

Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano

I. Díaz¹, C. González¹, E. Sención¹, G. González¹

¹Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá
{iris.diaz, carolina.gonzalez, eric.sencion, guadalupe.gonzalez}@utp.ac.pa

Resumen: *se estima que en el año 2050 habitarán 9 mil millones de personas en nuestro planeta, de los cuales un 80% vivirá en urbes. Sin duda alguna, con el pasar de los años, incrementará los retos referentes al manejo de recursos, las limitaciones económicas y los problemas sociales productos de la alta densidad de población. El abastecimiento de los alimentos se volverá un factor crítico en las urbes toda vez que se utiliza la tierra útil para edificar en lugar de sembrar. En este aspecto, las granjas verticales son una alternativa para la producción de alimentos en las ciudades. En este artículo se presentan las diversas modalidades de granjas verticales que se pueden desarrollar ya sea para la agricultura, ganadería y acuicultura. También, se muestran los beneficios y retos que se pueden encontrar en este tipo de granjas y finalmente, se presentan algunos casos de instalaciones que actualmente aplican el concepto de granjas verticales.*

Palabras claves: *aeroponía, acuicultura, agricultura, ciudades inteligentes, granjas verticales, hidroponía.*

Title: *Vertical farming: a sustainable response to urban growth*

Abstract: *it is estimated that in 2050, 9 billion people will inhabit our planet of which 80% will live in cities. Undoubtedly, with the passing of the years, challenges related to resource management, economic constraints and social problems caused by the high density of population will increase. The food supply will become a critical factor in cities as the useful land will be used to build infrastructure rather than food production. In this respect, vertical farms are an alternative for the production of food in the cities. This article discusses the various forms of vertical farming that can be developed either for agriculture, livestock and aquaculture. The benefits and challenges that can be found in this type of farming are also shown, and finally, some facilities that currently apply the concept of vertical farms are presented.*

Key words: *aeroponics, agriculture, aquaculture, smart cities, vertical farms, hydroponics.*

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 5 de mayo de 2016

Fecha de aceptación: 16 de noviembre de 2016

1. Introducción

El reto que tiene la sociedad del siglo XXI es el vivir y mantener un mundo sostenible para las generaciones futuras; en otras palabras,

como sociedad debemos procurar un balance entre nuestras necesidades económicas, sociales y energéticas con respecto a los recursos que posee nuestro planeta. En este aspecto es muy importante el efecto de la colonización humana, que, aunque comenzó hace 50,000 años, siempre ha sido caracterizada por un proceso de urbanización rápida a expensas de la pérdida de tierra útil para la siembra. Se estima que la urbe en países que se encuentran en vía de desarrollo, crecerá de 300,000 km² en el año 2000 a 1,200,000 km² en el año 2050. A manera general, se estima que en 50 años el 80% de la población residirá en grandes ciudades [1-3]. Al analizar estas cifras, es natural preguntarse qué se puede hacer para evitar una falta de alimentos que hoy por hoy es causa de conflictos sociales. Una alternativa puede ser el limitar el crecimiento de una ciudad en términos de población y área mediante la preservación de suficiente tierra arable para satisfacer la producción alimentaria mundial (una alternativa poco probable toda vez que se estima que para el año 2050 la población crecerá a 9 billones de personas y en el año 2300 se espera una población mayor a los 36 billones de habitantes [4]). Por otro lado, se puede hacer uso de la tecnología para adecuar la infraestructura existente y utilizarla para la producción alimenticia, ya que, sin duda alguna, en la actualidad se está generando una ola de nuevas tecnologías que propician la inventiva e innovación que nos están llevando no solo a desarrollar ciudades, pero a desarrollar ciudades inteligentes (smart cities, en inglés).

El término “ciudad inteligente” hace referencia a una ciudad que está enfocada tanto en mejorar la calidad de vida de los habitantes como en la sostenibilidad de la misma, claramente haciendo uso eficiente de las tecnologías. Si en un principio, las ciudades nacieron de la simbiosis entre infraestructura y ríos, luego los caminos y carreteras, hoy en día lo hacen con base en la logística y las telecomunicaciones. Actualmente, existe una percepción global de que nuestras ciudades se pueden beneficiar de los avances tecnológicos, así como lo han hecho muchos productos y servicios, lo que puede ayudar a dar respuesta a los crecientes retos referentes al manejo de recursos, limitaciones económicas y problemas sociales a los que se enfrentan las grandes urbes [5]. Cabe señalar que lo que caracteriza a una ciudad inteligente es la inteligencia de su infraestructura, que no es más que el resultado de aplicar las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) a las infraestructuras tradicionales [6].

En este artículo se presenta una alternativa para la producción de alimentos en urbes, conocida como granjas verticales. Se presentan las diversas modalidades de granjas verticales que se pueden desarrollar ya sea para la agricultura, ganadería y acuicultura. También, se muestran los beneficios y retos que se pueden encontrar en este tipo de granjas y finalmente, se presentan algunos casos de instalaciones que actualmente aplican algunos de los principios asociados al concepto de granjas verticales.

2. Granjas verticales

Las granjas verticales son aquellas granjas que se desarrollan en edificios o rascacielos acondicionados para que se pueda llevar a cabo la producción, ya sea como agricultura, acuicultura o ganadería en el interior de estos. El concepto de granjas verticales se ha explorado por décadas, pero hasta ahora es que se muestra económicamente

viable [7]. Empresas dedicadas a este negocio están germinando cosechas de productos que normalmente toman 30 días en el campo en periodos de 16 días, utilizando 95% menos agua, 50% menos fertilizante, cero pesticidas, herbicidas y fungicidas [8].

En Estados Unidos, la agricultura basada en granjas verticales está tomando auge, empresas como: AeroFarms y FarmedHere en Illinois, Vertical Harvest en Wyoming, Green Spirit Farms en Michigan y Alegria Fresh en California son ejemplo de esto [8]. El hecho de que las condiciones ambientales y el cambio de estaciones no afectan el producto es una de las mayores ventajas que la aplicación de granjas verticales ofrece; además se reduce el costo de transporte y el desecho de producto y finalmente, se aumenta la productividad en comparación con las granjas convencionales [8, 9].

En la figura 1 se muestra un esquema de los elementos necesarios para que una granja vertical cobre vida. Estos son: energía renovable (i.e. los paneles solares, paneles de vidrio), la misma arquitectura del edificio, el plan económico y el sistema de riego que tendrá la misma. Al tener granjas verticales estas contribuyen a que los habitantes de la comunidad suplan todas sus necesidades alimenticias reutilizando infraestructuras acondicionadas con tecnología de punta; utilizan luz artificial, control climatológico y redes sensoriales. En un futuro no muy lejano se espera que el consumidor se convierta entonces en el productor y el habitante del jardín.

Agricultura en los Rascacielos

Un concepto futurístico que convierte los rascacielos en granjas de cultivo que pueden ayudar a reducir el calentamiento global, mejorar el ambiente urbano y ayudar a alimentar la creciente población. Así es como podría funcionar:

PANEL SOLAR

La energía es suministrada por paneles solares que rotan siguiendo al sol; energizan los sistemas interiores de refrigeración y calefacción.

PANELES DE VIDRIO

Recubrimiento transparente de óxido de titanio que recolecta los contaminantes y hace que la lluvia se deslice hacia la parte inferior del vidrio donde se recolecta y se usa para regar plantas.

ARQUITECTURA

Diseño circular permite mayor luz en el centro

ECONOMÍA

El plan combina la agricultura con oficinas y pisos residenciales.

IRRIGACIÓN

Las aguas residuales se pueden filtrar y esterilizar para utilizarlas para irrigación

©2008 MCT
SOURCE: Vertical Farm Project



Figura 1. Infraestructura de una granja vertical. *Figura modificada de la versión original en Ref. [22], traducida al español.

2.1 Agricultura vertical

La agricultura vertical está ligada a las granjas verticales, siendo estas donde se implementará la agricultura. Este es un método que se desarrolla en un entorno totalmente urbano, actuando como invernaderos

de alta tecnología. La agricultura vertical es una forma eficaz de poder llevar la actividad agrícola al máximo ya que se usaría el mínimo consumo de agua, el suelo no se tendría que explotar indiscriminadamente y se utilizaría luz artificial. Estas características permiten poder tener alimento para consumir y/o vender sin importar las condiciones climáticas en las que se encuentre la región donde esté la granja vertical, por lo que, se podrá tener productos: frescos, libres de pesticidas, fungicidas o herbicidas y lo más importante es que, en comparación con la agricultura convencional, en estos sistemas se reducen las pérdidas de alimento ya que se reduce la distancia entre el vendedor y el consumidor [10].

A continuación, se presentan dos tipos de técnicas de cultivo consideradas dentro del esquema de agricultura vertical: la hidroponía y la aeroponía.

2.1.1 Hidroponía

La hidroponía es una técnica de cultivo en la que la planta crece en un medio acuático. La planta no utiliza el suelo para crecer, ésta utiliza sustratos los cuales no son más que un medio sólido biológica y químicamente inerte, el cual ayuda a proteger y dar soporte a la misma. Como ejemplos de estos sustratos tenemos: fibras de coco, piedra pómez, turba, perlita agrícola [11]. La solución nutritiva que permite que la planta se desarrolle, trata de proveer a la misma de trece elementos minerales: Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeso, Zinc, Boro, Cobre, Silicio, Molibdeno [12].

Esta técnica nace de problemáticas como la erosión del suelo, el creciente cambio climático y la fertilidad del suelo la cual poco a poco ha ido disminuyendo en ciertas zonas. La hidroponía es respetuosa con el medio ambiente, ésta reduce ciertas limitaciones que representa tener que cultivar en el suelo, por ejemplo, la eliminación de las plagas. Además, se pueden controlar los factores que inducen el crecimiento y desarrollo de la planta ya que se les monitorea los niveles de radiación, pH, nutrientes, entre otros [13].

2.1.2 Aeroponía

La aeroponía es una técnica de cultivo en el cual las raíces de las plantas se encuentran suspendidas en el aire a las que se le administra nutrientes [14]. Las raíces de las plantas deben estar en un espacio casi o totalmente cerrado y las plantas deben tener soportes (una vez sean sometidas a este sistema) ya que cuando se dé inicio al crecimiento es un tanto tedioso colocar dichos soportes; si las plantas empezaron por semilla se utilizan cubos de propagación, los cuales son productos que ofrecen el medio ideal para la germinación y el rápido enraizamiento de la planta.

Para optimizar la absorción de los nutrientes en las plantas se utilizan pulverizadores, ya que estos permiten que las microgotas faciliten la humedad y tengan contacto directo con las raíces, permitiendo que estas tomen el CO² y el oxígeno necesario. Una característica de esta técnica de cultivo, es la reducción en el contacto físico planta a planta, ventaja que no se observa cuando las plantas son cultivadas en la tierra o en el agua, ya que por estos medios es fácil la propagación de enfermedades y plagas.

Deben ser monitorizados factores como la humedad, CO², temperatura, luminosidad, etc., como también características

fisicoquímicas de las plantas como el índice de acidez (pH), conductividad y el grado de temperatura de la solución de nutrientes, para así poder cambiar estos parámetros con la programación correspondiente. Un aspecto importante a tomar en cuenta, es que como la automatización es indispensable, estos sistemas son propensos a fallas eléctricas en la bomba de agua, lo cual produciría que las raíces no obtuvieran su solución nutritiva debido a una interrupción en el bombeo de la misma.

2.2 Ganadería

La ganadería es la actividad económica desarrollada por el hombre que consiste en la crianza y producción de animales para el beneficio propio o para su posterior comercialización. En el caso de granjas verticales el tipo de ganadería más práctico es la avicultura.

La avicultura hace referencia a la cría de aves de tipo doméstico, con fines de producción para el beneficio del ser humano. Existen diferentes tipos de avicultura como, por ejemplo: gallinocultura (cría de gallinas), cotornicultura (cría de aves pequeñas como la codorniz), colombicultura (cría de palomas productoras de huevo o carne), meleagricultura (cría de pavos), anacultura (cría de patos) y canaricultura (cría de canarios).

En las granjas verticales, lo óptimo sería la crianza de aves para la producción de carne y huevo, ya que el consumo de estos productos aumenta cada año con el crecimiento de la población y además de que se van haciendo más accesibles [15]. Para este propósito se utilizarían los pisos inferiores y se diseñarían especies de jaulas para estos animales procurando que tengan las condiciones necesarias para el buen desarrollo de las especies. Los animales serían alimentados con el producto vegetal producido mediante los cultivos hidropónicos o aeropónicos. El estiércol de estos animales tendría la tarea de servir como abono a los campos como se utiliza actualmente.

2.3 Acuicultura

Otro tipo de producción que es muy acertada dentro de las granjas verticales es la acuicultura, la cual es parte del sistema sostenible conocido como acuaponía. En la acuicultura se practica la producción de especies acuáticas vegetales (i.e. algas) así como animales (i.e. peces, moluscos, crustáceos entre otros) ya sea para propósitos alimenticios o como materia prima para usos industriales y farmacéuticos.

Entre algunas técnicas de acuicultura tenemos: salmonicultura (cría de salmones), truticultura (cría de truchas), acuicultura de especies tropicales de agua dulce (cría de especies como la tilapia), camaronicultura (cría de camarones y langostinos), cultivo de algas, entre otras.

Se estima que más del 40% de consumo de pescado actualmente proviene de la acuicultura [16], además, es una técnica sostenible de producción animal. Dentro de las granjas verticales, la producción de la tilapia es apropiada debido a que es un pez de agua dulce, con la capacidad de soportar las variaciones de temperatura entre 60 y 80°F y solo son necesarios 7 meses para que esté listo para el consumo [17].

Aparte de tener los estanques para los peces, se podrían también tener estanques con producción de algas y peces de menor tamaño, con el propósito de suplir la necesidad de alimentación de estos. Se deben cuidar muchos aspectos para la cría de peces o demás especies

acuáticas ya que estos deben estar en las mejores condiciones posibles para su posterior consumo. Dentro de las granjas verticales se asignarían sectores destinados a la eclosión de los huevecillos, otro sector orientado al crecimiento de las especies y un sector con el propósito de servir como almacenamiento de los peces para su posterior mercadeo o consumo propio.

3. Beneficios y problemas económicos referentes a las granjas verticales

Las ventajas que adjudican las mentes futuristas entorno a las mejoras de las estructuras verticales, implementando tecnologías que permitan controlar el ambiente donde se desarrollan estos tipos de cultivos, provee un avance dentro de la agricultura transformando la manera tradicional que tiene el hombre de plantar la tierra. Con base a esto se puede mencionar algunas ventajas que nos ofrecen las granjas verticales:

- Entornos controlados: los constantes cambios climáticos y las plagas son factores que afectan en mayor parte a los agricultores y provocan grandes pérdidas, por lo cual poseer entornos controlados evita estos tipos de problemas.
- Calidad de productos alimenticios: en nuestros días la frustración que muestran muchos consumidores a la hora de adquirir alimentos casi libres de pesticidas y fertilizantes es evidente, por lo que las granjas verticales tienen el objetivo de reducir la utilización de productos dañinos a la salud humana como los pesticidas [18], aprovechando la ventaja de poseer entornos controlados.
- Contribución con el medio ambiente: se espera que las granjas verticales contribuyan de gran manera a reducir la erosión de los suelos, además de aminorar la contaminación y uso inadecuado de las aguas de nuestro planeta, pues al poder controlar el riego de los cultivos, se utilizará el agua de mejor manera.
- Otros beneficios: la reutilización de restos orgánicos como abonos y el hecho de no tener que trasladar los productos a largas distancias disminuiría el uso de combustible.

Al ser las granjas verticales una alternativa innovadora y tecnológicamente viable para resolver problemas como el abastecimiento de alimentos en zonas urbanas y disminuir problemas ambientales también cabe resaltar que las principales desventajas que posee son de carácter económico, en las cuales podemos mencionar los costos de construcción del edificio y su equipamiento tecnológico, como también los costos energéticos que demandara la estructura, en donde la esperanza de implementar esta idea en su totalidad radica en que los avances tecnológicos reduzcan los costos [4].

4. Diseños y proyectos que están funcionando

En 1999, Dickson Despommier (biólogo y profesor de ciencias medioambientales y microbiología de la Universidad de Columbia) se dio a la tarea de diseñar una granja vertical viable, su trabajo recibió un gran impulso en 2007 con la publicación del artículo "Skyfarming" en el New York Magazine, interesando a científicos y empresas de todo el mundo en el tema [19]. A continuación, se presentan algunos proyectos destacados:

- Zoológico de Paignton en Londres, Inglaterra. Primera granja vertical en operación en Europa, produce alimentos para los animales del zoológico.

- Granjas verticales en Singapur. Debido a que Singapur es uno de los países más poblados de la tierra en donde se estima que en 718 kilómetros cuadrados, viven aproximadamente 5.5 millones de personas empresas como Agri-Food y Veterinary Authority (AVA), han creado la primera granja vertical comercial del mundo. Producen de 1 a 2 toneladas de vegetales cada 2 días, que luego son vendidos a los supermercados locales [20].
- Granja vertical en Suecia. Ya se han iniciado las obras de lo que será el primer invernadero vertical urbano en Suecia. Representantes de la ciudad de Linköping, Plantagon, y Verken Tekniska han realizado el gesto simbólico que da por iniciadas las obras, las cuales durarán entre 12 y 16 meses. El edificio triangular será de 12 pisos, donde las plantas viajarán desde el último piso hasta el primero para aprovechar la luz solar y facilitar la recolección [21].

5. Conclusión

Las necesidades del ser humano y el deseo de crecer tecnológicamente han propiciado que el concepto de Smart City sea una realidad. La evolución de la tecnología nos está dando la oportunidad de encontrar alternativas que nos permitan interactuar, como sociedad, de una manera sostenible con el medio ambiente. En este artículo se presentaron las diversas modalidades de granjas verticales que se pueden desarrollar ya sea para la agricultura, ganadería y acuicultura. También, se mencionan los beneficios y retos que se pueden encontrar en este tipo de granjas y finalmente, se presentan algunos casos de instalaciones que actualmente aplican el concepto de granjas verticales.

Referencias

- [1] S. Angel, J. Parent, Daniel L. Civco, A. Blei, D. Potere, "The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000-2050", *Progress in Planning*, vol. 75, Edición 2, Febrero 2011, pp.53-107.
- [2] R. D'Autilia, I. D'Ambrosi, "Is there enough fertile soil to feed a planet of growing cities?", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 419, Febrero 2015, pp.668-674.
- [3] (2014) Arkiplus, "Granjas verticales", [Online]. Disponible en: <http://www.arkiplus.com/granjas-verticales>
- [4] A. Carangelo, A. Grossman, "Human Footprint", *National Geographic Education & Children's Program*, 2008, pp.4. Disponible en: www.nationalgeographic.com/xpeditions/lessons/14/g68/HumanFootprint.pdf
- [5] R. Saracco, "A Vision of a Smart, Happy, Citizen as an Enabling Infrastructure for Smart Cities", *IEEE Smart Grid Newsletter Compendium 2015*, pp. 34-36.
- [6] J. C. Martínez, I. J. Leborburu-Suárez, "La Ingeniería de Infraestructuras Inteligentes: Un Sector Empresarial en Crecimiento", *DYNA: Colombia*, vol. No.8, Nov. 1992, pp. 40-46.
- [7] C. Banerjee, L. Adenaeuer, "Up, up and away! The economics of vertical farming," *Journal of Agricultural Studies*, ISSN 2166-0379, vol.2, No.1, 2014, pp.40-60.
- [8] M. Brennan, J. Gralnick, "Vertical farming: The next big thing for food – and tech", *Blog: CNBC Food and Beverage*. Publicado: miércoles 24 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.cnbc.com/2015/06/24/vertical-farming-the-next-big-thing-for-food-and-tech.html>
- [9] D. Baer, "New Jersey's 'Brick City' just broke ground on the world's largest vertical farm," *Business Insider Tech*. Publicada el 10 de julio de 2015. Disponible: <http://www.businessinsider.com/aerofarms-newark-vertical-farming-opening-2015-7>
- [10] M. Skyer, "Vertical farming: it's coming to save the day, but will it?" Publicado el 29 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.craftsy.com/blog/2014/06/what-is-vertical-farming/>
- [11] Growth Technology, what is hydroponic growing? Disponible en: <http://www.growthtechnology.com/growtorial/what-is-hydroponic-growing/>
- [12] Libia I. Trejo-Téllez and Fernando C. Gómez-Merino (2012). *Nutrient Solutions for Hydroponic Systems, Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*, Dr. Toshiki Asao (Ed.), ISBN: 978- 953-51-0386-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/hydroponics-a-standardmethodology-for-plant-biological-researches/nutrient-solutions-for-hydroponic-systems>
- [13] Dirección de Producción Agrícola, "Hydroponic vegetable production", Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, South Africa, 2011. Disponible en: <http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/prodGuideHydroVeg.pdf>
- [14] R. Ziegler, "The Vertical Aeroponics Growing System" Synergy International Inc, pp. 1-13, 2005. Disponible en: <http://www.synergyii.com/aeroponic/VAP.pdf>
- [15] A. Conway, "Global egg consumption to rise worldwide through 2024," *Wattagnet.com*. Publicada el 23 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.wattagnet.com/articles/25047-global-egg-consumption-to-rise-worldwide-through-2024>
- [16] S. Nichols, "MSU study shows inland fisheries now provide 40% of world's fish," *Research@MSU*, Michigan State University. Disponible en: <http://research.msu.edu/inland-fisheries-now-provide-40-of-worlds-fish/>
- [17] *Aquaponics USA*. Disponible en: <http://www.aquaponicsusa.com/ap-info/aquaponics-fish.html>
- [18] "Potential health effects of pesticides," *Pesticide Safety Fact Sheet*, College of Agricultural Sciences, PennState University. Disponible en: http://extension.psu.edu/pests/pesticide-education/applicators/fact-sheets/pesticide-safety/potential-health-effects-of-pesticides/extension_publication_file
- [19] L. Chamberlain, "Skyfarming", *New York Magazine*, Octubre 24 2007. Disponible en: <http://nymag.com/news/features/30020/>
- [20] J. M. Prieto, "Granjas verticales en Singapur", *Blog: Agronegocios e industria de alimentos*, Facultad de Administración, Universidad de Los Andes, Colombia, 7 de mayo de 2015. Disponible en: <http://agronegocios.uniandes.edu.co/index.php/tematicas/alimentos/275-granjas-verticales-en-singapur>
- [21] A. Dazne, "La primera granja vertical se ha empezado a construir en Suecia", *Blog: IS-ARQuitectura*, 27 de febrero de 2012. Disponible en: <http://blog.is-arquitectura.es/2012/02/27/la-primera-granja-vertical-se-ha-empezado-a-construir-en-suecia/>
- [22] *Skyscrapers farming (Imagen)* Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/478929741596057269/>