; haciendo uso de las tecnologías disponibles como del internet en las cosas, la cual ha permitido a los agricultores automatizar el cultivo a través del monitoreo de niveles de agua, pH, temperatura, flujo, intensidad de luz (Mehra M., 2018).

El término hidroponía es cada vez más conocido en el contexto de producción de vegetales a nivel comercial, es reconocido como una técnica moderna que implementa conocimiento especializado y complejo; sin embargo, estas características están alejadas de la realidad actualmente, la evolución en la tecnología y el conocimiento ha logrado que se adapte a las necesidades de los hogares mexicanos.

Se ha considerado que para que una explotación de hidroponía sea redituable, las erogaciones se deben amortizar en un lapso de dos años. En regiones agrícolas del Centro de nuestro país, como es Tequisquiapan, existen explotaciones a base de hidroponía para cultivar tomate, en los que se han obtenido rendimientos que superan en 10 veces a los cultivos tradicionales (Solis, 2016).

Los principales beneficios económicos se dan una vez que se hayan estabilizado los sistemas, cuando se reducen los costos de producción, elevando así los rendimiento unitarios, acelerando la cosecha de las plantas y teniendo un mayor control de plagas y enfermedades; permitiendo así, que se obtengan cosechas durante todo el año (Solis, 2016).

Los elementos principales que componen un sistema hidropónico dependen directamente de la técnica que se esté empleando, como podemos observar en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de hidroponía según técnica empleada

Tipo de hidroponía	Características
Puro	Permite a la planta el desarrollo de las raíces en un medio líquido sin ningún sustrato sólido, pero con un sistema adecuado de sujeción.
Amplio	Abarca todo el sistema de cultivo, donde las plantas completan el ciclo vegetativo sin emplear el suelo, durante todo el ciclo se suministran los nutrientes y requerimientos de agua y nutrientes a través de una solución madre.
Sistema de Película Nutritiva (NFT por sus siglas en inglés)	<p>Desarrollada en la década de los 60's por el Dr. Allan Cooper, en Inglaterra, desde esa época este sistema se ha destinado a la producción de hortalizas, especialmente especies de hoja.</p> <p>Sistema de cultivo sin suelo que no utiliza sustrato, cultivando exclusivamente en agua y basado en la manutención de una delgada lámina o capa de disolución nutritiva que continuamente está en recirculación, la cual es absorbida por las raíces de las plantas.</p> <p>Puede ser implementada en módulos productivos verticales y horizontales.</p>

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo a De la Rosa, T.P., 2015 y Altisent & Bethencourt, 2004.

Tabla 1 (continuación)

Clasificación de hidroponía según técnica empleada

Tipo de hidroponía	Características
Sistema de Raíz flotante	<p>Se basa en la suspensión de las raíces total o parcialmente en la disolución nutritiva.</p> <p>Se utiliza una placa de unicel como estructura, para que brinde soporte al follaje y permita que las raíces permanezcan en el agua.</p> <p>Al igual que en el sistema NFT, es necesario que la oxigenación sea constante, se puede utilizar una bomba que genere aire en el agua o manualmente.</p>
Sistema aeropónico	Suspende a la planta en un contenedor cerrado y sin sustrato, utilizando riego por microgoteo el cual aporta los nutrientes para bañar las raíces.
Acuacultura - acuaponía	Combinación en el uso del agua para producción de peces y hortalizas.
Soporte mediante fibra mineral	Riego por goteo localizado, se suministra la cantidad de agua que la planta necesita.
Nuevo sistema de crecimiento (NGS por sus siglas en inglés)	Es una modalidad de cultivo hidropónico caracterizado por la ausencia de sustrato, en el que las raíces se desarrollan en una disolución nutritiva recirculante, que discurre por un circuito cerrado. La disolución discurre por el interior de láminas de polietileno superpuestas en forma de “V”, de tal forma que después de recorrer un tramo, pasa a la siguiente lámina por agujeros troquelados en la parte inferior o en las caras laterales de dichas láminas.

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo a De la Rosa, T.P., 2015 y Altisent & Bethencourt, 2004.

El sistema NFT es el más comúnmente usado, se basa en la reducción de espacio y comprende una serie de diseños, donde el principio básico es la circulación continua o intermitente de una fina

capa de solución nutritiva a través de las raíces, que pasa por una serie de canales que puede ser PVC, polietileno y poliuretano con una forma rectangular (Choez Morales, 2019).

En cada canal hay aberturas donde se colocan las plantas, éstas pueden estar en canastillas con un medio de soporte como tezontle, fibra de coco, foamy agrícola o en vasos; estos canales se apoyan sobre mesas que tienen una pendiente o desnivel de 0.51% para facilitar la circulación de la solución (Choez Morales, 2019).

La solución es recolectada y almacenada en un contenedor y a través de una bomba se lleva a cabo la recirculación de la solución nutritiva a través de los canales de cultivo, permitiendo el contacto directo con las raíces, favoreciendo la oxigenación y suministro de nutrientes y minerales (Choez Morales, 2019).

La temperatura de la solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta, es decir, a menor temperatura de 22 °C el oxígeno disuelto es suficiente para abastecer la demanda; por el contrario, a temperaturas mayores de 22 °C, la cantidad de oxígeno disuelta comienza a disminuir haciendo que en algunos casos, sea necesario la compensación de aire a través de bombas de aire (Choez Morales, 2019).

La concentración de oxígeno disuelto en la solución nutritiva depende de la demanda de oxígeno de las plantas (Choez Morales, 2019).

2.2.1 Tipos de sustratos

El sustrato en la agricultura se aplica a todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta y el crecimiento del cultivo que puede intervenir o no en la nutrición (Torres, A.E.O., 2019) . Los sustratos pueden estar formados por tres fases: Sólida (responsable del anclaje de la raíz), líquida (suministro de agua y nutrientes) y fase gaseosa (transporte de dióxido de carbono y oxígeno).

Los sustratos deben cumplir con las siguientes características: no ser tóxicos, no contener sales o sustancias que interfieran en el desarrollo de las plantas, que se ajusten al pH de la solución nutritiva, ser de consistencia uniforme, sin aristas o elementos que dañen el sistema radicular y, en medida de lo posible, que esté hecho con materiales de la región (Solis, 2016).

2.2.2 Soluciones nutritivas

La composición de la solución nutritiva, la desinfección y el empleo de riegos intermitentes, son tres aspectos que deben ser cuidadosamente manejados. Los nutrientes disueltos son los que permiten a la planta desarrollarse de acuerdo con los requerimientos de cada especie vegetal (Antillón, 2008). Para cada cultivo y estado fenológico, la solución nutritiva debe aportar a la planta todos los macronutrientes (Nitratos, ácido fosfórico, potasio, calcio, óxido de azufre y Magnesio, Fósforo, Cobre Sodio, Níquel y Sílice) y micronutrientes (Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre, Molibdeno) necesarios para su desarrollo (Altisent & Bethencourt, 2004) la solución debe variar en concentraciones según el tipo de cultivo que se desarrolle.

La solución nutritiva nunca se debe aplicar directamente a la planta, se debe diluir antes de dosificarla. Generalmente se utilizan dos tipos de concentraciones, generalmente llamadas Solución A y Solución B (Antillón, 2008).

Se debe tener siempre presente que las condiciones ambientales tienen una influencia decisiva en la asimilación de nutrientes y la capacidad productiva del cultivo; por esta razón, una solución bien formulada si se tienen condiciones ambientales no óptimas, no conseguirá los resultados que se esperan (Altisent & Bethencourt, 2004).

El pH se debe monitorear y regular, debe ir entre 5.5 y 6.5. Este intervalo permite la correcta asimilación de los nutrientes presentes; valores inferiores pueden causar daños en el sistema radicular y valores más altos disminuyen la asimilación de fósforo y algunos micronutrientes (Altisent & Bethencourt, 2004).

2.3 Huertos urbanos

Los huertos urbanos han sido usados en diversos países de América Latina, como Guatemala, Chile, Colombia, Costa Rica y Nicaragua, instalándose en sectores muy pobres, donde el desempleo y subempleo así como el bajo nivel de escolaridad y falta de servicios básicos; donde los huertos han ayudado a producir hortalizas sanas y frescas que han complementado su alimentación, pudiendo generar inclusive, un ingreso económico (Castañeda, 1997).

Los huertos caseros que comúnmente encontramos son sistemas complejos con una estructura sofisticada. A simple vista se observan mezclas de cultivos de raíz, plantas herbáceas, arbustos, árboles, entre otros. Por lo general el principal componente es el vegetal integrado por plantas medicinales, ornamentales, vegetales, cultivos básicos, árboles frutales y árboles multipropósito.

La producción de alimentos en las ciudades, también conocida como urbicultura es hoy en día una tendencia y una realidad desde los últimos diez años, ganándose un espacio en los debates estratégicos sobre seguridad alimentaria, sostenibilidad y urbanismo. De acuerdo con Villavicencio Valdez (2015) la urbicultura empieza a tomar la intensidad de una epidemia en muchos países y avanza cotidianamente en su construcción colectiva.

La agricultura urbana vive un auge ya que representa una solución a la crisis alimentaria global, la cual ofrece alternativas de alimentación que no dependen del petróleo, de bajo impacto ambiental, biodiversos, resilientes al cambio climático. (Villavicencio-Valdéz, 2015). Esta temática se encuentra presente desde 2010 dentro de la agenda de la Organización de las Naciones Unidas, a través de la Fundación para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009) en donde se pone de manifiesto la importancia de la producción de alimentos a nivel global y la pertinencia que tiene poner en marcha iniciativas en contra del hambre y la pobreza que a su vez favorezcan la mitigación del cambio climático. Aunado al crecimiento poblacional, el alza de los precios de los alimentos ha resaltado la importancia de entender las causas de la inseguridad alimentaria y la pobreza urbana.

Las hortalizas tienen un ciclo de producción corto, algunas se pueden recolectar a los sesenta días de la siembra, lo cual se adecúa a la agricultura urbana (FAO, 2009). Los huertos pueden ser hasta 15 veces más productivos que las fincas rurales. Un espacio de apenas un metro cuadrado puede proporcionar 20 kg de comida al año. Los horticultores urbanos gastan menos en transporte, envasado y almacenamiento y pueden vender directamente en puestos de comida, así obteniendo ingresos inmediatos sin intermediarios.

Conectar a las personas que están de un lado y del otro, brinda la posibilidad de considerar las potencialidades que se encuentran alrededor del “buen comer” (Mortán, 2017). Las palabras agroecología, orgánico, consciente, ecológico se han puesto de moda, lo que permite aprovecharlas para generar alternativas de alimentación a partir de una alianza entre ciudad y campo.

La agricultura ecológica es el resultado de una serie de reflexiones y de varios métodos alternativos de producción que se han ido desarrollando desde comienzos del siglo XX, básicamente en el norte de Europa. Tres son las corrientes de pensamiento más importantes según cita la Comisión Europea (2002); La agricultura biodinámica, originaria en Alemania, la agricultura orgánica, aparecida en Inglaterra y la agricultura biológica desarrollada en Suiza. Estos movimientos consideran esencial el vínculo entre la agricultura y la naturaleza así como el respeto de los equilibrios naturales, distando de los objetivos que la agricultura convencional, que es incrementar los rendimientos.

Los huertos urbanos pueden hacerse en una amplia gama de materiales, tan variado como la imaginación y el espacio disponible lo permita, pudiendo utilizar botes, latas, cubetas, llantas, tarimas de desecho, bolsas de plástico o estructuras diseñadas especialmente para este fin.

La lechuga es considerada la hortaliza de hoja por excelencia, dada su alta calidad culinaria como ensalada fresca. Se cultiva en todo el mundo bajo diferentes sistemas de cultivo, al aire libre, en invernaderos, en el suelo y en hidroponía.

Esta hortaliza es un cultivo que se adapta mejor a las bajas temperaturas que a las altas. Las temperaturas óptimas de crecimiento son de 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la

noche, como temperatura máxima se debe considerar los 30 °C y como mínima puede soportar temperaturas de hasta -6 °C. Tiene un requerimiento de agua relativamente alto, y la humedad para su mejor desarrollo es del 60 al 80% aunque puede tolerar menos del 60%. (Krarup y Moreira, 1998).

2.4 La eco-innovación

La eco-innovación también es conocida como innovación sostenible; se ha presentado como una tendencia en los últimos años y ha ido cobrando mayor importancia en el ámbito productivo; se ha implementado en las empresas de manera tal, que ahora las innovaciones se enfocan en “reutilización, mejora o renovación de prácticas existentes” (Hellström, 2007)

La eco-innovación tiene como uno de sus fundamentos, la reducción de los impactos ambientales a través de la miniaturización de los residuos. Hellström (2007) señala que está relacionada con la reducción de consumo de energía, del espacio y conservación de la biodiversidad. Esto puede ser aplicado en productos que mejoren aspectos de la vida humana, como la seguridad, métodos de producción que reduzcan los impactos negativos ambientales.

Arundel & Kempt (2009) indican que a pesar de que la innovación pueda tener su origen en los avances tecnológicos, la tecnología por sí misma no puede hacer la diferencia; siempre tiene que estar asociada con estructuras organizacionales y sociales, como lo es la naturaleza humana y los valores culturales.

La alternativa tecnológica de la hidroponía y de huertos urbanos es un proceso que tiene como finalidad la contribución a la mejora de la calidad de vida, a través de la producción de hortalizas para autoconsumo; favoreciendo la seguridad alimentaria, disminuyendo el impacto que ha generado el crecimiento demográfico sobre los espacios de cultivo productivos, así como el fomento al reuso y reciclado de materiales con el objetivo de reducir los costos de implementación.

3 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, en aras de la cuarta Revolución Industrial, se ha acuñado el término Agricultura Inteligente al uso de la digitalización, englobando una amplia gama de soluciones tecnológicas, entre las que se incluyen: (Zhang, L. Dabipi, 2018)

- Sistemas de hardware, que agrupan a su vez sistemas de control y automatización, sistemas de navegación, sensórica o agricultura de interiores.
- Software, como aplicaciones móviles (orientadas a asesorar, formar o ayudar en la gestión agrícola) o servicios en la nube accesibles a través de suscripción.
- Servicios, área que comprende las actividades relacionadas con la instalación de dispositivos tecnológicos, su mantenimiento, las labores de consultoría o los servicios financieros.

La adopción de tecnologías disponibles y evolutivas para la agricultura, favorecen la implementación de la urbicultura ya que facilitarán el cultivo en los hogares.

Amor Bravo (2019) cita diez tecnologías asociadas a la cuarta revolución industrial, entre las que destacan la inteligencia artificial, la robótica, internet en las cosas, vehículos autónomos, impresoras 3D, nanotecnología y biotecnología; las aplicaciones que derivan de ellas, tendrán un gran impacto en los siguientes pasos de la agricultura.

Una de las líneas de desarrollo que más interés está suscitando dentro de la digitalización del campo es la agricultura de precisión, la cual Zhang, Dabipi y Brown (2018) la definen como un sistema integrado de información y producción agrícola que puede recopilar datos precisos en cada uno de los terrenos y, por lo tanto, personalizar el cultivo de cada emplazamiento de forma independiente.

La adopción de esta tecnología implica el uso de sensores, drones o software de análisis de información, cuyo objetivo final es mejorar la toma de decisiones y optimizar el uso de los recursos, lo cual representará una disminución en costes y a su vez, un incremento en el rendimiento de los cultivos. De acuerdo con Zhang, Dabipi y Brown (2018) este mercado se

encuentra en auge, cuya tasa de crecimiento anual se proyecta de un 13 -15% en el año 2022 y un valor que podría alcanzar los 10000 millones de dólares para el 2023.

Según lo publicado en el sitio enviraiot.es, la impresión 3D representa una eminente oportunidad en el área de agricultura, Amor Bravo (2019) la define como una de las tecnologías disruptivas que ha provocado más expectativas sobre el futuro. La impresión 3D es el proceso por el cual se crean piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por un ordenador, descargado de Internet o recogido de un escáner 3D (Amor Bravo, 2019). Este término puede confundirse con la fabricación aditiva, cuya denominación resulta más amplia e incluye otras técnicas de fabricación basado en la adición de materiales.

Los productos creados en impresoras 3D se basan en el proceso de modelado por deposición fundida, en el que un cabezal funde un filamento de plástico y crea un objeto 3D capa por capa (<https://www.3dnatives.com/>).

A pesar de que la impresión 3D se ha ido popularizando principalmente en la industrial y en medicina, también resulta de gran utilidad en el sector agrícola; esto se debe a que existe gran cantidad de granjas que se encuentran alejadas de los núcleos urbanos, donde este tipo de tecnología representa una alternativa en la fabricación de piezas de repuesto para la maquinaria, a su vez también se utiliza para generar prototipos a un bajo coste (enviraiot.es).

Según los reportes de enviraiot.es (2018) la robótica y la maquinaria autónoma son dos tecnologías que prometen un gran crecimiento, debido a que facilitan la labor agrícola. El objetivo principal de estas soluciones es el aumento de la productividad de los cultivos. En un futuro próximo estos sistemas autónomos se harán cargo de las labores agrícolas como la eliminación de mala hierba.

El cultivo representa una alternativa económica para un amplio sector socioeconómico pero los problemas ecológicos han forzado a los agricultores a buscar nuevas tecnologías o prácticas que ayuden a mejorar la producción, una de ellas está basada en los principios de la revolución verde (Daza L. et al., 2018) la cual demanda un uso irracional de agroquímicos.

Los avances en la tecnología abarcan amplias esferas de la vida cotidiana, en el caso particular de la agricultura es común escuchar el término agricultura de precisión, que se utiliza para definir según Rojas, Rojas (2016) una gestión agrícola que se apoya en la observación y medición de las variables que influyen sobre los cultivos para después tomar decisiones. El desarrollo tecnológico de la agricultura de precisión nos permite medir las deficiencias de nutrientes, condiciones del suelo y detección de plagas o formación de maleza desde etapas tempranas del cultivo.

El internet en las cosas o IoT (Tecnológico) se puede definir como un sistema de dispositivos interrelacionados (incluyendo animales o personas) quienes tienen un identificador único y tienen la capacidad de transmitir o recibir datos a través de una red sin necesidad de la interacción humana. Esta tecnología es clave para la agricultura de precisión (enviraiot.es). Para llevar a cabo la agricultura de precisión se hace uso de la tecnología como la navegación satelital, uso de sensores, imágenes que permiten captar la información geográfica; estos medios nos permiten analizar diversos factores que inciden sobre los resultados de las cosechas (Rojas et al., 2016).

Otro uso de la IA (Inteligencia Artificial) en el sector agrícola es el predictivo. Este tipo de aplicación supone el análisis de multitud de datos tales como temperatura, condiciones meteorológicas, análisis del suelo, humedad o rendimientos del cultivo. La información resultante permite conocer cuáles son las mejores fechas para la siembra o qué cultivos son los mejores dependiendo de la época del año. Y este tipo de analítica predictiva también se puede emplear para establecer un plan de mantenimiento de la maquinaria agrícola, reduciendo el porcentaje de horas perdidas por averías (enviraiot.es).

Las decisiones tomadas a través de la medición de distintas variables, permite optimizar los resultados y la toma de decisiones, entre las más importantes está la visión económica que puede mejorar el uso de los recursos buscando la reducción de los gastos para hacer la agricultura más competitiva.

Los sistemas aéreos tripulados de forma remota o dron, son otro medio que el sector agrícola está empezando a emplear para la recopilación de datos. La FAO (2018) comenta que el uso de

esta tecnología permite disponer de un “ojo en el cielo” capaz de capturar imágenes cuya interpretación a través de un software permite determinar la existencia de anomalías en el cultivo.

En los últimos años, una innovadora técnica agrícola de Hidroponía, se desarrolla en invernaderos acondicionados, la cual es una tecnología que permite el cultivo de plantas sin el uso del suelo asegura una alta producción por metro cuadrado, con gran eficiencia en el uso de los recursos, en especial del agua. Esta técnica actualmente es utilizada en zonas donde el terreno es áspero y no se cuenta con condiciones climáticas para el cultivo (Solis, 2016).

Algunas ventajas que ofrece el cultivo a través de estas tecnologías:

- No depende tanto de las condiciones ambientales, por lo tanto, es posible producir cosechas fuera de temporada o cultivar en lugares donde la agricultura tradicional es muy difícil o imposible. Incluso permite el cultivo en las ciudades (Velasco Hernández, E., 2011).
- Hay una posibilidad de automatización casi completa, es muy difícil o imposible. Incluso permite el cultivo en las ciudades (Velasco Hernández, E., 2011).
- Usa de 70-90% menos agua que la agricultura tradicional, por lo tanto, constituye una alternativa sustentable ante la crisis del agua que enfrentamos en la actualidad (Solis, 2016).
- Permite un gran ahorro de fertilizantes y plaguicidas, ya que las plantas se cultivan en condiciones controladas que favorecen su crecimiento óptimo y libre de parásitos, bacterias fitopatógenas, hongos y toxinas. A su vez, esto hace que los cultivos sean más precoces y uniformes, es muy difícil o imposible. Incluso permite el cultivo en las ciudades (Velasco Hernández, E., 2011).
- Desde un punto de vista económico, la hidroponía conlleva una reducción considerable en los costos de producción debido al ahorro de agua, fertilizantes, pesticidas y maquinaria agrícola. Además, permite ofrecer mejores precios en el mercado, por lo que la inversión inicial se recupera rápidamente es muy difícil o imposible (Velasco Hernández, E., 2011).
- Desde un punto de vista ecológico, además la hidroponía previene la erosión que resulta de malas prácticas agrícolas. Además, los fertilizantes y los plaguicidas no se

incorporan a los mantos freáticos, a los ríos o lagos, con lo que se evita una fuente importante de contaminación es muy difícil o imposible. Incluso permite el cultivo en las ciudades (Velasco Hernández, E., 2011).

La agricultura urbana, los huertos verticales, los techos verdes, son considerados hoy en día como una tendencia. Existe un boom en proyectos de hidroponía que atraen a fondos de inversión en todo el mundo. América del Norte, Asia y Medio Oriente lideran esas inversiones, con fines principalmente alimentarios y medicinales.

Dirección General de Bibliotecas UAO

4 MARCO METODOLÓGICO

Según Hernández-Sampieri, et al. (2017), el enfoque cualitativo busca principalmente la “dispersión o expansión” de los datos e información, mientras que el enfoque cuantitativo pretende “acotar” intencionalmente la información. Mientras que un estudio cuantitativo se basa en investigaciones previas, el estudio cualitativo se fundamenta primordialmente en sí mismo.

En esta investigación se utiliza un método mixto, el cual es apropiado cuando se agrega valor al estudio en comparación con utilizar un único. Con lo cual se busca lograr una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno, obteniendo así una percepción de los resultados más integral, completa y holística. Lieber y Weisner (2010) señalan que los métodos mixtos “capitalizan” la naturaleza complementaria de las aproximaciones cuantitativa y cualitativa. La primera representa los fenómenos mediante el uso de números y transformaciones de números, como variables numéricas y constantes, gráficas, funciones, fórmulas y modelos analíticos; mientras que la segunda a través de textos, narrativas, símbolos y elementos visuales. Así, los métodos mixtos caracterizan a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir nuestro entendimiento de ellos.

Se realizó una medición cuantitativa del crecimiento de las hortalizas en los diferentes procesos tecnológicos, así como una documentación a través de fotografías de las características de crecimiento de las plantas para poder concluir cuál tecnología es más apropiada para ser implementada como agricultura tecnológica en la ciudad de Santiago de Querétaro. Contrastando la calidad de las hortalizas obtenidas con respecto a la bibliografía, se llevará a cabo el análisis cualitativo.

4.1 Objetivo general

Evaluar la factibilidad del uso de dos modelos Tecnológicos (Hidroponía y Huertos Urbanos) aplicados a la agricultura ecológica en hogares de la ciudad de Santiago de Querétaro para el cultivo de hortalizas que favorezcan la seguridad alimentaria.

4.2 Objetivos específicos

Los objetivos permiten dar orientación al trabajo realizado, de acuerdo con Hernández-Sampieri (2017) los objetivos señalan a lo que se aspira con la investigación, son las guías de estudio.

El presente trabajo tiene como objetivos específicos los siguientes:

- Comparar dos Modelos Tecnológicos (hidroponía y huertos urbanos) que apoyado en los ejes económico, tecnológico, social y ambiental proponga un sistema de producción de *agricultura ecológica (agricultura urbana)*.
- Evaluar el beneficio del autoconsumo de hortalizas en hogares de la ciudad de Santiago de Querétaro.
- Medir por medio de un modelo de estudio lechuga común (*Lactuca sativa*) la rapidez de crecimiento y calidad visual del producto final.

4.3 Proposición

Es factible el uso de tecnologías de huerto urbano e hidroponía como una alternativa sustentable para la nutrición de los mexicanos. El modelo de prosumidor representará un beneficio económico y social.

4.4 Pregunta de Investigación

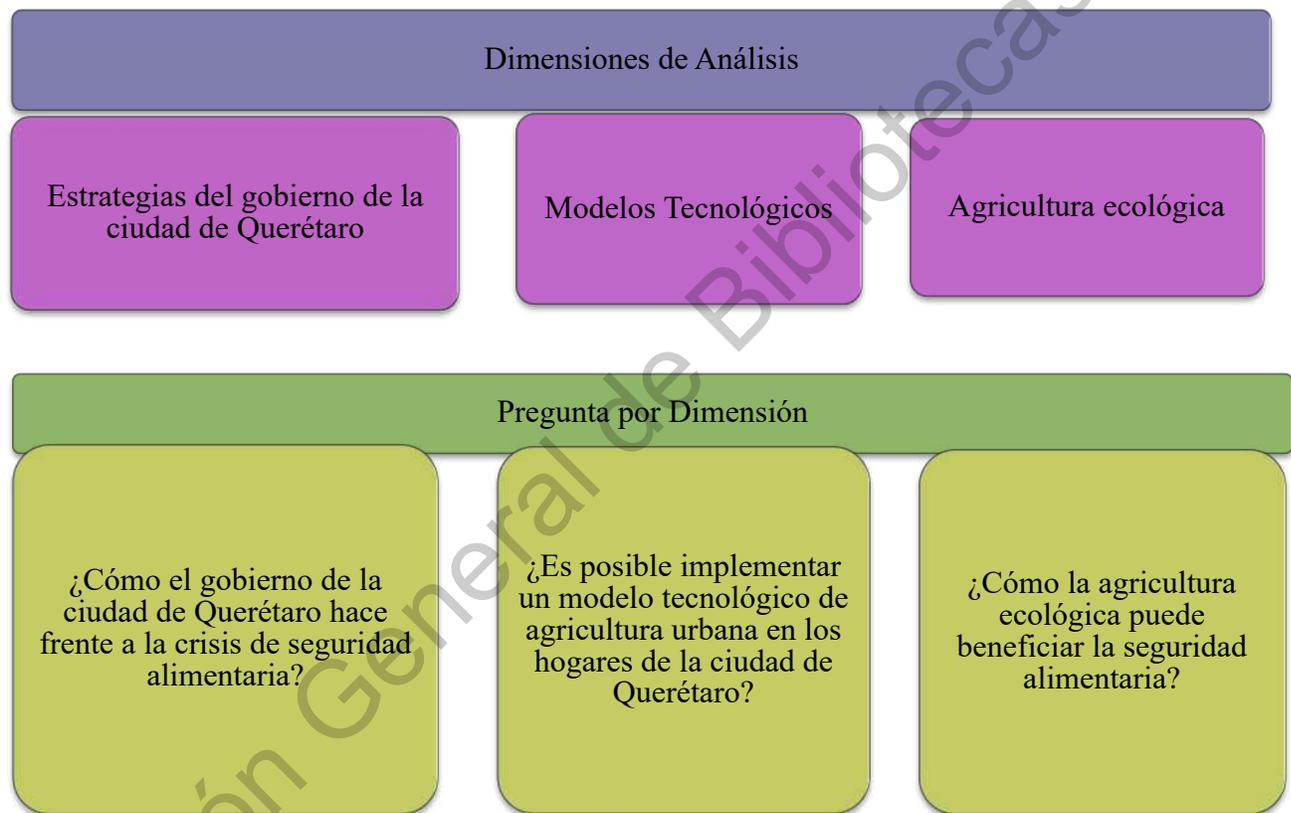
En la actualidad, el crecimiento exponencial de la población y la migración de las personas del campo hacia la ciudad pone en alerta la seguridad alimentaria y el daño inminente al medio ambiente. De esta manera surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo los modelos tecnológicos de hidroponía y huertos urbanos pueden representar una oportunidad sustentable para garantizar la seguridad alimentaria ofreciendo beneficios ecológicos?

4.4.1 Dimensiones, pregunta central y preguntas de investigación.

La pregunta central de la investigación es ¿Cómo los modelos tecnológicos de hidroponía y huertos urbanos pueden representar una oportunidad sustentable para garantizar la seguridad alimentaria ofreciendo beneficios ecológicos? Con la formulación de las dimensiones de análisis se formularon las preguntas de investigación. (Figura 1)

Figura 1. Dimensiones de análisis y preguntas de investigación.

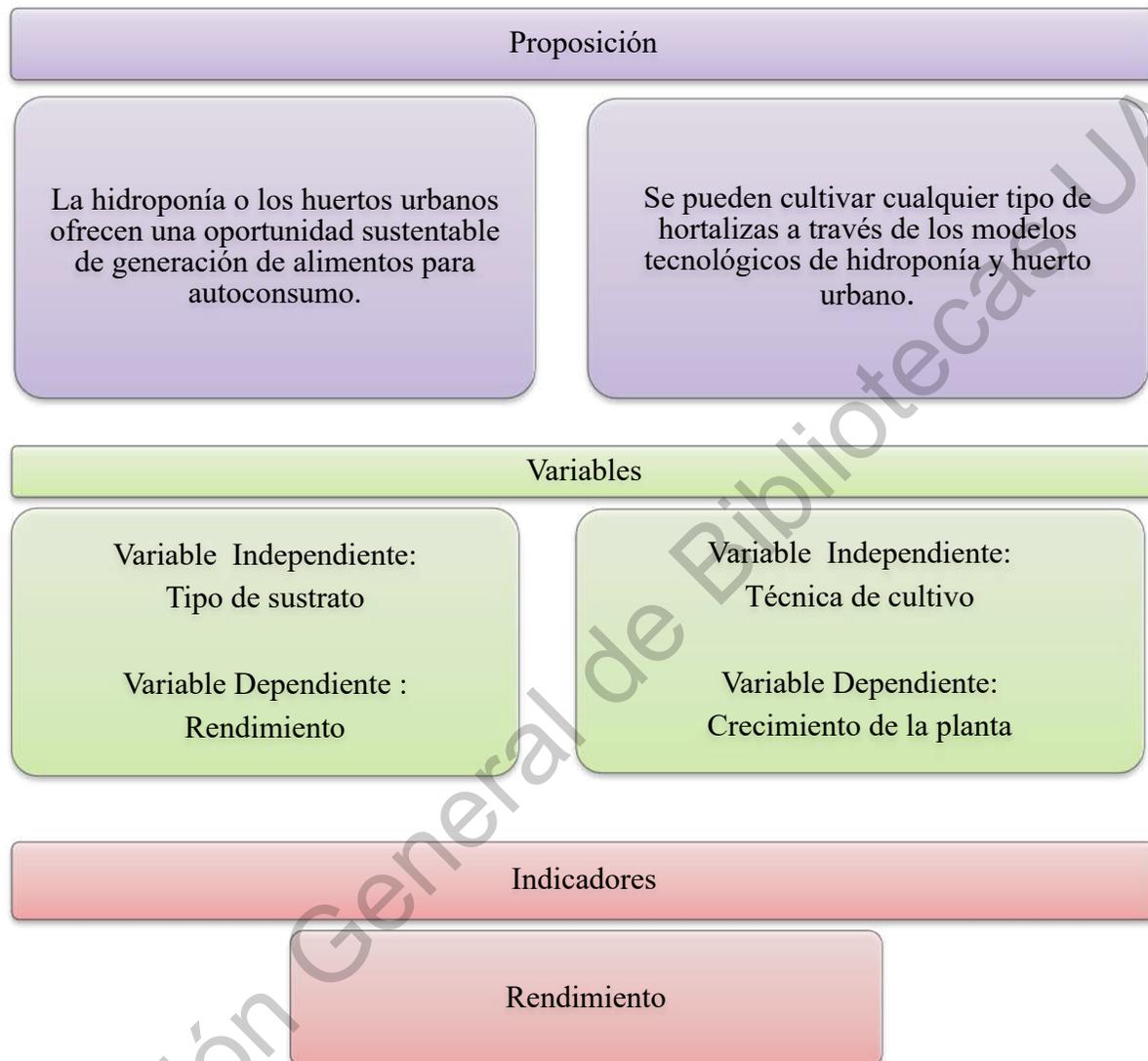


Fuente: Elaboración propia.

Con el apoyo en las dimensiones de análisis y la pregunta de investigación, fue posible formular las proposiciones de investigación y los indicadores empíricos (Figura 2).

3.5 Dimensiones, pregunta central y preguntas de investigación.

Figura 2. Proposición, variables e indicadores por pregunta de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Técnicas de investigación

Esta investigación se hizo en tres etapas, con la finalidad de poder llevar a cabo la integración de la información disponible, para poder fundamentar la teoría con la práctica.

Se realizó una evaluación de costos de instalación, insumos y características de ambos modelos propuestos para ser implementados en hogares.

Finalmente se analizaron los resultados obtenidos a través de las características físicas obtenidas en el cultivo de lechuga a través de ambos modelos tecnológicos.

Fase1

Presentación de programas que fomenta el gobierno del Municipio de Querétaro para el uso de tecnologías como huertos urbanos.

Identificación de las características significativas de los sistemas de cultivo hidropónico y de huerto urbano.

- Análisis del contexto de las técnicas de hidroponía y huerto urbano en fuentes bibliográficas.
- Caracterización de las técnicas.
- Identificación de rasgos trascendentales de ambas técnicas.

Fase 2

Exposición de los diversos tipos de sistemas viables de ser utilizados en agricultura urbana.

- Identificación de los sistemas de cultivo, así como sus características.
- Evaluación de costo de instalación, insumos, características.
- Evaluación de beneficios de producción y rendimiento.

Fase 3

Evaluación de características cualitativas y cuantitativas.

5 RESULTADOS

El propósito de esta investigación consistió en hacer una propuesta de aplicación de la tecnología en la agricultura que sea viable de ser implementada en hogares de la ciudad de Querétaro. Se evaluaron dos diferentes técnicas: huerto urbano e hidroponía, a través de la siembra en sistema NFT e hidroponía en sistema Raíz flotante.

Se partió del análisis de las técnicas más utilizadas para la producción de hortalizas, para realizar un contraste de los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

Se realizó la siembra de lechuga en modelos tecnológicos, documentando a través de fotografías el crecimiento.

Se realizó un análisis de costos de instalación de ambos sistemas tecnológicos para contrastar los beneficios obtenidos en cada uno de ellos.

A continuación se describen los resultados obtenidos, presentando el análisis en el siguiente orden y tratando de mantener una concordancia entre el marco teórico y el objetivo de investigación. En primer lugar se presenta la operacionalización de variables cuantitativas a través de la documentación de las características de crecimiento de las lechugas a través de fotografías, registrando el crecimiento de las mismas en dos tecnologías considerando dos diferentes sistemas en hidroponía y uno de huerto urbano.

Posteriormente se realizó la operacionalización de variables cualitativas donde se llevó a cabo un contraste de las lechugas obtenidas a través de comparación física, se evaluó el tamaño, textura y sabor de las lechugas sembradas en los diferentes sistemas tecnológicos.

5.1 Fase 1

5.1.1 Entorno institucional

La pérdida de áreas de cultivo destinadas para autoconsumo en la ciudad de Querétaro y zonas aledañas, aunado al incremento de la construcción de viviendas y la inmigración de familias a la ciudad, son contextos que favorecen la implementación de técnicas de cultivo en los hogares a pequeña escala. Sin embargo, estas técnicas son poco explotadas.

El término huerto urbano e hidroponía ha ido ganando fuerza entre la población, cada día es más conocido en un entorno productivo de vegetales a nivel industrial, es reconocido como una técnica moderna de cultivo que ha eficientado los procesos; sin embargo existe la creencia de que tiene costos muy elevados de producción para ser implementados en hogares; sin embargo, el avance de las investigaciones en estas técnicas han permitido que sean cada vez más replicables a nivel escala y trasladar estas tecnologías a sistemas simples de implementarse en los hogares.

En el Municipio de Querétaro se han hecho esfuerzos para impulsar la explotación de estas tecnologías en zonas rurales con el objetivo de que la población pueda generar sus propios alimentos. A través de la campaña “Jalando Parejo” se creó en 2017 el programa para fomentar la capacitación y asistencia técnica para implementar huertos familiares de traspatio, que provea productos frescos y nutritivos a los hogares. En el 2020, el gobierno municipal logró apoyar a 1800 familias ubicadas en 62 comunidades para que cultivaran sus huertos urbanos a través de la Dirección de Desarrollo Urbano y Agropecuario (municipiodeqro, 2020).

De acuerdo con el reporte presentado, la implementación de huertos urbanos ha representado un ahorro anual por 37.4 mdp a las hogares de comunidades rurales, representado un ahorro en la canasta básica de un 21% para las familias, representando así 480 pesos por semana en autoconsumo (20 800 pesos anuales), sin considerar lo que pueden vender con los productos excedentes (municipiodeqro, 2020).

Las comunidades que se han beneficiado a través de capacitaciones en instituciones educativas son Charape La Joya, Presita de San Antonio, Llano de la Ronchera, El Herrero, Carobonera, Cerro de la Cruz, Pie de Gallo, Loma de Chino, La Luz, El Pie y el Patol; el apoyo que se brinda a través de este programa son capacitaciones para la creación de huertos comunitarios en distintas instituciones educativas, entrega de materiales como malla sombra, malla gallinera y 13 variedades de hortalizas como: lechuga, zanahoria, acelgas, cebolla, rábano, chile, jitomate, tomate, betabel, perejil, cilantro, pepino y calabazas (municipiodeqro, 2020).

En 2021 el apoyo brindado por el programa Huertos Familiares abarca también la zona urbana de la ciudad de Querétaro.

5.1.2 Identificación de características de los sistemas de cultivo

Hidroponía

Uno de los grandes beneficios que brindan la hidroponía y los huertos urbanos es la capacidad que se tiene de adecuar el cultivo a las condiciones climáticas, de acuerdo con las necesidades de cada cultivo; Samperio Ruíz (1999) afirma que la hidroponía es una alternativa viable para la producción de alimentos, ya que presenta amplias oportunidades en comparación con el método tradicional de siembra en suelo.

Para poder practicar la hidroponía, se debe considerar el uso de insumos tecnológicos fundamentales, como es: Sistema de regulación de temperatura, sistema de regulación de humedad, sistema de riego, entre otros. A nivel escala, en huertos urbanos los insumos pueden ser mínimos, generando así, un ahorro en el costo de implementación y el espacio utilizado. Los modelos pueden ser flexibles en su diseño, utilizando materiales de reciclaje (Choez Morales, 2019).

De acuerdo con Barbado (2005) es recomendable utilizar el agua disponible de una toma domiciliaria o el agua que se utiliza para riegos tradicionales, pero se debe garantizar que el agua no contenga contaminantes que puedan transferirse a la planta. Resh (1997) afirma que el agua con contenido alto de sales, como es el agua de Querétaro, puede utilizarse ya que éstas aportan sales de calcio y magnesio; elementos que son esenciales en la preparación de los nutrientes.

En la Tabla 2 se pueden observar algunas ventajas y desventajas que presenta esta tecnología.

Tabla 2.

Ventajas y desventajas del uso de Hidroponía en los hogares.

Ventajas	Desventajas
Ofrece mejores condiciones de nutrición para las plantas.	El costo puede ser elevado si no se sabe aprovechar los recursos.
No depende de los cambios meteorológicos. Producción de cosechas posttemporada Reducción de espacio de siembra.	Se requiere capacitación técnica para operar el sistema. Se tiene que controlar y monitorear diariamente el sistema.
Mayor control en la producción.	
Ahorro de recursos (agua) al utilizar la recirculación de los nutrientes. Reducción de los períodos de crecimiento de las plantas.	Requiere un cuidado adecuado en el sistema de la solución nutritiva para lograr buenos resultados. La inversión inicial es mayor en comparación a otros sistemas.

Fuente: Elaboración propia adaptada de Cruz, Ramírez (2016)

Tabla 2. (continuación)

Ventajas y desventajas del uso de Hidroponía en los hogares.

Ventajas	Desventajas
Balance ideal de aire, agua y nutrientes.	
Permite una mayor densidad de población.	
No requiere maquinaria especializada.	
No existen ciclos de cosecha, se puede obtener	
mayor número de hortalizas al año.	
Se puede automatizar el proceso.	
No genera emisiones de carbono al aire.	
No erosiona la tierra.	
Se puede sembrar en cualquier zona geográfica	
(árida o fría).	
Se puede utilizar en pequeñas áreas dentro de	
las ciudades.	
Es una alternativa ecológica para producir	
alimentos.	
Apoya la seguridad alimentaria.	
Es fácil de controlar.	
Libre de pesticidas.	
Puedes controlar el tipo de semilla utilizada.	
No es necesario hacer rotación de cultivos.	
Se puede realizar de manera escalonada,	
pudiendo hacerse una programación de la	
producción.	
Mayor limpieza e higiene.	

Fuente: Elaboración propia adaptada de Cruz, Ramírez (2016)

El éxito de un sistema de cultivo depende del manejo que se tenga de las soluciones nutritivas. El crecimiento de las hortalizas, se retrasará tanto por exceso, como por falta de agua (Solis, 2016).

Tabla 3.

Caracterización de las técnicas de cultivo Hidroponía y Huerto urbano

Hidroponía	Huerto urbano
Se requiere una solución nutritiva, la cual se debe ajustar frecuentemente para controlar cambios en las concentraciones de los elementos y el pH del medio.	Se requiere un área de cultivo con tierra fértil, que esté ubicado en un espacio que tenga luz solar, dependiendo del cultivo que se trate, se deberá ubicar en resolana o directamente a la luz.
Se debe proporcionar oxígeno suficiente mediante burbujeo de aire en el medio, sin éste el desarrollo de las plantas disminuye, las raíces no se desarrollan y generan un color pardo, pudiendo generar crecimiento de microorganismos en el medio.	Es indispensable que se riegue con agua potable diariamente. La siembra debe hacerse respetando una distancia de al menos 10 cm entre cada planta.
El método de oxigenación puede ser forzando la mezcla de aire - agua a través de un bombeo de aire en la solución nutritiva.	Se debe utilizar un sustrato que sea apropiado para el crecimiento de las raíces.
A través de la agitación de la superficie de la solución nutritiva, pulverizando la solución a través de boquillas o implementando un método de cascada o turbulencia a través de la caída de agua a cierta altura por medio de la circulación de la solución.	Es recomendable utilizar material poroso como piedras volcánicas, tierra rica en nutrientes (Potasio, nitrógeno, fósforo, hierro, calcio, azufre y magnesio).

Fuente: Adaptada de Taiz et al. (2021); Urrestarazu Gavilán (2004)

Tabla 3. (continuación)

Caracterización de las técnicas de cultivo Hidroponía y Huerto urbano

Hidroponía	Huerto urbano
La disposición más desarrollada es la vertical, tanto para sistemas productivos automatizados como a pequeña escala.	
Los sistemas especializados cuentan con monitoreo de temperatura, control automático de solución nutritiva, medición de pH, oxigenación de agua y temporización de riego.	

Fuente: Adaptada de Taiz et al. (2021); Urrestarazu Gavilán (2004)

Antes de implementar cualquier técnica se debe considerar como parte del proceso tecnológico los siguientes puntos:

1. Localización e instalación: El objetivo de implementar estas tecnologías en los hogares es hacer eficiente el uso de espacios disponibles. Los huertos pueden ser localizados en espacios como: techos, traspátios, ventanas, paredes, terrazas, o balcones principalmente. El principal criterio de selección es que se debe ubicar el huerto en una zona que reciba de 4 a 6 horas de luz solar.
Si se tiene poca luz (menos de 4 horas de luz directa al día) se puede sembrar lechuga, cebolla, rábano, apio, ajo, espinaca, chícharo, zanahorias y acelgas. (Secretaría de Medio Ambiente, 2020)
Si se cuenta con más de 4 horas de luz directa al día se recomienda sembrar jitomate, chiles, berenjenas, pepinos, calabazas, frijoles, mostaza y betabel. (Secretaría de Medio Ambiente, 2020).
2. Selección de recipientes y contenedores: Se pueden utilizar contenedores de diversos materiales, pueden construirse con materiales reciclados, de preferencia de 3 litros en adelante, pueden ser hechos con madera o tabloncillos, utilizar cajones para empacar fruta,

neumáticos, bañeras, envases de plástico vacíos y cortados por la mitad, cubetas, entre otros. Los contenedores deben estar en relación al tamaño del huerto y al espacio disponible (Secretaría de Medio Ambiente, 2020).

3. Sustratos y medios de cultivo: Son seleccionados de acuerdo al tipo de cultivo que se sembrará, puede ser una solución nutritiva preparada, o bien utilizar compostas hechas de materiales orgánicos. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente (2020) el apropiado crecimiento de las raíces y la absorción de los nutrientes depende de que el sustrato utilizado sea lo suficientemente poroso y no se apelmace; pudiendo utilizarse una mezcla de hojas secas, piedras tipo volcánicas y tierra en partes iguales.
4. Mantenimiento de los huertos urbanos: Una de las principales características es que para su mantenimiento requieren menos agua para el desarrollo de las plantas, en comparación con los métodos convencionales. Se puede utilizar agua corriente o aprovechar el agua pluvial.

Para el control de plagas se pueden utilizar métodos no contaminantes como el uso de banderas amarillas impregnadas de aceite, soluciones concentradas de jabón o bien, insecticidas basados en extractos de plantas naturales, como puede ser repelentes de ajo que, por su contenido de azufre previene enfermedades por hongos; repelente de cebolla, té de cilantro, té de cola de caballo (Secretaría de Medio Ambiente, 2020).

Identificación de rasgos trascendentales de ambas técnicas (Carrasco Silva & Izquierdo, 1996)

- Pueden implementarse en pequeños espacios.
- Se pueden construir con materiales reciclados.
- Se producen alimentos sin pesticidas.
- Con reducidos consumo de agua, pequeños trabajos físicos y con dedicación se pueden producir hortalizas frescas, sanas y abundantes.

Las principales especies que se pueden cultivar a través de hidroponía son:

- Lechuga, acelga, espinaca, aromáticas (albahaca, orégano, laurel, lavanda, etc.) chile, pimiento morrón, jitomate y plantas ornamentales.

5.2 Fase 2

Actualmente existe una oferta amplia de empresas especializadas en hidroponía y huertos urbanos dentro de la ciudad de Querétaro, estas empresas proporcionan información útil y completa para los ciudadanos interesados en incursionar en estas tecnologías. A través del buscador de Google se realizó una búsqueda de proveedores, la información de proveedores es recopilada de páginas web de las empresas con acceso público a abril de 2021 presentando a continuación los más importantes:

1. Hydro-environment: Empresa dedicada a la comercialización de productos para Hidroponía, huertos urbanos, invernaderos, campo, enfocada en la difusión de información sobre tecnologías de cultivo.
2. Huertos Urbanos Querétaro: Empresa dedicada a la venta de plantas árboles frutales, construcción y asesoría de huertos urbanos.
3. Amazon: Empresa de origen estadounidense de comercio electrónico y servicios a todos los niveles, con sede en la ciudad de Seattle, Washington. Actualmente ofrece dentro de su portafolio de productos kits de germinación de plantas para el hogar.

Figura 3. Productos que ofrece proveedor Hydro-environment

Hydro-environment	Contenido	Imagen	Costo
1.1 Paquete para Huerto casero con sustrato Saula	30 Bolsas bicolor para cultivo. Semillero de 196 bloques Foamy. Sobre con lechuga, acelga, chile jalapeño, tomate, arúgula, albahaca, kale rojo. Sustrato Universal Saula de 70 L. Solución nutritiva para hortalizas. Instructivo		\$ 569.90

Fuente: Hydroenvironment h-e.mx 2021 disponible en www.hydroenv.com.mx

Figura 3. Productos que ofrece proveedor Hydro-environment (continuación)

Hydro-environment	Contenido	Imagen	Costo
1.2 Paquete completo para Huerto Casero	<p>30 Bolsas bicolor para cultivo.</p> <p>Semillero de 196 bloques de Foamy.</p> <p>Sobre con lechuga, acelga, chile jalapeño, jitomate, arúgula, albahaca, kale rojo.</p> <p>Solución nutritiva para Hortalizas de 1.5 kg.</p> <p>Instructivo.</p>		\$319.90
1.3 Paquete básico para NFT V.6 (Sistema de cultivo de 5 ductos, flujo automatizado y equipo de germinación).	<p>Los sistemas de NFT trabajan de manera automatizada ya que incluyen 5 ductos Hidropónicos Trapezoides que soportan las 25 canastillas hidropónicas, una estructura de PVC para soportar las piezas, conexiones de riego, equipo eléctrico, equipo de germinación y materias primas.</p> <p>Cuentan con Timer Digital, Contenedor y Bomba de agua.</p>		\$3699.00

Fuente: Hydroenvironment h-e.mx 2021 disponible en www.hydroenv.com.mx

El Paquete de NFT para hidroponía está planeado para producir hortalizas de manera natural para su autoconsumo, siempre y cuando se sustituya cada mes la solución nutritiva contenida en el sistema. Si no se desea sustituir la solución nutritiva, se debe instalar medidores para pH y electroconductividad con los cuales se puede monitorear el estado.

Insumos:

- **Bolsas Bicolor:** mantienen la tierra fresca, ayudan a disminuir hasta cinco grados el nivel de temperatura en temporadas de calor, en comparación de las bolsas negras.
- **Foamy Agrícola:** facilita la siembra, absorbe y retiene el agua durante largos periodos, facilita el trasplante.
- **Solución Nutritiva para Frutos y Hortalizas:** sirve para preparar hasta 1,000 litros de la misma.

Figura 4. Productos que ofrece proveedor Huertos Urbanos de Querétaro.

Huertos Urbanos Querétaro	Contenido	Imagen	Costo
1.1 Huerto de cocinas sin plantas	Huerto de madera tratada con tricapa de protección ecológica contra rayos UV, humedad, ataques de insectos devoradores de madera. Incluye sustrato de germinación, 1 charola blanda de 6 cavidades, 3 variedades de semillas, sustrato para el huerto.		\$ 390.00
1.2 Mesa de cultivo chica	Huerto de cama chica de 80x60x80cm que incluye contenedor de madera con tricapa de protección ecológica contra rayos UV, hongos, humedad, ataques de insectos devoradores de madera. Incluye sustrato de germinación, sustrato para el huerto, 2 charolas blandas de 6 cavidades, 10 variedades de semillas.		\$2400.00

Fuente: Huertos urbanos Querétaro 2021. Disponible en <https://huqro.kyte.site/huertos>

Figura 5. Productos que ofrece proveedor Amazon.

Amazon mx	Contenido	Imagen	Costo
1.1 AeroGarden Harvest Elite	<p>Kit de semillas de hierbas gourmet (6 cápsulas) albahaca genovesa, perejil rizado, eneldo, tomillo, albahaca tailandesa y menta. Nutrido por los productos Miracle Gro Plant Food.</p> <p>Planta a plato: hasta 6 plantas crecen a la vez. Contiene un panel de control de pantalla digital que incluye modo de vacaciones para mantener el cultivo.</p> <p>Luces LED de crecimiento: alto rendimiento, espectro completo de 20W, que ayuda a que las plantas maximicen la fotosíntesis, acelerando el crecimiento.</p>		\$ 3959.00
1.2 AeroGarden Bounty Basic	<p>Incluye Kit de semillas de hierbas gourmet de 9 cápsulas con albahaca, perejil rizado, perejil italiano, tomillo, cebollín, eneldo, menta y nutrientes para la solución.</p> <p>Ideal para una cosecha de variedades grandes (hierbas, ensaladas, tomates, pimientos y más). Contiene un panel de alta resolución con un LED de 30 W de eficiencia energética para un crecimiento rápido y grandes cosechas. La tecnología enciende y apaga la luz recordándote cuándo debes añadir agua y nutrientes a las plantas.</p>		\$6534.00

Fuente: Aerogarden.com disponible en <https://www.amazon.com.mx/>

Insumos:

Sustrato: Esponjas de repuesto para iniciar semillas hechas de turba y coco-coco, totalmente orgánico, favorece el crecimiento rápido de las raíces.

Soporte: Kit de 50 cestas para cultivo.

A través del análisis del entorno tecnológico, se puede observar que la innovación relacionada con la hidroponía y huertos urbanos, tiene como característica principal la adición de mejoras sucesivas y poco sustanciales, principalmente se encuentra en el diseño, de acuerdo con Hellström (2007) señala que la reducción del impacto ambiental es un efecto positivo que pudo haberse pretendido por los inventores en su inicio, mediante la búsqueda de procesos y productos que favorezcan algún factor de la vida humana, como es el caso de la seguridad alimentaria; siendo la hidroponía una alternativa sustentable y segura de producción de alimentos, aprovechando el espacio disponible en la vivienda.

Si separamos las tecnologías en los productos ofrecidos por los proveedores, podemos realizar un análisis de costo inicial por planta producida, cabe señalar que el costo que se proyecta es muy alto en comparación con el costo comercial de las hortalizas, esto se debe a que se está incluyendo el costo del equipo como inversión inicial, a razón de uso el precio se amortiza y el costo unitario de producción disminuye con el tiempo.

Figura 6. Evaluación de costo unitario de plantas en sistema de Hidroponía



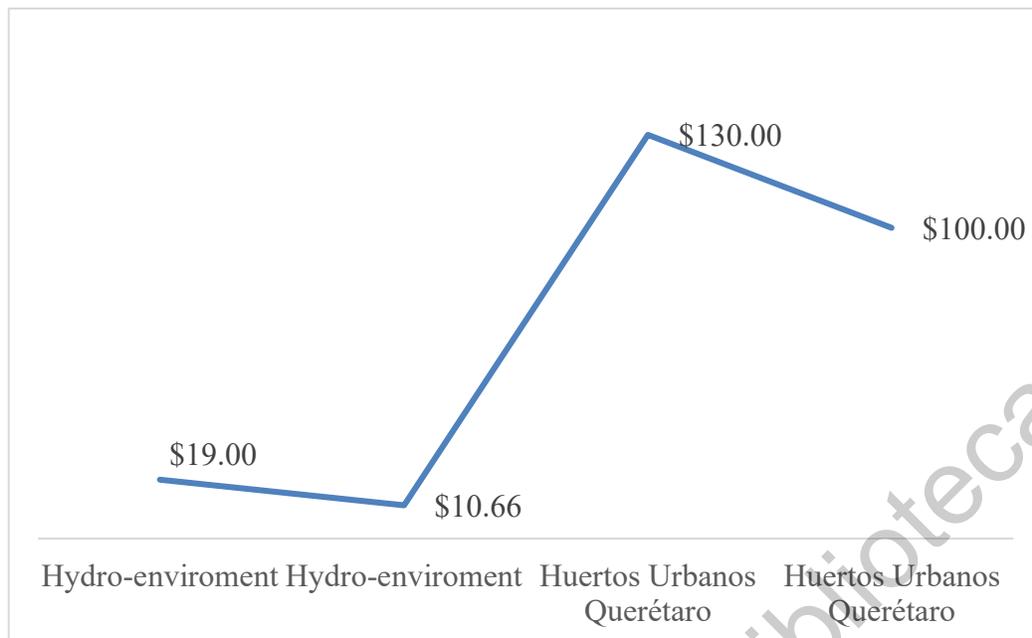
Fuente: Elaboración propia basada en información de proveedores.

Para poder realizar este análisis se consideraron los proveedores que ofrecían sistemas de hidroponía convencionales, como NFT para el caso de Hydro-environment o sistemas con más tecnología como Amazon, sin embargo el principio de funcionamiento para ambos proveedores es el mismo.

El cálculo unitario se realizó dividiendo el costo del sistema entre la capacidad de producción inicial, sin embargo, si se considera la totalidad del sustrato incluido en el paquete que se puede preparar, el costo unitario disminuye a través del tiempo. Para este análisis de comparación de dos tecnologías, se consideró el costo inicial de la primer producción de ambas. Cabe destacar que ambos proveedores ofrecen sus sistemas con todos los aditamentos listos para instalarlos e iniciar el cultivo.

Los sistemas que ofrece Amazon tienen tecnología desarrollada para tener los aerogarden en el interior de las casas, cuentan con luces LED que favorece el crecimiento de las plantas; así como pantalla digital y un sistema de autocuidado en periodos largos incluyendo más tecnología en su desarrollo en comparación con los demás proveedores.

Figura 7. Evaluación de costo unitario de plantas en sistema de Huerto Urbano



Fuente: Elaboración propia basada en información de proveedores.

En el análisis realizado de los proveedores que ofrecen la tecnología de huerto urbano, se encuentran dos costos unitarios totalmente extremos, partiendo de un costo de 11 pesos con el proveedor Hydro-environment hasta un costo unitario de 130 pesos del proveedor Huertos Urbanos Querétaro, esta diferencia se debe a que se incluye en el costo inicial del proveedor Huertos Urbanos el contenedor o huerto de madera la cual tiene un tratamiento especial para soportar la humedad y la exposición al medio ambiente.

El proveedor Hydro-environment ofrece como soporte mecánico para el huerto urbano bolsas de plástico bicolor, cuya función es mantener la tierra fresca, al utilizar este soporte los costos se disminuyen considerablemente, sin embargo no se pueden reutilizar.

La diferencia de costos en entre los dos productos que ofrece Hydro-environment es debido al tipo de sustrato que incluye. En el caso de Huertos Urbanos depende de la capacidad del contenedor.

5.3 Fase 3

5.3.1 Operacionalización de variables cuantitativas

En la tabla 4 se puede observar la operacionalización de variables cuantitativas.

Tabla 4.

Operacionalización de variables cuantitativas.

Crecimiento de lechuga	
Variable	Cuantitativa
Definición conceptual	Documentación de las características de crecimiento a través de fotografía. Evaluación de rendimiento a través del peso post cosecha.
Dimensiones	Peso
Indicadores	Medición por peso (g)

Fuente: Elaboración propia.

Definición conceptual:

La documentación de las características de crecimiento en de las lechugas sembradas en ambas tecnologías de huerto urbano e hidroponía (Sistema NFT y Raíz flotante) se presenta a través de fotografías mostradas en las siguientes figuras: figura 8, figura 9 y figura 10 respectivamente.

Figura 8. Documentación de siembra de lechuga en huerto urbano.

Documentación de Siembra de lechuga en huerto urbano (Mayo – Julio 2020)	
<p>Semana 0 Germinación</p>	 <p>Para germinar se utilizó un foami agrícola marca Oasis. El foami se sumergió en agua y posteriormente se colocó una semilla por orificio.</p> <p>La estructura para el huerto se construyó de madera tratada recubierta de una bolsa de plástico negra con orificios para permitir la filtración del agua.</p>
<p>Semana 2 Desarrollo de plántulas</p>	 <p>Las plántulas de lechuga comenzaron la germinación después de una semana, se tuvo una merma del 10%. En los espacios que no germinaron, se volvieron a plantar las semillas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Documentación de siembra de lechuga en huerto urbano (continuación)

Documentación de Siembra de lechuga en huerto urbano (Mayo – Julio 2020)	
Semana 3 Crecimiento de plántulas	 <p>Las plántulas sembradas se desarrollaron en bicotiledones. Se seleccionaron las plantas más desarrolladas para ser trasplantadas posteriormente.</p>
Semana 4 Lechugas listas para ser plantadas	 <p>El tiempo para que las plántulas pudieran ser sembradas fue de cuatro semanas. Se sabe que las plantas están listas para ser trasplantadas cuando tienen 4 ó 5 hojas verdaderas.</p>
Semana 5	 <p>En la quinta semana se plantaron en el huerto preparado con el sustrato de hojas secas con tierra de monte y fibra de coco.</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Documentación de siembra de lechuga en huerto urbano (continuación)

Documentación de Siembra de lechuga en huerto urbano (Mayo – Julio 2020)	
Semana 5	 <p>En la quinta semana se plantaron en el huerto preparado con el sustrato de hojas secas con tierra de monte y fibra de coco.</p>
Semana 6	 <p>Durante el proceso de crecimiento de las lechugas, se realizaron actividades de poda para mantener las plantas saludables.</p>
Semana 7	 <p>Para favorecer el crecimiento de las plantas se realizó un abono orgánico de té de lentejas. Se vigiló el manejo de plagas en las plantas a través de revisiones visuales.</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Documentación de siembra de lechuga en huerto urbano (continuación)

Documentación de Siembra de lechuga en huerto urbano (Mayo – Julio 2020)	
Semana 8	 <p>Se plantaron las lechugas respetando la distancia para el desarrollo de las plantas (10 cm) entre cada planta.</p>
Semana 9	 <p>Conforme las plantas se desarrollaron el color de las hojas van cambiando como una de las características físicas propias de la especie.</p>
Semana 10	 <p>Se observó al momento de la cosecha que las lechugas que estuvieron en mayor contacto con el luz tuvieron un crecimiento más acelerado.</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Documentación de siembra de lechuga en huerto urbano (continuación)

Documentación de Siembra de lechuga en huerto urbano (Mayo – Julio 2020)	
Semana 11	 <p>En la momento de la cosecha el borde de las hojas era ondulado y de forma oval; de color brillante de acuerdo a la variedad sembrada.</p>

Fuente: elaboración propia.

El sistema se conformó con una cama de madera tratada de 100 x 80 x100 cm. Se colocó una bolsa negra para recubrir la madera, se le hicieron hoyos para permitir el drenado del exceso de agua. Se plantaron 10 lechugas en el área, con una separación de 10 cm entre cada una. Se tuvo una merma del 10%. El riego se realizó diariamente por las noches a manera de goteo para garantizar que las lechugas absorbieran toda la humedad y evitar que se saturen. El sistema fue ubicado debajo de un techo traslucido para protegerlo del calor directo.

El riego se realizó por las noches para evitar el efecto “lupa” con la luz del sol, que provoca que se quemen las hojas de las lechugas.

Es importante cuidar la cantidad de agua durante el riego, debido a que un exceso de líquido puede generar plagas de caracoles, pulgones o que se pudran las raíces.

Figura 9. Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT

Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT (Julio – Septiembre 2020)	
Semana 0 Germinación	
Semana 2 Crecimiento de plántulas.	
Semana 3 y 4 Crecimiento de plántulas	 <p>El proceso de germinación de las lechugas fue el mismo para los tres métodos, el cual está descrito en la Figura 8.</p>
Semana 5 Trasplante a sistema NFT	 <p>Una vez que las lechugas tuvieron las hojas verdaderas y el tamaño adecuado para ser trasplantada, se colocaron en el sistema NFT.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT (continuación)

Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT	
(Julio – Septiembre 2020)	
<p>Semana 6</p> <p>Crecimiento en sistema NFT</p>	 <p>La solución nutritiva utilizada se conformó de 13 sustancias químicas (nitrógeno, potasio, calcio, hierro, cobre, molibdeno, magnesio, manganeso) el principal elemento utilizado fue el nitrógeno (adicionado en nitrato de potasio y nitrato de calcio) ya que éste es necesario para el desarrollo de las hortalizas de hoja verde.</p>
<p>Semana 7</p> <p>Crecimiento en sistema NFT</p>	 <p>Se realizó una poda de hojas secas para permitir el correcto desarrollo de las plantas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT (continuación)

Documentación de siembra de lechuga en sistema NFT (Julio – Septiembre 2020)	
Semana 8 Hortaliza lista para cosecha	 <p>En la octava semana se observó el desarrollo esperado de la lechuga, presentando una textura suave y con coloración roja a morada característica de esta especie.</p>

Fuente: Elaboración propia.

El sistema utilizado consiste en módulos de dos estructuras, cada uno con tres tubos PVC sanitario de 0.152 m de diámetro por 5 m de largo, con 0.250 m de separación entre tubos y 0.8 m entre estructuras, montados sobre bases de madera, a una altura de 0.7 m sobre el piso y con una pendiente aproximadamente de 1° sobre la horizontal. Los ductos cuentan con orificios de 0.04 m de diámetro por 0.25 m de separación. Los tubos que contienen las plantas son alimentados de solución nutritiva la cual es preparada en un tanque el cual recibe la solución después de realizar el trayecto por los tubos y a su vez ésta es bombeada a través de una bomba de recirculación.

Figura 10. Documentación de siembra de lechuga en Raíz Flotante.

Documentación de siembra de lechuga Raíz Flotante (Julio – Septiembre 2020)	
Semana 0 Germinación	
Semana 2 Crecimiento de plántulas	
Semana 3 y 4 Crecimiento de plántulas	 <p>El proceso de germinación de las lechugas fue el mismo para los tres métodos, el cual está descrito en la figura 8.</p>
Semana 5 Trasplante a sistema de Raíz flotante	 <p>Se trasplantaron las plantas una vez que las lechugas contaron con las hojas verdaderas, se colocaron en la cama de unicel.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Documentación de siembra de lechuga en Raíz Flotante. (Continuación)

Documentación de siembra de lechuga Raíz Flotante (Julio – Septiembre 2020)	
Semana 6 Crecimiento de Raíz flotante	 <p>Semanalmente se revisó el crecimiento de la raíz para asegurarse que no estuvieran obstruidas.</p>
Semana 7 Crecimiento en Raíz flotante	 <p>Se realizó una poda de las hojas secas y monitoreo del suministro de las soluciones nutritivas disueltas.</p>
Semana 8 Hortaliza lista para cosecha	 <p>Las lechugas estuvieron listas para cosechar al cabo de ocho semanas, las hojas se tornaron de color rojizo morado característico de esta especie. La forma que tomaron sus hojas fue más cerrada en comparación con las técnicas previamente descritas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

El cultivo de esta técnica se realizó en una casa que cuenta con el espacio y las condiciones técnicas previamente instaladas en la colonia Peñuelas en la ciudad Querétaro. La siembra de esta técnica se realizó en paralelo a la del huerto urbano en la colonia Santiago en la ciudad de Querétaro.

La cama de cultivo se localizó a 20 cm de altura, con un ancho de 1 m y una altura de 10 cm, de los cuales 8 cm se ocupan con agua y 2 cm corresponden al grosor de la plancha de espumaflex (unicel) para soportar las plantas. El largo del cajón es de 3m recubiertos con polietileno negro de 0.2 mm de espesor. El sistema de raíz flotante mantuvo las raíces de las plantas sumergidas en agua con minerales disueltos. El riego diario se realizó a través de una bomba de recirculación con sistemas de tuberías. La oxigenación de la solución nutritiva se realizó diariamente durante 15 minutos dos veces al día con el objetivo de proporcionar oxígeno a las raíces y lograr la absorción de nutrientes para el crecimiento adecuado de las plantas.

A la cosecha de las tres tecnologías se le midió el peso fresco de las lechugas mediante una balanza digital. Se realizó esta medición para que el peso de las hojas y raíces frescas fueran comparables con las lechugas comerciales ya que comúnmente las lechugas hidropónicas se comercializan completas (con raíces). Pudiendo obtener así el rendimiento por planta. El criterio para cosechar fue el tamaño y el peso aproximado del producto. En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 5.

Contraste de peso de lechugas cultivadas en diferentes técnicas de cultivo vs lechuga comercial.

Peso de muestras cosechadas en gramos (g)													
Sistema de cultivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desviación estándar	C.VAR
Huerto urbano	367	282	344	254	272	328	303	342	313	322	312.7	35.349	11
NFT	361	364	375	375	391	381	362	382	361	370	372.2	10.379	3
Raíz flotante	399	408	428	382	380	368	380	377	378	414	391.4	8.030	2
Lechuga hidropónica comercial	241	233	245	233	231	257	246	243	234	243	240.6	62.974	26

Fuente: elaboración propia.

Con base en el análisis de las muestras obtenidas, se obtuvo el coeficiente de variación de los datos, observando que para el caso de huerto urbano se obtuvo un valor de 11%, las sembradas en raíz flotante obtuvieron un 5% y para las técnicas de NFT y la lechuga comercial fue de 3% respectivamente. Se puede concluir con estos valores que los pesos obtenidos tienen una alta confiabilidad. La variación que presenta la cosecha de huerto urbano se puede deber a que para extraer la lechuga con la raíz puede existir mayor error humano o manipulación que modifique el resultado final. En las muestras evaluadas de la lechuga comercial, el peso promedio obtenido fue de 240,6 gramos como se observa en la Tabla 5, resultando tener el peso más bajo con respecto a las demás muestras, sin embargo la variación que presenta es de las más bajas (3%) asumiendo que se tiene un control de calidad en el producto.

Se realizó un análisis de varianza con una prueba de Tukey para evaluar si existen diferencias en el peso de acuerdo a los diferentes tratamientos. Se consideró una $p < 0.05$ para determinar diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 6.

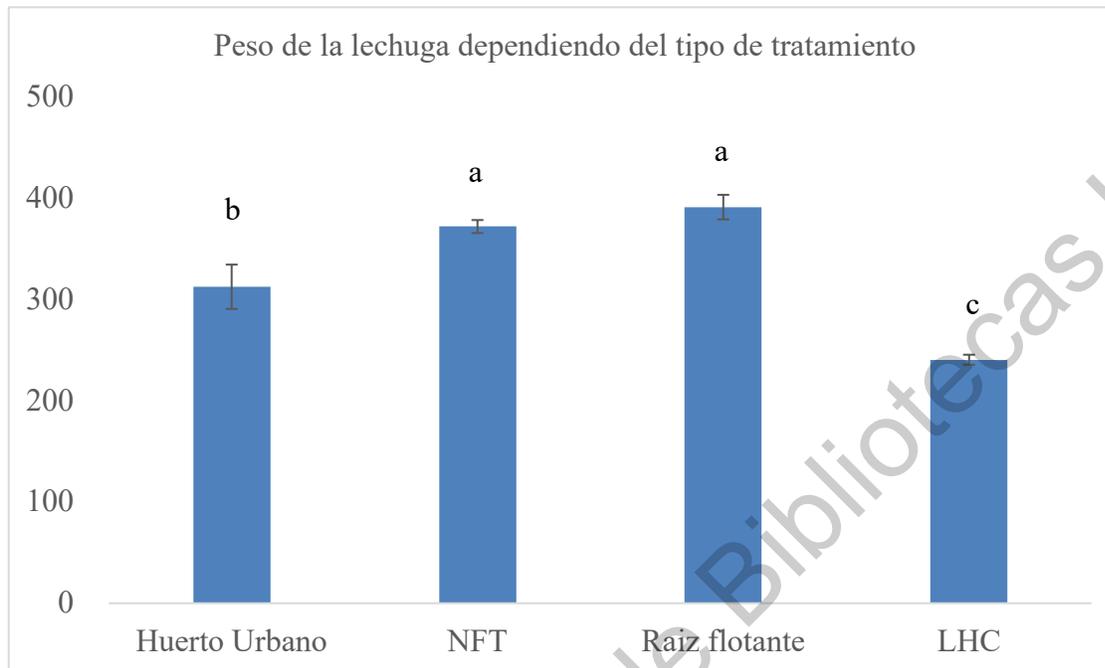
Análisis de varianza para evaluar pesos en diferentes tratamientos ($p < 0.05$).

Técnica de cultivo	N	Promedio	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Límite inferior	Límite superior		
Huerto Urbano	10	312.70	35.349	11.178	287.41	337.99	254	367
NFT	10	372.20	10.379	3.282	364.77	379.63	361	391
Raíz flotante	10	391.40	19.625	6.206	377.36	405.44	368	428
LHC	10	240.60	8.030	2.539	234.86	246.34	231	257
Total	40	329.23	62.974	9.957	309.08	349.37	231	428

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 6 de acuerdo al análisis de varianza, los procedimientos de NFT y Raíz flotante fueron los métodos con un mayor rendimiento, con una media de 372.20 (SD=10.379) y 391.40 (SD=19.625) respectivamente, seguido de Huerto urbano, la lechuga comercial (LHC) fue el método con un menor rendimiento.

Figura 11. Evaluación de variable cuantitativa (peso obtenido en gramos)



Fuente: Elaboración propia.

La técnica que obtuvo un mayor peso promedio en su cultivo fue la de Raíz flotante con un valor de 391.4 gramos (considerando el peso de la raíz). La lechuga en su composición tiene un 95.17% de agua (Morales, J. et al., 1999) el principio de las técnicas de hidroponía de Raíz flotante y NFT es proveer a la planta de los nutrientes necesarios para el crecimiento a través de una solución disuelta en agua, haciendo más fácil su adsorción y aprovechamiento; en contraste con las lechugas cultivadas en huertos urbanos donde los requerimientos de agua son administrados a través del riego pudiendo afectar así el peso final obtenido en esta técnica.

5.3.2 Operacionalización de variables cualitativas

En la Tabla 7 se observan la operacionalización de las variables cualitativas.

Tabla 7.

Operacionalización de variables cualitativas.

Evaluación física de las hortalizas	
Variable	Cualitativa
Definición conceptual	Contraste de calidad de hortaliza obtenida a través de observación, características organolépticas.
Dimensiones	Color Sabor Textura
Indicadores	Evaluación con lechuga comercial.

Fuente: Elaboración propia.

La lechuga es el principal cultivo hidropónico a nivel mundial, es un cultivo que se adapta muy bien a climas frescos y húmedos. La temperatura promedio de crecimiento oscila entre los 15 y 20 °C; razón por la cual es muy representativa de un sistema hidropónico o de huerto urbano con riego constante (Pertierra Lazo, R., & Quispe Gonzabay, J., 2020).

El cultivo se desarrolla entre los 1.800 y 2.800 metros sobre el nivel del mar, con humedad relativa entre 60 y 70%. Las características organolépticas de color, sabor y textura dependen de la luminosidad solar. El requerimiento de luz son 12 horas por día (Montesdeoca, 2008).

De acuerdo a su morfología, la lechuga se caracteriza por ser una hortaliza anual. Su sistema radical, que en general tiene 0.25 m de profundidad, presenta una raíz primaria pivotante, corta y con ramificaciones (Hernández, C.J., 2005).

En la fase inicial o vegetativa la planta presenta un tallo comprimido en el cual se ubican las hojas muy próximas entre sí, generando el hábito de roseta típico de la familia. En general, la forma que presenta es redondeada dependiendo de la variedad. La disposición de las hojas es variable; en algunas formas las hojas se mantienen desplegadas abiertas, y en otras, en cierto momento del desarrollo, las hojas se expresan de tal manera que forman una cabeza o cogollo más o menos consistente y apretado. El tamaño puede variar de 20 a 30 centímetros de diámetro dependiendo de la variedad a la que pertenezcan con un peso promedio de 300 gramos (Hernández, C.J., 2005).

Existe una gran diversidad de lechugas, dadas principalmente por el tipo de hoja y hábitos de crecimiento, de acuerdo con Hernández (2005) las más cultivadas en México son:

- Romana o de cos. (*Lactuca sativa L. var. longifolia* (Lam.) Janchen).
- Mantecosas o españolas (*Lactuca sativa L. var. capitata* (Lam.) Janchen).
- De corte u hojas sueltas (*Lactuca sativa L. var. acephala* Dill).

Dependiendo el tipo de cultivo que se utilizó, las características organolépticas de la lechuga cambiaron; las sembradas en hidroponía (raíz flotante y NFT) presentaron un sabor más dulce y fresco, con mayor cantidad de agua en las hojas con relación a las sembradas en el huerto urbano. Por el contrario, el tamaño es mayor para las sembradas en tierra con respecto a las sembradas en hidroponía, en una relación de 1.5 las de huerto urbano a 1 por las sembradas en hidroponía.

Una de las ventajas que se observaron en el cultivo de hidroponía es que la vida de anaquel fue más larga, para almacenarla se colocó con la raíz envuelta en el foami agrícola dentro del

refrigerador y conservó sus características organolépticas durante 20 días. En contraste, la lechuga sembrada en huerto se cosechó y se guardó en refrigeración, la vida de anaquel que se obtuvo fueron 15 días. Esto se debe a que las raíces envueltas en el foami agrícola mantienen la humedad y los nutrientes, teniendo así una lechuga viva más tiempo.

De acuerdo al análisis realizado en este trabajo de investigación, en la Tabla 8 se muestra la comparación de los modelos tecnológicos de hidroponía y huertos urbanos para el cultivo urbano enfocados en los ejes económico, tecnológico, social y ambiental.

Tabla 8.

Comparación de modelos Tecnológicos para el cultivo urbano.

Ejes de estudio	Huerto urbano	Hidroponía
Económico	<p>El costo de instalación es relativo dependiendo de la complejidad del sistema que se desea. La instalación puede ser sencilla y económica, con una inversión mínima: compra de sustrato y semillas. Utilizando materiales de reciclaje como llantas, huacales, botes, macetas entre otros.</p> <p>Si se cuenta con un presupuesto más elevado, se puede adquirir una instalación más completa que incluya un</p>	<p>La instalación de los sistemas de hidroponía ya sea NFT y raíz flotante tienen un costo más elevado por la infraestructura que requieren: tubos PVC, conexiones, bomba de recirculación de agua, base de soporte de los tubo y tina para preparar la solución nutritiva.</p> <p>Sin embargo si se desea realizar un sistema de hidroponía sencillo, puede</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

Comparación de modelos Tecnológicos para el cultivo urbano (continuación).

Ejes de estudio	Huerto urbano	Hidroponía
Económico	cajón de madera, sustrato y semillas. El cultivo de hortalizas con esta técnica resulta más económico con respecto a la hidroponía.	utilizarse al igual que en los huertos urbanos, materiales para reciclaje como botellas de PET reduciendo los costos de instalación.
Tecnológico	El desarrollo tecnológico utilizado en los huertos urbanos es relativamente bajo, se utilizan estructuras de madera o contenedores con sustrato nutritivo. El mayor desarrollo se realiza en la investigación de las soluciones nutritivas que requieren las plantas para su desarrollo dependiendo de la especie.	La hidroponía ha ido evolucionando en la técnica, se han desarrollado e investigado nuevos sistemas de cultivo que favorezcan el crecimiento de las plantas. El uso de agua como solvente de la solución nutritiva ha permitido experimentar innovaciones aditivas sucesivas a las técnicas existentes principalmente en el área de estructural.
Social	Los huertos urbanos pueden implementarse en cualquier espacio de un hogar, brindando una oportunidad para las familias de convivir y aprender sobre el autoconsumo.	Para implementar la hidroponía se requiere una mayor inversión y conocimiento en contraste con los huertos urbanos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.

Comparación de modelos Tecnológicos para el cultivo urbano (continuación).

Ejes de estudio	Huerto urbano	Hidroponía
Social	<p>En nuestro país, donde tenemos amplias brechas económicas en la sociedad, el tener un huerto en casa nos brinda la oportunidad de producir nuestros propios alimentos ofreciéndonos la posibilidad de tener un ahorro en la canasta básica de los hogares, o simplemente tener el producto disponible sin tener que salir de casa.</p> <p>Anteriormente se pensaba que el cultivar tu propia comida era una actividad para la clase de bajos recursos, sin embargo hoy en día se ha demostrado que ésta es una actividad para todos los estratos ya que la conciencia sobre la seguridad alimentaria, el consumo de productos orgánicos ha permeado a todos los niveles.</p>	<p>Haciendo uso de la tecnología existente, la hidroponía ha evolucionado para poder tener cultivos en los hogares de menor escala; sin embargo los costos son elevados haciéndolo poco accesibles a todos los segmentos de la población.</p> <p>Las bondades que puede brindar este tipo de sistemas es que en un espacio muy reducido puedes tener un cultivo.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Comparación de modelos Tecnológicos para el cultivo urbano (continuación)

Ejes de estudio	Huerto urbano	Hidroponía
Ambiental	<p>La erosión de las tierras, la constante migración de las familias del campo a la ciudad están generando daños irreversibles en el medio ambiente.</p> <p>El uso de técnicas de huerto urbano brinda a la población en general, la oportunidad de tener un espacio “verde” en sus hogares, donde además de ayudar al medio ambiente en hogares, donde además de ayudar al medio ambiente en zonas urbanas generan alimentos.</p>	<p>El uso de hidroponía como técnica de cultivo representa un ahorro en el consumo de agua, produciendo alimentos libres de pesticidas (orgánicos) y con un excelente contenido de nutrientes, ya que la adición de éstos es controlada como parte del proceso de producción.</p> <p>La hidroponía brinda la posibilidad de construir muros verdes que brindan a las ciudades espacios ecológicos, donde además de ayudar al medio ambiente,</p>

Fuente: Elaboración propia.

La evolución de la tecnología en pro de la productividad y de la sustentabilidad nos permite tener hoy la alternativa en nuestros hogares para generar una fuente de alimentos autosostenibles que garanticen la inocuidad y la calidad. Representando a su vez, un apoyo a la economía de las familias.

Los materiales que se pueden utilizar para la aplicación de estas tecnologías son fácilmente localizables dentro de la ciudad, y en muchas ocasiones pueden ser materiales de reuso, reciclaje o adaptaciones a las necesidades de los hogares. Sin embargo, pese a los grandes atributos que ofrecen estas tecnologías; todavía son poco exploradas en las ciudades; quizá una de las principales

razones es que se tiene la idea que el costo de implementación es elevado, quedando fuera del alcance de las personas. Otra razón puede ser que se considera como una técnica altamente especializada y compleja. Si bien, a nivel de producción comercial se debe contar con invernaderos con la más alta tecnología; la práctica en hogares puede implementarse con un costo mínimo y con pocos insumos.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

CONCLUSIONES

La ciudad de Querétaro enfrenta diversas problemáticas, entre las que destaca la explosión demográfica incontrolada, la constante inmigración y la pérdida de espacios de cultivo. El buscar tecnologías que ofrezcan alternativas para generar recursos alimenticios de autoconsumo para la población, que se adapten a las condiciones actuales de la ciudad: espacio, seguridad alimentaria, disponibilidad, apoyo a la economía familiar, sustentabilidad y facilidad de uso debe ser una visión a corto plazo para los ciudadanos.

Los cultivos sin explotación del suelo son una alternativa cuando se tiene una escasez hídrica, que es característica de Querétaro. La hidroponía a nivel mundial es reconocida como una técnica de alta productividad por unidad de superficie, representando un ahorro en el consumo de agua y brindando la oportunidad de cosechar diversas hortalizas durante todo el año.

Los modelos tecnológicos existentes: hidroponía y huertos urbanos son viables de ser utilizados en los hogares de la ciudad de Santiago de Querétaro, existen alternativas de instalación para poder adaptarlos en cualquier nivel socioeconómico, representando una fuente de alimentos para las familias. Como pudimos ver en el análisis de proveedores, la oferta de productos es amplia en precios y en sistemas pudiendo así abarcar un espectro más amplio de consumidores.

Antes de adquirir cualquier sistema, se debe considerar el espacio disponible para realizar esta actividad ya que puede utilizarse desde el traspatio, techo, jardín o ventanas; la única limitante es que tengan acceso a la luz solar para el buen desarrollo de las plantas.

La principal ventaja que presenta la producción de hortalizas en hidroponía o huerto urbano, es la posibilidad de tener mayor control, tanto de las condiciones climáticas como del manejo fitosanitario de los cultivos. Además de que se tiene un menor consumo de agua por kilogramo de producto y una mayor producción por superficie empleada. Una desventaja que presenta es que requiere de una inversión inicial relativamente alta para establecer una unidad de producción.

La hidroponía es un método de cultivo alternativo que puede generar una mayor producción en comparación con los métodos de cultivo tradicionales. Se puede cultivar en cualquier región

del país cualquier tipo de hortalizas sin restricción de espacio o ambiente; sin embargo se debe tener una planeación de cultivo, es decir, en un solo huerto plantar hortalizas de hoja verde que tengan los mismos requerimientos de nutrientes para utilizar sólo un sustrato.

Una de las principales características que ofrece la hidroponía como una tecnología prometedora para la ciudad de Querétaro, es que reduce la cantidad de agua destinada para el riego, la energía utilizada para los procesos y se puede implementar en espacios pequeños, obteniendo mayor densidad de cosecha y puede utilizarse durante todo el año; cumpliendo así con algunas de las características de eficiencia vinculadas a los objetivos de innovación necesarios en los procesos. Estos modelos enfatizan la utilización de una tecnología que genera más valor con menos impacto al ambiente; teniendo como valor intrínseco el bienestar para las familias, garantizando la seguridad alimentaria y a su vez, apoyando la economía de los hogares.

Para las personas que deseen implementar las técnicas de hidroponía o huertos urbanos, el problema no es la falta de información, ya que existen gran número de publicaciones electrónicas e impresas que te ofrecen guías con las características generales y propuestas de implementación; el principal problema radica en la manera en la que se adaptan a las condiciones de vida en cada hogar, el tipo de cultivo que se desee realizar y el mantenimiento a los insumos necesarios.

Utilizando como soporte el conocimiento de los beneficios y el potencial que puede representar la agricultura urbana y con conciencia de la efímera disponibilidad de los recursos naturales, así como la latente necesidad de generar alimentos que ayudan a la nutrición en México, se debe fomentar la agricultura urbana.

De acuerdo con lo establecido por la FAO (Carrasco & Izquierdo, 1996) el cultivo en hidroponía o huertos urbanos favorece la cantidad y calidad de la alimentación en las familias, sin representar algún costo adicional. Fortalecen la economía familiar, pudiendo generar ingresos adicionales o reduciendo el gasto que representa la compra de algunos vegetales en la canasta básica de los alimentos. Se puede crear trabajo en las ciudades o en sectores donde no hay acceso a trabajos estables.

El uso de tecnologías de hidroponía y huertos urbanos ha tomado más relevancia en los últimos años en nuestro País a causa de la situación de salud que se está viviendo, se ha impulsado el uso de estas técnicas de cultivo como una propuesta por parte del gobierno de la Ciudad de México (Secretaría de Medio Ambiente, 2020) para generar alimento sin salir de tu casa convirtiéndose en prosumidores, siendo así autosuficientes y a su vez, ayudar a reducir la tensión y estrés que genera no salir de casa, debido a que el mantenimiento de un huerto familiar funciona a su vez, como terapia ocupacional y brinda satisfacciones, entre las que destaca tener una alimentación más sana.

El cambio de una visión de huerto urbano para sobrevivencia, hacia huerto urbano para complemento, en donde el beneficio sea para la mayoría de la población, no tiene que implicar necesariamente un gasto excesivo en la infraestructura; puede utilizarse instrumentos disponibles en casa, con información o guías sencillas de uso para lograr así, beneficiar a un mayor número de personas. Caldeyro (2006) en su investigación nos habla de un ejemplo de esto, donde en Uruguay los programas de apoyo que fueron implementados para capacitar a más de 500 familias urbanas, para instalar huertas hidropónicas en sus hogares, había impulsado el conocimiento para generar huertas de mayor tamaño aplicando la tecnología adecuada para hacerlo de manera comercial.

El análisis del entorno donde se puede implementar la hidroponía o los huertos urbanos demuestra que se puede dar continuidad a temas sobre los efectos socio-económicos que puede tener la adopción de esta tecnología en los hogares mexicanos, proponiendo así las siguientes líneas de investigación:

- Implementación de huertos urbanos en unidades habitacionales como método de autoconsumo.
- Evaluación del impacto del autoconsumo en las economías familiares.
- Evaluación de adopción tecnológica de un sistema de captación de agua pluvial para su reutilización como sistema de riego para huertos urbanos.
- Investigación de nuevas técnicas para aprovechamiento y eficientización de los principios de hidroponía para la producción de plantas.
- Utilización de la tecnología para la aceleración del crecimiento de las plantas.

REFERENCIAS

- Altisent, J. M. D., & Bethencourt, J. N. (2004). Sistema NGS (New Growing System): un nuevo sistema de cultivo hidropónico. In *Tratado de cultivo sin suelo* (pp. 555-571). Mundi Prensa Libros.
- Amazon México (Marzo 2020). AeroGarden. <https://www.amazon.com.mx/>
- Antillón, L. A. (2008). *Hidroponía. Cultivo sin tierra*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Arundel, A., & Kemp, R. (2009). *Measuring eco-innovation*. United Nations University.
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L. y R. O’Ryan. 2007. Introducción a la economía ambiental (2ª ed.), Madrid. McGraw-Hill. 499 p.
- Baena, E., Botero, C. A., & SUÁREZ, O. M. (2003). Gestión tecnológica y competitividad. *Scientia et technica*, 1(21).
- Banco Mundial. (2019). Población urbana (% del total), Naciones Unidas, perspectivas de la urbanización mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS> consultado 24 agosto 2019
- Barbado, J. L. (2005). Hidroponía, su empresa de cultivos en agua, José Luis Barbado. Microemprendimientos. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=sibur.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=015535>
- Bravo, E. A. (2019). *El marketing y la cuarta revolución industrial*. Madrid, ESIC.
- Calderón, J. P. (2004). Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El Cotidiano*, 20(127), 95-100.
- Caldeyro Stajano, M. (2006). La hidroponía simplificada como tecnología apropiada, para implementar la seguridad alimentaria en la agricultura urbana, programa Uruguay. *Cuadernos del CEAGRO*.
- Carrasco Silva, G., & Izquierdo, J. (1996). La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”). <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/2927>

- Caporal Guarneros, Y. D., GUARNEROS, C., & DELLANIRA, Y. (2017). La agricultura urbana para construir proyectos alternativos alimentarios, ambientales y sociales en los municipios de Puebla, Cuatlancingo y San Andrés Cholula.
- Castañeda, F. (1997). Manual Técnico de Hidroponía Popular (cultivos sin tierra). In Manual técnico de hidroponía popular (cultivos sin tierra) (pp. 67–67). pesquisa.bvsalud.org.
- Castillo Arnedo Suministros Agrícolas.(Enero 2020). Cultivo hidropónico, una tendencia a la alza. <https://www.castilloarnedo.com/cultivo-hidroponico-una-tendencia-al-alza/>
- Céspedes Flores, S. E., & Moreno Sánchez, E. (2010). Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública*, 2(2), 5–13.
- Choez Morales, V. A. (2019). *Cultivando lechuga (Lactuca sativa L.), bajo condiciones de hidroponía con concentraciones crecientes de una solución nutritiva a nivel de invernadero* (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Consejo Nacional de Población (2015), Colección Proyecciones de la Población de México y las Entidades Federativas (2016 – 2050) Querétaro. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Cuadernillos/22_Queretaro/22_QUE.pdf
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2020), consultado en https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Paginas/Informes_Pobreza_Evaluacion_2020.aspx
- Comisión Europea (Dirección general de agricultura). “La agricultura ecológica, Guía sobre la normativa comunitaria”. Oficina de publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo, 2002.
- Contreras, J. S. (1997). Prospectiva tecnológica y consideraciones curriculares en Ingeniería Agrícola. *Ingeniería e Investigación*, (37), 5-12.
- Da Silva, J. S., da Silva Paz, V. P., Soares, T. M., de Almeida, W. F., & Fernandes, J. P. (2018). Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. *Semina: Ciências*

Agrárias, 39(3), 947-962.

- Daza, R. E. L., Gutiérrez, J. A. N., & Narváez, S. R. P. (2018). Implementación de técnicas de agricultura de precisión para el establecimiento de un semillero de cebolla cabezona (*allium cepa*) Pasca-Cundinamarca. *Revista Tecnología Y Productividad*, 4(4), 219-226.
- de Casadevante, J. L. F., & Alonso, N. M. (2012). Nos plantamos! Urbanismo participativo y agricultura urbana en los huertos comunitarios de Madrid. *Hábitat y sociedad*, (4).
- De la Rosa Topete, P., & Herrera Velázquez, (2015) I. A. *La producción hidropónica ¿una alternativa alimentaria en espacios urbanos?*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/24429>
- EnviraIOT. (Junio 2020). Monitorización Meteorológica en Agricultura de Precisión. <https://enviraiot.es/>
- FAO (2012). La agricultura urbana y su contribución a la seguridad alimentaria. Sistematización del proyecto piloto AUP en Honduras. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 32 pp. En: <http://www.fao.org> [Accesado el 29 de enero de 2020]
- FAO (2009). Alimentos para las ciudades. En: <http://www.fao.org/fcit/fcit-home/es/> [Consultado 10 Febrero 2020]
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). Milan Urban Food Policy Pact. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca6144en/> Consultado Julio 2019.
- Fernández, J. A., Niñirola, D., Ochoa, J., López, J., González, A., & Gálvez, A. (2008). Programación de la producción de hortalizas baby leaf en cultivo de bandejas flotantes. *Actas de Horticultura*, 50, 19-25.
- Giurgiu, L. & Bãrsan, G. (2008). The prosumer – core and consequence of the web 2.0 era. *Revista de informatica Sociala*, 5 (9), 53-59. Recuperado de <http://www.ris.uvt.ro/wp-content/uploads/2009/01/giurgiubirsan.pdf>
- González García, H., Salazar Cantú, J. D. J., & Rodríguez Guajardo, R. C. (2012). Contaminación como

uno de los determinantes de la migración: Evidencia para México. *Economía mexicana. Nueva época*, 21(1), 69-92.

Hellström, T. (2007). Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts. *Sustainable development*, 15(3), 148-159.

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

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, R., & Baptista-Lucio, P. (2017). *Selección de la muestra*. (6ª ed.), México. McGraw-Hill.

Huertos urbanos Querétaro. (Julio 2020). <https://huqro.kyte.site/huertos>

Hydro environment, Innovación Agrícola en un Click. (Febrero 2020) www.hydroenv.com.mx

INEGI, (2020a), Resumen de cifras Querétaro. <https://inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=22>

INEGI, (2020a), disponible en

<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/default.aspx?tema=me&e=2>
2 consultado el 01 octubre 2020

Infobae (4 Noviembre 20218). Los secretos innovadores de la hidroponía: la técnica para lograr hortalizas en climas hostiles. <https://www.infobae.com/tendencias/innovacion/2018/11/04/los-secretos-innovadores-de-la-hidroponia-la-tecnica-para-lograr-hortalizas-en-climas-hostiles/>

Jensen, M. H. (1997, May). Hydroponics worldwide. In *International Symposium on Growing Media and Hydroponics 481* (pp. 719-730).

Krarp, C. (1998). Moreira. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural.

Kurashina, Y., Yamashita, T., Kurabayashi, S., Takemura, K., & Ando, K. (2019). Growth control of leaf lettuce with exposure to underwater ultrasound and dissolved oxygen supersaturation. *Ultrasonics sonochemistry*, 51, 292-297.

Joachim von Braun, M. S., & Rosegrant, M. W. (2004). *Agricultura, seguridad alimentaria, nutrición*

y los objetivos de desarrollo del milenio. Intl Food Policy Res Inst.

- Luna Daza, R. E., Niño Gutiérrez, J. A., & Padilla Narváez, S. R. (1). Implementación de técnicas de agricultura de precisión para el establecimiento de un semillero de cebolla cabezona (*allium cepa*) Pasca-Cundinamarca. *Revista Tecnología Y Productividad*, 4(4), 219-226. <https://doi.org/10.23850/24632465.2345>
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). *La Huerta Hidroponica Popular (Curso audiovisual)*. FAO-regional Office.
- Mehra, Manav, et al. "IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks." *Computers and electronics in agriculture* 155 (2018): 473-486.
- Mortán, Rodríguez M. 2017, Puentes solidarios entre productores y consumidores: Prosumidores, Leisa. *Revista de Agroecología*, 33(4). Perú. Edición Latinoamericana.
- Morales, J., Babinsky, V., Bourges, H., & Camacho, M. (1999). *Tablas de composición de alimentos mexicanos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán*. Mexico DF.: Instituto Nacional de Nutrición.
- Municipio de Querétaro. (2020). Beneficia Municipio de Querétaro a mil 800 familias con Huertos Familiares. <https://municipiodequeretaro.gob.mx/beneficia-municipio-de-queretaro-a-mil-800-familias-con-huertos-familiares/>
- Municipio de Querétaro (2015). Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015. <https://municipiodequeretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/Atlas-de-Riesgos-de-Queretaro.pdf>
- Pérez Soto, F, Figueroa Hernández, E., Godínez Montoya, L. García Nuñez R. & Rocha Quiroz, J. (2018) Sistemas de Producción y Cultivos Agrícolas en México. pp 132-133
- Pertierra Lazo, R., & Quispe Gonzabay, J. (2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1), 118-130.

- Rojas, F. R., Brito, M. L., & Rojas, F. M. (2016, November). Agricultura de precisión con sensores inalámbricos. In *Memorias de Congresos UTP* (pp. 8-11).
- Resh, H. M. (1997). Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción: una guía completa de los métodos actuales de cultivo sin suelo para técnicos y agricultores profesionales, así como para los aficionados especializados. Mundi-Prensa.
- Rojas, F. R., Brito, M. L., & Rojas, F. M. (2016). Agricultura de precisión con sensores inalámbricos. *Memorias de Congresos UTP*, 8–11.
- Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., & López-Cruz, I. L. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 177-183.
- Samperio Ruiz, G. (1999). Hidroponía comercial (No. 631.5 S267h). sidalc.net. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=siap.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=0057>
17
- Samperio Ruiz, G. (2004). Un paso más en la hidroponía (No. 631.5 S267u). sidalc.net. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=siap.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=0057>
16
- Secretaría del Medio Ambiente (2008). *Bases de Diagnóstico: Identificación de Zonas Susceptibles a la Erosión en el Estado de México*. Dirección General de prevención y control de la contaminación atmosférica. México, D.F.
- Secretaría de medio Ambiente (2020). *Guía rápida para huertos urbanos familiares Sin salir de casa*. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/GuiaHuertosUrbanosFamiliares.pdf>
- Soep, E. (febrero, 2012). Generación y recreación de contenidos digitales por los jóvenes: implicaciones para la alfabetización mediática. *Revista digital la educación*, 145, 93-100. Recuperado de <http://revistacomunicar.wordpress.com/2012/02/29/generacion-y-recreacion-de-contenidosdigitales-por-los-jovenes-implicaciones-para-la-alfabetizacion-mediatica/>

- Solis, V. A (2016), Apuntes de horticultura avanzada, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2021). Fundamentos de Fisiología Vegetal – (6ªed). Artmed Editora.
- Toffler, A. (1980). *La tercera ola*. Bogotá: Plaza & Janes. S.A.
- Torres, A. E. O. (2019). *Producción de hidropónica de jitomate, pimiento y pepino en sustrato de fibra de coco y acrilato de potasio*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1264?mode=full>
- Urrestarazu Gavilán, M. (2004). Tratado de cultivo sin suelo. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UAA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004158>
- Velasco Hernández, E., & Angel, R. N. (2011). *Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero* (No. 635.642 V541c Ej. 1). Mundi Prensa.
- Villavicencio Valdez, G., Suzán Azpiri, H., Ribeiro Palacios, M., & Altieri, M. A. (2015). Construyendo resiliencia socioecológica en huertos urbanos y periurbanos en Querétaro; adaptaciones urbanas ante el desafío de la soberanía alimentaria y el cambio climático. In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata)*..
- Zhang, L., Dabipi, I. K., Brown, W. L., & Hassan, Q. (2018). Internet of Things applications for agriculture. In *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications* (pp. 507-528). Wiley.
- 3Dnatives (Junio 2020)Webinar: Impresión 3D a gran escala en los sectores industriales <https://www.3dnatives.com/es/>