

LA HIDROPONIA COMO PROYECTOS EMPRENDEDORES DE TECNOLOGÍA APLICADA PARA DAR SUSTENTABILIDAD A LA AGRICULTURA URBANA

Felipe de Jesús Cruz Celis

Universidad del Istmo

Héctor Montiel Campos

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Abstract

The urban agriculture is a task that is becoming more and more usual, due to the demographic growth of the cities, since it allows having foods and employment, and at the same time it is potential source of business opportunities. The purpose of this communication is to outline the sustainability in the urban agriculture by means of the use of the hydroponics technology for the agricultural production. The diagnosis criteria and indicators of sustainability are determined through a methodology of documental investigation and interviews with experts, which make of the hydroponics an option to produce foods in reduced spaces. The results indicate that the urban agriculture for its space environment presents limited scale possibilities to evolve toward the formal market, but it can respond to the necessities of family self-consumption and the improvement of nutritional foods and of better quality.

Keywords: *urban agriculture; hydroponics; agriculture technology; technology entrepreneurship; sustainable development*

Resumen

La agricultura urbana es una tarea que se está haciendo cada vez más usual, debido al crecimiento demográfico de las ciudades, ya que permite disponer de alimentos y empleo, y al mismo tiempo es fuente potencial de oportunidades de negocio. El propósito de esta comunicación es el de plantear la sustentabilidad en la agricultura urbana mediante el uso de la tecnología hidropónica para la producción agrícola. A través de una metodología de investigación documental y de entrevistas con expertos, se determinan los criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad, que hacen de la hidroponía una opción para producir alimentos en espacios reducidos. Los resultados indican que la agricultura urbana por su ámbito de espacio presenta limitadas posibilidades de escala para evolucionar hacia el mercado formal, pero sí puede responder a las necesidades de autoconsumo familiar y al mejoramiento de alimentos nutricionales y de mejor calidad.

Palabras clave: *agricultura urbana; hidroponía; tecnología aplicada; emprendimiento tecnológico; desarrollo sustentable*

1. Introducción

Acabar con el flagelo del hambre es uno de los mayores retos que la humanidad debe afrontar en los umbrales del siglo XXI. Con una población mundial que está previsto llegue a los 8.000 millones en el año 2050, nuestro planeta tendrá que alimentar alrededor de 1.500 millones de personas más. Es por ello que se hace necesario intensificar y optimizar la producción de alimentos. Sin embargo, los recursos naturales sobre los que se basa la agricultura son limitados o están sometidos a un proceso de erosión creciente.

Jacques Diouf (2006) menciona que la crisis alimentaria provocada por el alza en el precio de los alimentos disparó el número de pobres a nivel mundial. El análisis señala que en cuatro años aumentó a 75 millones el número de pobres en el mundo, en tanto que 923 millones padecen hambre, de los cuales 907 millones viven en países en vías de desarrollo. Antes de la subida de precios en los años 2007 y 2008, las personas desnutridas eran 850 millones, pero tan solo en 2007 esta cifra ha aumentado en 75 millones.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1996) (FAO, por sus siglas en inglés) las proyecciones, para el año 2025, 1.800 millones de personas vivirán en países o regiones con absoluta escasez de agua, y dos tercios de la población mundial podrían sufrir dificultades en su acceso al recurso. En los países desarrollados, el 70% de los desechos industriales se eliminan sin tratamiento del agua, y contaminan el suministro utilizable de agua. Desde el año 1900, se ha perdido la mitad de las tierras húmedas del mundo, nuestra principal fuente de agua dulce, por lo que es decisivo poner fin al deterioro de los ecosistemas de tierras húmedas a fin de garantizar un suministro estable de agua para el hogar, la agricultura y la industria (Mellor, 2001).

En esta perspectiva, la seguridad alimentaria ha adquirido mayor importancia en los últimos años y ha sido definida por el Banco Mundial (1986) como el acceso de todas las personas, en todo momento, ha alimentos suficientes para una vida activa sana. Una de las claves para afrontar el futuro con éxito es la conservación y el uso sostenible de los recursos vegetales para la agricultura y la alimentación. La hidroponía o agricultura hidropónica es una alternativa en este sentido, ya que es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en lugar de suelo agrícola. Las productividades potenciales de los cultivos hidropónicos, cuando son realizados en condiciones tecnológicas óptimas, son superiores a las obtenidas mediante el sistema tradicional de cultivo hortícola (George, 2004).

La hidroponía permite, con un reducido consumo de agua y pequeños trabajos físicos, pero con mucha dedicación y constancia, producir hortalizas frescas, sanas y abundantes en pequeños espacios de las viviendas, aprovechando en muchas ocasiones elementos desechados, que de no ser utilizados causarían contaminación (Mougeot, 2006). Es así, como surge el concepto de la Agricultura Urbana (AU), en donde se aprovecha productivamente parte del tiempo libre del que siempre disponen algunos miembros de la familia y que, por lo general, es desaprovechado en actividades que poco contribuyen al desarrollo y la proyección del núcleo familiar. La AU es la práctica de una agricultura dentro o en los alrededores del área urbana. La tierra usada puede ser privada residencial, balcones, paredes o techos de edificios, calles públicas o bordes de ríos (Torees, 2000).

Según Méndez, Ramírez y Alzate (2005), la AU se practica para actividades de producción de alimentos. Contribuye a la seguridad alimentaria con alimentos seguros de dos maneras: incrementando la cantidad de alimentos disponibles para los habitantes de ciudades, y segundo provee vegetales y frutos frescos para los consumidores urbanos. Estas iniciativas emprendedoras a través de los proyectos de AU, pueden llegar a fortalecer las economías locales, ya sea por la creación de fuentes de trabajo o por evitar la subcontratación de trabajos. Desde este punto de vista, la AU es una alternativa bienvenida y, tal vez, incluso inevitable.

Es en el marco de esta realidad, donde se circunscribe el propósito de esta comunicación, siendo el de plantear la sustentabilidad de la AU mediante el uso de la tecnología hidropónica para la producción agrícola. Para el logro de esto, es necesario determinar criterios e indicadores de sustentabilidad que permitan considerar la AU como una alternativa respetuosa del medio ambiente.

El trabajo se presenta como sigue: Después de la introducción, se desarrolla el marco teórico, en donde se abordan los principales conceptos y teorías de esta investigación. Posteriormente, se presenta la propuesta metodológica, para que una vez hecho esto, se muestre el detalle de los resultados de la investigación. En una parte final, se comentan las principales conclusiones del estudio, las cuales reflejan la madurez posterior a la realización del mismo.

2. Marco teórico

El concepto de AU tiene diferentes acepciones; se exponen algunas de ellas. De acuerdo con la FAO (1999), la expresión AU, se refiere a pequeñas superficies (por ejemplo, solares, huertos, márgenes, terrazas, recipientes) situadas dentro de una ciudad y destinadas a la producción de cultivos y la cría de ganado menor o vacas lecheras para el consumo propio o para la venta en mercados de la vecindad. Torres (2000) define la AU, como la producción en pequeña escala de alimentos de origen vegetal y animal en áreas intraurbanas (comunidades, barrios vecindarios). De acuerdo con este autor, la agricultura intraurbana puede hacer uso de lotes baldíos, jardines, azoteas y macetas para la obtención de alimentos. De igual modo, Figueroa e Izquierdo (2002) comentan la propuesta de la Red de Agricultura Urbana de Investigaciones Latinoamericanas (AGUILA), quien define la AU como la obtención de productos alimenticios mediante cultivos, forraje, silvicultura y acuicultura, dentro de zonas urbanas y en áreas marginales, para mejorar la nutrición de grupos de población, generando empleos e ingresos para los individuos o grupos de individuos, ayudando al saneamiento ambiental a través del reciclaje de aguas y sólidos de desecho. Como se puede apreciar, la AU aprovecha imaginativamente cualquier espacio disponible, bien sea cubierto o libre exposición. En cuanto a la producción vegetal, ésta puede ser practicada directamente en el suelo o donde la creatividad lo sugiera.

A comienzos de los años treinta del siglo pasado, El catedrático Gericke de la Universidad de California llamó a este sistema hidroponía y esta técnica puede ser definida como la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo aunque usando un medio inerte como la grava, tezontle, piedra pómez, etc. Gericke (1930) cultivó vegetales en hidroponía, demostrando su utilidad y proveyendo alimentos para las tropas norteamericanas estacionadas en las islas incultivables del pacífico a comienzos de 1940.

A partir de lo anterior, nos podríamos plantear si se necesita alta tecnología para este tipo de producción, sin embargo, la respuesta es no, ya que cualquier lugar puede ser apropiado para cultivar, pudiendo ser azoteas, patios y jardines; con la producción sin suelo se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad, y se asegura un uso más eficiente del agua y busca más rendimientos por unidad de área, por eso, hoy en día la hidroponía es el método más intensivo de producción hortícola.

Bar-Yosef, Mattson y Lieth (2009), establecen que para dedicarse a cultivar hortalizas, flores o frutos con hidroponía, es necesario conocer los sistemas que se pueden emplear. En este sentido, estos autores proponen dos sistemas para realizar la hidroponía. El primero de ellos se conoce como el cultivo en agua. En este sistema, las plantas viven directamente en el agua, en la que se han disuelto los nutrientes, que están en contacto con las raíces de la planta. El agua es oxigenada previamente para evitar que las plantas sufran por falta de oxígeno y mueran. El segundo sistema se refiere al cultivo con sustrato. Aquí las plantas crecen en un material sólido, inerte y libre de nutrientes que es el sustrato. Este sustrato

ayuda a fijar a la raíz de planta sirviéndole de sostén. Los nutrientes son disueltos en el agua, que al circular por el sustrato, entra en contacto con la raíces de las plantas. El sustrato guarda el aire y la humedad, y debe de tener un buen drenaje para eliminar el exceso de agua y de nutrientes. Este sistema es el más recomendado por los agricultores.

Los sistemas hidropónicos en agua son los sistemas hidropónicos por excelencia, puesto que las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva. Esta es básicamente la diferencia de los sistemas con agregados, ya que aquí las raíces crecen y se desarrollan en sustratos inertes y la solución nutritiva fluye entre las partículas del sustrato humedeciendo las raíces.

Dentro del contexto de la llamada AU, la hidroponía puede ser muy bien aplicada en las ciudades con tecnologías más sencillas y de bajo costo. Principalmente en zonas de escasos recursos, como una manera de incentivar el autoconsumo de hortalizas y de apoyar el ingreso familiar a través del autoempleo en las propias viviendas o en los centros comunales. Entre el sistema agro urbano se destacan los hidropónicos por ofrecer mejores perspectivas en la generación de empleos. Debido a los evidentes y rápidos resultados que se logran, la hidroponía social o popular ha demostrado ser una opción casi única en los diferentes países latinoamericanos (Caldeyro, 2003).

Se puede decir que los sustratos son fáciles de obtener, no son caros, además de que muchos materiales pueden ser utilizados como sustratos y según el origen de los materiales se pueden clasificar en materiales orgánicos e inorgánicos (minerales), transformados o tratados, y residuos y subproductos industriales (Barbado, 2005).

El reto que debe enfrentar la agricultura para lograr el aumento de la producción en las tierras que hoy se están explotando, es cada vez más apremiante de manera que el uso de la tecnología hidropónica para la producción agrícola busca la sustentabilidad en la AU. Este desafío hace que los encargados de tomar las decisiones en la rama agrícola busquen, cada vez más, mecanismos que permitan valorar la sustentabilidad de los agro ecosistemas.

Desde el año 1991, la Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe (FAO/RLC), ha tenido una activa labor en el desarrollo y difusión sobre los usos de la Hidroponía Simplificada (HS), como parte de una estrategia de seguridad alimentaria, para poblaciones de escasos recursos, en áreas urbanas y rurales.

Conceptualmente, la HS es una rama de baja inversión dentro de la hidroponía, que ha sido desarrollada en América Latina. Rodríguez et al. (2004), manejan los conceptos generales de hidroponía, pero presenta diferencias con la Hidroponía de Alta Tecnología (HAT), utilizada en Estados Unidos, Europa y Australia, como se presenta a continuación:

Hidroponía de Alta Tecnología. Está orientada al mercado, para maximizar la relación costo/beneficio del empresario, por la venta de su producción. Emplea alta tecnología e inversión, con poca mano de obra. Se ubica en áreas rurales.

Hidroponía Simplificada. Su objetivo principal es que la familia pueda autoalimentarse y generar algún pequeño ingreso. Se adapta a poblaciones con pocos recursos, ya que emplea una tecnología sencilla, requiere poca inversión y utiliza mano de obra familiar. Generalmente es urbana o peri-urbana, aunque también se puede utilizar en zonas rurales.

En relación a la HS, Rodríguez et al. (2004) señalan las siguientes cualidades:

- Es una técnica de bajo costo y no requiere conocimientos previos y rápidamente se obtienen resultados concretos, para producir vegetales en espacios limitados urbanos y periurbanos.
- Permite producir vegetales “sin tierra” y en escaso “espacio físico”, se realiza en recipientes con agua o en sustratos naturales de bajo costo (graba, tezontle, piedra pómez, etc.). Permite cultivar una muy amplia variedad de vegetales, por ejemplo,

lechugas, tomates, zanahorias, apio, pepino, perejil, rabanitos, melones, fresas, flores, plantas aromáticas y medicinales, etc.

- Permite usar materiales reciclados para construir los contenedores, volviendo útiles materiales desechados. Por ejemplo, maderas, envases desechables.
- Es una tecnología ideal para la producción de alimentos en el área urbana y suburbana. Cuenta con la excepcional ventaja de poder utilizar espacios, que hasta el presente no pudieron ser concebidos, para la producción de alimentos (patios, pequeños jardines, pasillos, balcones, azoteas).
- Elevada eficiencia del uso del agua de riego, pero requiere disponibilidad de agua potable.
- Generación de ingreso por la venta directa, en microempresas familiares o comunitarias.
- Permite producir alimentos de alta calidad e inocuos para la salud. Las frutas y verduras son de alto valor biológico y alimenticio. Al ser cultivado a nivel familiar, se cosecha en el momento de uso, por lo que el producto está fresco y conserva todas las propiedades nutritivas y medicinales intactas. Otra ventaja que posee para los asentamientos urbanos, es que nos permite cultivar fuera del suelo, sin contaminaciones microbiológicas e inocuas (sanos). Para poder asegurar la inocuidad del producto final, es esencial cultivar con agua potable y/o agua de lluvia limpia.

La tecnología agrícola es específica para cada localidad, debido a los efectos combinados de tipo de suelo, clima, disponibilidad de mano de obra, infraestructura y acceso a mercados. Lo anterior dificulta la difusión de tecnologías para la agricultura en amplios territorios, lo que encarece el proceso de innovación tecnológica y hace lenta la puesta en uso de nuevas tecnologías. En todo caso, los objetivos de introducir una nueva tecnología o un paquete de tecnologías en una región agrícola, pueden ser diversos. En la mayoría de casos se desea mejorar la productividad de un cultivo o sistema de cultivos, o resolver un problema de calidad, o introducir un nuevo cultivo.

En este orden de ideas, la ciencia agrícola presenta diversos retos para hacer frente a las actuales dificultades. A continuación se exponen algunas de ellas:

a. El crecimiento de la población. El rápido crecimiento de la población, especialmente en los últimos 200 años, se debe a la disminución en la tasa de mortalidad y no al crecimiento de la tasa de nacimientos (Castellanos et al., 2003). Ahora, siendo la disponibilidad de tierra finita, los aumentos en la producción de alimentos deberán originarse de aumentos en la productividad.

b. Condiciones cambiantes en el clima. González y Velasco (2008) manifiestan que el cambio climático afectará los rendimientos y manejo de los cultivos agrícolas. Se estima que para el año 2050 la temperatura media aumentaría 1.5 °C, y al 2100 entre 1.0 y 3.5 °C. Los cambios en las temperaturas acarrearán oposiciones en la adaptación de los cultivos, cuya dimensión y dirección aún no conocemos en forma precisa. Las plantas reaccionan a los cambios en la temperatura. Es previsible que ocurran cambios en los patrones de lluvia, acrecentándose en unas regiones y disminuyendo en otras, lo cual afecta la adaptación de los cultivos y la calidad de los productos.

c. Crisis de la energía. En una economía de mercado el precio de los productos energéticos, tales como el petróleo, el gas o la electricidad se comportan según un principio de oferta y demanda que puede ocasionar cambios repentinos en el precio de la energía cuando cambia la oferta o la demanda. Se habla y escribe acerca de los combustibles no fósiles producidos por la agricultura. Las ciencias agrícolas serán útiles sobre la disponibilidad de agua y sobre la producción de alimentos. La producción de etanol o aceite

diesel a partir de plantas perennes también muestra un futuro promisorio (Gomiero, Paoletti y Pimentel, 2008).

d. Intensificación del comercio mundial. Se estima que 2,500 millones de personas de países en desarrollo dependen de la agricultura para su subsistencia (FAO, 2004). Para muchos de ellos, la venta de productos agrícolas o el empleo en la producción y elaboración de dichos productos para la exportación representan su única fuente de ingresos en efectivo. El aumento en el valor de la producción agrícola, sólo puede hacerse si se aumenta el valor agregado de tipo tecnológico. Un comercio internacional aumentado, es una oportunidad para aumentar la producción agrícola del país, generando mayores ingresos para la población.

e. El número de adultos mayores se multiplica exponencialmente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el número de adultos mayores se multiplica exponencialmente en directa relación con el aumento de la esperanza de vida. Así, se calcula que la proporción de adultos mayores crecerá casi el doble en las Américas entre los años 1997 y 2025, pasando del 8% al 13% y la esperanza de vida de 73 a 77 años. Por cierto, la esperanza de vida en promedio puede aumentar todavía algunos años, de manera que la población de esta edad en el mundo puede crecer en 814 millones para el año 2025 y de 1459 millones para el año 2050.

f. Escases de agua. Según el Protocolo Mundial del Agua (PME), En la actualidad, 500 millones de personas alrededor del mundo padecen escasez casi total de agua potable y se estima que llegarán a 2500 millones en el año 2025. Si no se toman medidas para revertir la tendencia, una de cada tres personas estará viviendo en un país con escasez de agua potable.

Las reflexiones anteriores, nos llevan a concluir que el desarrollo, adquisición y uso de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos en la agricultura, es esencial para garantizar la seguridad alimentaria y facilitar el desarrollo urbano y rural. En relación con esto se ha planteado que la agricultura hidropónica presenta ventajas importantes en la búsqueda de la sustentabilidad en la agricultura urbana y del uso de la tecnología hidropónica para la producción agrícola.

3. Metodología

Para lograr con éxito el desarrollo del presente proyecto, se utilizó un enfoque cuantitativo y cualitativo, tanto en la investigación documental como en la investigación de campo, mismas que se llevaron a cabo en la ciudad de Puebla, México. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

1. Se realizó investigación documental como una variante de la investigación científica, cuyo objetivo fundamental fue el análisis de diferentes fenómenos hidropónicos y de sustentabilidad, que directa o indirectamente, aporten la información. La investigación documental marcó una estrategia donde se observó y reflexionó sistemáticamente sobre realidades (teóricas) usando para ello diferentes tipos de documentos (Gummesson, 1991). Se indagó e interpretaron datos e informaciones sobre emprendimiento y sustentabilidad a la agricultura urbana de cualquier ciencia, utilizando para ello, una metódica de análisis; teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica (Bryman y Burgess, 1994). La investigación documental se caracterizó por la utilización de procedimientos lógicos y mentales; análisis, síntesis, deducción, inducción, etc., en un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental (Patton, 2001). Esto permitió redescubrir hechos, sugerir problemas, orientar hacia otras fuentes de investigación, orientar formas para elaborar instrumentos de investigación, elaborar hipótesis, etc. Esta investigación se realizó de forma ordenada y con

objetivos precisos, con la finalidad de ser base a la construcción de conocimientos. Es decir, se realizó una investigación bibliográfica especializada para producir nuevos asientos bibliográficos sobre el particular.

2. Se generó un cuestionario enfocado en la búsqueda de la sustentabilidad en la agricultura urbana e impacto del uso de la tecnología hidropónica para la producción agrícola. Para recoger información de los personas se elaboró un cuestionario con el fin de poder estructurar la información recibida de los entrevistados y poder tener información homogénea y reflexiva, teniendo presente que lo que no está correctamente formulado es imposible solucionarlo después. El cuestionario fue de tipo no estructurado por que fueron preguntas generales, centradas en la hidroponia y nos permitieron libertad en la formulación de la pregunta, y también nos permitieron usar el orden de acuerdo al nivel del entrevistado, pero siempre planteando hechos correlacionados con la metodología establecida para no perder el objetivo (Holstein y Gubrium, 1995) . Las preguntas fueron lo más cortas posibles y fluidas, las preguntas fueron neutras y concretas invitando a la colaboración, en un tono amable dentro del contexto hidropónico. Las preguntas fueron de tipo abiertas y mixtas con el fin de que el entrevistado tenga libertad para contestar con sus propias palabras, pero bien agrupadas para poder codificarlas.

3. Entrevistamos a un experto en el área de hidroponia, a un experto en desarrollo sustentable en zonas urbanas y a un experto en servicios para la agricultura intensiva. Las entrevistas se utilizaron para recabar información en forma verbal, a través de preguntas propuestas en el cuestionario. Quienes respondieron fueron expertos en tres áreas, los cuales son personas profesionales en su área correspondiente. Los entrevistados proporcionaron información útil para el desarrollo del tema de sustentabilidad en la agricultura urbana. Las entrevistas fueron de forma individual, esta técnica fue significativa y productiva ya que se pudo intercambiar información cara a cara y dicha información sirvió para concluir en el tema y también se recibieron consejos para fortalecer la investigación. Por otra parte, la entrevista fue una oportunidad para establecer una corriente de simpatía la cual es fundamental para fortalecer la investigación.

4. La preparación para esta investigación fue fundamental, por lo que se tomó un curso con el objetivo de conocer y aplicar los elementos básicos que constituyen la técnica hidropónica y conocer las condiciones elementales para el manejo agronómico de la producción de plántula. El curso presento 8 módulos: 1. Introducción a la hidroponia, 2. Características de los invernaderos, 3. Manejo agronómico de algunos cultivos en la producción de plántula. 4. Manejo sanitario de los cultivos hidropónicos, 5. Nutrición, 6. Manejo agronómico de algunos cultivos desde germinación, plántula, 7. Manejo del cultivo de jitomate en hidroponia, 8. Ejercicios en el invernadero.

5. Finalmente, se analizó la bibliografía seleccionada y las respuestas del cuestionario en las entrevistas con el fin de generar resultados y poder concluir si la hidroponia contribuye como herramienta a la sustentabilidad en la agricultura urbana y si contribuye en la producción agrícola. En el análisis de la lógica de los artículos encontrados, se hizo entendiendo la correlación de las estructuras de los artículos, siguiendo el pensamiento del autor (Langley, 1999).

4. Resultados

La hidroponia contribuye al mejoramiento de la disponibilidad de alimentos nutricionales de mejor calidad, además brinda la opción de producir alimentos en espacios reducidos, la agricultura urbana es claramente una estrategia exitosa para amortiguar el impacto de la crisis económica en el estado nutricional de grupos socioeconómicos bajos. También, estimula el fortalecimiento de la educación, sensibilización y participación en la problemática de la seguridad alimentaria y nutricional de la población. Además cumple con el objetivo

general del Programa de Coinversión Social (PCS) en contribuir a la generación de capital social a través del fortalecimiento de actores sociales.

Por otra parte, es importante señalar también que la HS podría contribuir a mejorar la provisión y distribución de alimentos en las ciudades y la reducción de costos en el transporte de alimentos desde las zonas rurales. La agricultura urbana por su ámbito de espacio presenta limitadas posibilidades de escala para evolucionar hacia el mercado formal, pero sí puede responder a las necesidades de autoconsumo familiar y ofertar productos en el contexto de un mercado informal.

En la Tabla 1 se presentan los indicadores que se seleccionaron para evaluar la sustentabilidad de la hidroponía como proyectos emprendedores de tecnología aplicada para dar sustentabilidad a la agricultura urbana, el método de medición, el instrumento utilizado para obtener la información y el horizonte al que pertenecen. Los criterios de diagnóstico describen los atributos generales de sustentabilidad. Constituyen el lazo necesario entre atributos, puntos críticos e indicadores, con el fin de que los últimos permitan evaluar de manera efectiva y coherente la sustentabilidad del sistema. Un indicador describe un proceso específico o un proceso de control (Masera, Astier y López 1999).

La selección de los criterios de diagnóstico e indicadores, partió de la definición de los puntos críticos. Su definición se hizo tratando de cubrir los tres horizontes en que se involucra la sustentabilidad (ecológica, social y económica) y tomando como base el principal problema de los sistemas. Se seleccionaron los indicadores más representativos y estratégicos para el caso de estudio. Se seleccionaron trece criterios de diagnóstico y doce indicadores estratégicos; cinco de la dimensión ecológica, seis de la dimensión social y dos de la dimensión económica. En la Tabla 1 se presentan los indicadores que se seleccionaron para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de estudio, el método de medición, el instrumento utilizado para obtener la información y el horizonte al que pertenecen.

Con estos criterios de diagnóstico se puede decir que se satisfacen las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras. Por tal motivo cualquier intervención en la agricultura urbana debe considerarse como fundamental la preservación de los recursos naturales, con el objeto de generar modelos de explotación racional y eficiente de estos. Teniendo como fin último lograr incidir en cuestiones como la equidad y justicia en la distribución de la riqueza, el desarrollo económico, la producción y el consumo eficaz de los recursos naturales.

5. Conclusiones

El presente proyecto, ha permitido sostener el uso de la hidroponía como tecnología aplicada, que puede ser considerada como una alternativa eficaz, para ser integrado a la producción agrícola en zonas urbanas, reconociendo que el uso de la hidroponía simplificada produce frutos y hortalizas de buena calidad, sin contaminación, frescas, en mejores condiciones de nutrición en contraposición a las que pueden accederse en los comercios.

Considerando la complejidad que resulta medir la sustentabilidad, proyectos como este, suman nuevos elementos para continuar en la construcción de la sustentabilidad de los sistemas de pequeño riego. La opción de la Hidroponía Simplificada, se puede establecer como una de las herramientas básicas de la agricultura urbana, ya que es una técnica científica apropiada, que se adapta en forma excelente, a las condiciones urbanas y de ésta manera contribuir de manera efectiva a la seguridad alimentaria.

Tabla 1: Criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad para evaluar la hidroponía como tecnología aplicada en la sustentabilidad de la agricultura urbana

Atributo	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Método de medición	Instrumento	Área de evaluación
Productividad	Eficiencia	1.-Volumen de la producción	Rendimientos cultivos tonelada/hectárea	Entrevista	Ecológica
		2.-Relación costo-beneficio	Costo/Beneficio	Entrevista	Económica
Estabilidad, Resiliencia, Confiabilidad	Diversidad	3.-Diversidad agrícola	Número de cultivos manejados	Entrevista	Ecológica
	Conservación de recursos	4.- Reserva del recurso agua	Volumen utilizado	Entrevista	Ecológica
		5.- Superficie regada	Agua usada en las hortalizas	Entrevista	Ecológica
	Uso de energía	6.- Factor de potencia energética	Factor de potencia en uso de energía	Inv. Bibliográfica	Económica
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	7.- Disminución del volumen de agua	Acciones realizadas, medidas tomadas	Entrevista/ Inv. Bibliográfica	Social
		8.- Disposición del cambio	Disposición de tecnificar el riego	Entrevista	Social
Equidad	Distribución del agua	9.- Distribución del agua	Superficie regada en el día	Entrevista/ Inv. Bibliográfica	Social
Crecimiento de la población	Natalidad	10.- 2.3%	Anual	Entrevista/Inv. Bibliográfica	Social (mundial)
	Mortalidad	-30 por mil	Anual		
	Crecimiento	2.6 hijos	Por Mujer		
Condiciones cambiantes del clima	Temp.	11.- .3 a .6 °C	Incre. Mund.	Entrevista/Inv. Bibliográfica	Ecológica (mundial)
	Nivel del mar	15 a 95 cm	Incre. Mund.		
Adultos mayores de 60 años	100 millones Año 2025	12.- Tasa crecimiento	Proyección demog CEPAL	Inv. Bibliográfica	Social (A. Latina y el Caribe)
	200 millones Año 2050	Tasa crecimiento	Proyección demog CEPAL	Inv. Bibliográfica	Social (A. Latina y el Caribe)

Fuente: Elaboración propia a partir de Masera, Astier y López (1999)

La hidroponía como tecnología aplicada nos ayuda a incluir acciones para buscar sinergias, orden y armonía entre la agricultura urbana, dentro de un marco de emprendedurismo que tenga como prioridad la sustentabilidad de sus recursos humanos y naturales, buscando la equidad para atenuar o eliminar progresivamente las desigualdades de bienestar social.

Podemos afinar diciendo que para generar un desarrollo de largo plazo, es fundamental articular las políticas sociales, económicas y ambientales, pues no pueden superarse las condiciones de pobreza sin propiciar un entorno económico favorable y sin enfrentar la degradación del medio ambiente simultáneamente.

Este proyecto coincide con la definición de la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo donde cita al desarrollo sustentable como aquél que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras. Por tal motivo, cualquier intervención en la agricultura urbana debe orientarse a la preservación de los recursos naturales, con objeto de generar modelos de explotación racional y eficiente de éstos.

Con este proyecto contribuimos al logro de los objetivos de la FAO ya que la hidroponía como tecnología aplicada mejora las condiciones de vida de la población en situación de pobreza, exclusión, vulnerabilidad, marginación o discriminación y fomenta el desarrollo comunitario y capital social.

6. Referencias

- Banco Mundial (1986). La pobreza y el hambre. Temas y opiniones sobre la seguridad alimentaria en los países en desarrollo, Washington, D.C. Obtenido Septiembre 8, 2009 de [http://www. http://www.bancomundial.org/](http://www.bancomundial.org/)
- Barbado, J.L. (2005). *Hidroponía*, 1a ed., Albastros Saci.
- Bar-Yosef, B., Mattson, N.S. and Lieth, H.J. (2009). Hydroponic System, *Scientia Horticulturae*, 122.
- Bryman, A. y Burgess, R. (1994). *Analyzing qualitative data*. New York: Routledge.
- Caldeyro, S.M. (2006). Simplified hydroponics as suitable technology to implement food safety in urban agriculture. *Cuadernos del CEAgró*, 8.
- Castellanos, R., Domínguez, M., Pérez, M., y Oduardo, F. (2003). El crecimiento de la población y el deterioro de los recursos naturales, una reflexión necesaria. *Universidad de Oriente*. Santiago de Cuba, 99, 115-129.
- Diouf, J. (2006, Marzo 28). La crisis alimentaria. *El Tiempo de Bogotá*, pp. A5.
- FAO (1996). Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción. Obtenido en: http://www.fao.org/wfs/index_es.html
- FAO (1999). La agricultura urbana y periurbana. 15o período de sesiones. Comité de Agricultura. Roma.
- FAO (2004). *Situación de los mercados de productos básicos 2003-2004*, Publicaciones de la Dirección de Productos Básicos y Comercio de la FAO, 2003-2004.
- Figueroa, J. e Izquierdo, J. (2002). Agricultura urbana en la región metropolitana de Santiago de Chile: Situación de las empresas familiares hidropónicas- estudios de casos. Santiago Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- George, F.V. (2004). *Hydroponic Basics*. Estella Cervantes.

- Gericke, W.F. (1930). *Soilless Gardening*. University of California.
- Gomiero, T., Paoletti, M. y Pimentel, D. (2008). Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27, 239–254.
- González, U. y Velasco, H. (2008). Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. *SACPR project on the impact of global warming in Latin America*. 68, 56-68.
- Gummesson, E. (1991). *Qualitative methods in management research*. Newbury Park, CA: Sage.
- Holstein, J. A.; Gubrium, J. F. (1995). *The active interview*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Langley, A. (1999). Strategies for theorizing from process data. *Academy of Management Review*. 24 (4): 691-710.
- Masera, O., Astier M. y López-Ridaura S. (1999). Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de Evaluación MESMIS. MundiPrensa – GIRA – UNAM, México. 109 p.
- Mellor, J. (2001). Reducing poverty, buffering economic shocks - agriculture and the non-tradable economy. Working Paper for the First Expert Meeting on the Documentation and Measurement of the Roles of Agriculture in Developing Countries, FAO, Roma, Italia.
- Méndez, M., Ramírez, L., y Alzate, A. (2005). La práctica de la agricultura urbana como expresión de emergencia de nuevas ruralidades: reflexiones en torno a la evidencia empírica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 55, 51-70.
- Mougeot, J.A. (2006). *Cultivando mejores ciudades, agricultura urbana para el desarrollo sostenible*.
- Patton, M. Q. (2001). *Quality research & evaluation methods*. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rodríguez, D.A, Chang, M., Hoyos, M. y Falcón, F. (2004). *Manual práctico de hidroponía*. 4a ed. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Torres, P. (2000). *Sustentabilidad y agricultura urbana, en: Procesos metropolitanos y agricultura urbana*. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Felipe Jesús Cruces Celis
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
E-mail: felipecruz@bianni.unistmo.edu.mx