



Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



Artículo: COMEII-19040

Mazatlán, Sin., del 18 al 20

de septiembre de 2019

SISTEMA DE CULTIVO VERTICAL EN INTERIORES (PFAL) Y EXTERIORES: VIABILIDAD Y PERSPECTIVA EN MÉXICO

Jorge Flores Velázquez^{1*}; Rodrigo Roblero Hidalgo¹

¹Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

Rd19xx.1@gmail.com – Teléfono 777 3293600 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Se ha logrado establecer la tecnología fábricas de plantas con iluminación artificial (PFAL) en Japón, Taiwán, China, América del Norte y Europa (Inglaterra y los Países Bajos), que incluyen investigación, desarrollo y negocios. Las empresas taiwanesas y japonesas han comenzado a exportar y construir PFAL llave en mano en el extranjero. En China, un proyecto nacional sobre tecnología de producción de fábricas de plantas inteligentes fue iniciado en 2013 por científicos de universidades e institutos apoyados por el gobierno. En Corea, el mercado nacional anual del negocio PFAL tiene un valor de casi US \$ 600 millones. En EE.UU. y Canadá, instalaciones comerciales a gran escala se construyeron recientemente para producir productos farmacéuticos de proteínas y verduras de hoja verde. En los Países Bajos, se construyeron dos PFAL relativamente grandes en 2014 y 2015 para I + D por parte de empresas privadas, con el objetivo de comercializar PFAL a gran escala. En México, esta tecnología es prácticamente nula, a no ser de proyectos de investigación en universidades e institutos. En este trabajo se exponen las generalidades de esta técnica y posible apertura.

Palabras claves: Granja vertical, LED, control ambiental, producción de hortalizas.

Introducción

El uso de los recursos es cada vez más limitado en el sector agrícola, lo que ha traído técnicas cada vez más específicas unificadas en orden de lograr los mayores rendimientos para alimentar una población creciente, con el mínimo de recursos, principalmente agua y energía.

Las necesidades para establecer un sistema de producción agrícola a campo abierto, como normalmente se desarrolla, han quedado establecidas. Empero, si ese sistema de producción se traslada a la zona urbana, nuevos actores aparecen y un manejo disciplinado en tiempo y espacio surge como un factor más de gestión de recurso.

En términos generales los requerimientos para una nueva forma de sistema de producción de plantas "Sistema de cultivo vertical en interiores - Fábrica de plantas con iluminación artificial (PFAL)" para la producción eficiente de cultivos y tratar de resolver problemas globales.

Las PFAL no son un reemplazo para los invernaderos convencionales o la producción en campo abierto, sino la creación de nuevos mercados y oportunidades de negocios. Desde luego aún hay que resolver las limitaciones de los sistemas agrícolas convencionales, pero a la par es conveniente a abordar las posibles ventajas, desventajas y una serie de desafíos de los PFAL.

Obtener cosechas requiere re direccionar hacia el tipo de producto por cultivar. Con la reducción de los recursos, es necesario establecer una nueva paleta de cultivos básicos, o susceptibles de cultivar en forma disruptiva. De hecho, existen ya experiencias de arroz cultivado en fábrica de plantas (Figura 1).

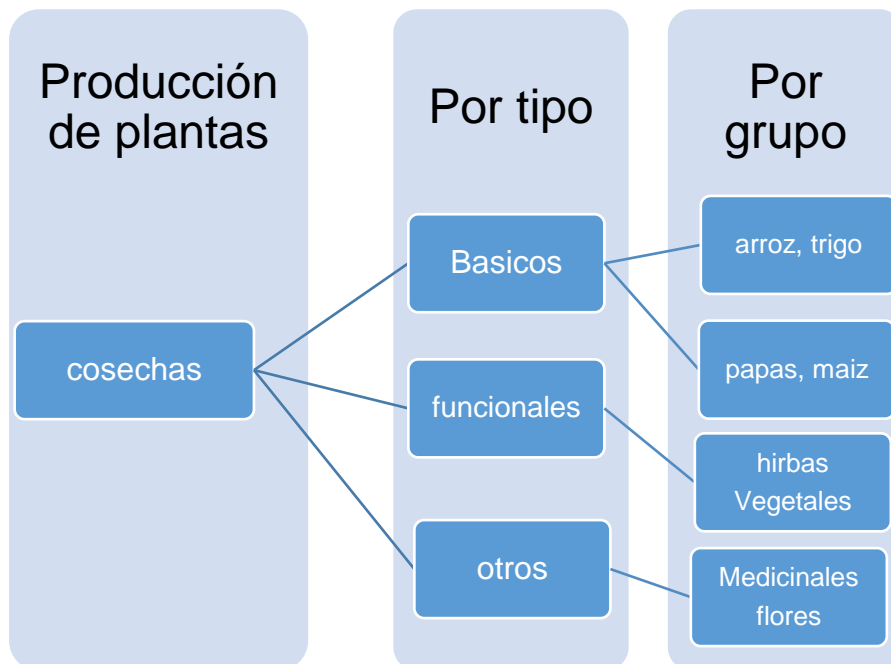


Figura 1. Producción de cosechas clasificadas en la fábrica de plantas

La dinámica poblacional y migración hacia las ciudades marca una tendencia difícil de cambiar, por lo que es imperativo adoptar estrategias para adaptarse a las nuevas necesidades

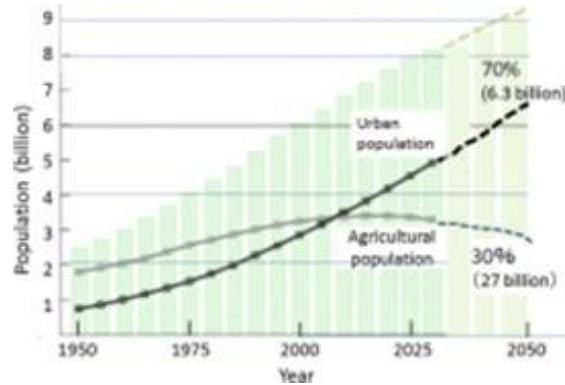


Figura 2. Perspectivas agrícolas y poblacionales.

Rol de la PFAL en zonas urbanas.

Existe un creciente interés por la producción de alimentos frescos en áreas urbanas, con distintos métodos para lograr una producción eficiente. En este sentido, recobra importancia la idea de considerar el consumo de recursos y la salida de residuos en áreas urbanas.

De igual manera debe contemplarse la posibilidad de reducir significativamente los residuos de salida utilizando una gran parte de ellos como un recurso esencial para el cultivo de plantas en ecosistemas urbanos. Otra alternativa del biosistema fábrica de plantas y su aplicación con iluminación artificial, es necesario atender que tipo de plantas son adecuadas y no adecuadas para PFALs.

Para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos de una PFAL, es importante comprender las características de sus componentes principales.

Los principales recursos de entrada para el PFAL son luz, agua, CO₂ y electricidad y nutrientes inorgánicos (fertilizantes). La eficiencia de uso de recursos (RUE) para cada componente tiene que ver con el concepto de un sistema de producción de planta cerrada (CPPS) para mejorar RUE.

Las características de la PFAL se comparan con las de un invernadero, principalmente desde el punto de vista productivo. Se muestra que las eficiencias de uso de agua, CO₂ y energía lumínica son considerablemente más altas en el PFAL que en un invernadero. Por otro lado, hay mucho margen de mejora en las eficiencias de uso de energía eléctrica y luz de la PFAL (Figura 2).

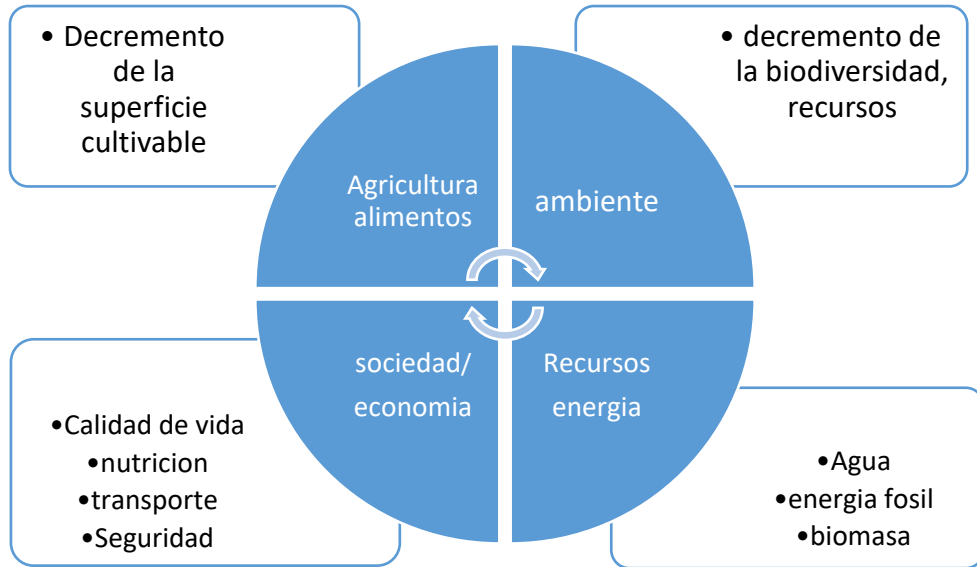


Figura 2. Implicaciones en el uso de recursos y residuos por el desarrollo de la Fábrica de Plantas

Micro y Mini-PFALs para mejorar la calidad de vida en zonas urbanas

La naturación de las zonas urbanas debe contemplar además del uso eficiente de los recursos, el reúso de los mismos con técnicas de hecho ya establecidas solo enfatizar en tal caso.



Figura 3. Principios básicos de producción de cultivos en zonas urbanas



Algunos residentes que viven en áreas urbanas con pocas posibilidades de cultivar plantas al aire libre recientemente han comenzado a disfrutar de la agricultura en interiores utilizando una PFAL o micro-PFAL en Japón, Taiwán y China y algunos otros países asiáticos.

Además, los mini-PFAL se han creado para diversos fines en restaurantes, cafés, centros comerciales, escuelas, centros comunitarios, hospitales, etc. Tales micro y mini-PFAL y sus redes podrían ayudar a traer nuevos estilos de vida relacionados con la producción local para Consumo local, alimentos, salud, ecología, medio ambiente e Internet para personas que viven en zonas urbanas.

La popularidad de la agricultura urbana y los techos verdes está aumentando en ciudades de todo el mundo que reconocen los beneficios multifacéticos para la comunidad local. Los sistemas de producción de plantas en la azotea (RPP por sus siglas en inglés de Roof Plant Production) se pueden usar para cultivar plantas ornamentales o cultivos alimentarios utilizando lechos elevados, cultivos en hileras o invernaderos hidropónicos. Los sistemas RPP maximizan el área de cultivo de la PFAL.

El RPP se puede usar para cultivar cultivos que requieren mayores intensidades de luz y alturas mayores que las plantas que tradicionalmente se cultivan en PFAL. Además, las plántulas iniciadas en un PFAL pueden transferirse al techo y cultivarse con RPP.

Luz

La luz es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas. La selección de fuentes de luz puede tener una influencia significativa en los costos iniciales y en los costos de producción de una fábrica de plantas de interior para el cultivo de plantas, además de los efectos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Es necesario conocer las propiedades físicas de la luz y su medida. Luego, las fuentes de luz comúnmente utilizadas en una PFAL, así como poder explicar de manera simple sus fundamentos, con el fin de diferenciar y elegir las fuentes de luz.

Desde el punto de vista de las PFAL, se hace especial hincapié en los diodos emisores de luz (LED), que han recibido una atención notable recientemente, y en las lámparas fluorescentes, que todavía se utilizan ampliamente en fábricas de plantas de interior para el cultivo de plantas. Los beneficios menos conocidos del uso de LED y efectos de iluminación pulsada con LED se describen brevemente junto con las referencias relevantes.



Figura 4. Micro PFAL para el aprovechamiento de recursos

Los beneficios ambientales de RPP pueden ser un gran activo para la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos (RUE) de la PFAL, al tiempo que proporcionan mejoras netas positivas a la comunidad local y el paisaje urbano al aumentar la conciencia agrícola, impulsar la economía local y mitigar las aguas pluviales, y reduciendo el efecto isla de calor.

Proceso de producción de plantas, Floor Plant and Layout of PFAL

El plano de planta de una fábrica de plantas con iluminación artificial (PFAL) y diseños de equipos y camas de cultivo (o cultivo) están diseñados para lograr operaciones eficientes por parte de los trabajadores y flujos fluidos de materiales como las plantas y suministros en el sistema de producción de plantas. Además, es esencial que el PFAL esté diseñado y operado para mantener un alto nivel de saneamiento para la seguridad de los alimentos.

Sin embargo, los PFAL son sistemas de producción relativamente nuevos, por lo que aún no se han establecido las tecnologías de producción óptimas y hay mucho margen de mejora en el proceso de producción de la planta.

En este sentido se requiere describir el estado de la técnica en relación con el proceso de producción de la planta, así como el plano de planta y los diseños de los equipos y los lechos de cultivo de un PFAL, y también analiza el saneamiento.



Figura 5. Sistema de producción en capas con hidroponía

Sistema hidropónico

Los sistemas hidropónicos, como la técnica de flujo profundo, la técnica de película de nutrientes o los sistemas aeropónicos, son herramientas esenciales en las fábricas de plantas. Para el manejo adecuado del agua y los nutrientes en el sistema hidropónico, se debe medir la conductividad eléctrica (EC), el pH, el oxígeno disuelto y la temperatura.

Debido a que las concentraciones de iones en las soluciones de nutrientes cambian con el tiempo, lo que resulta en un desequilibrio de nutrientes en los sistemas hidropónicos cerrados, se requieren mediciones en tiempo real de todos los nutrientes, pero estas mediciones no están disponibles debido a problemas técnicos.

El análisis periódico de las soluciones de nutrientes y el ajuste de las proporciones de nutrientes pueden mejorar el balance de nutrientes. Como método avanzado, los electrodos selectivos de iones y las redes neuronales artificiales pueden ser herramientas eficientes para estimar la concentración de cada ion.

Para la producción estable de cultivos, se requieren sistemas de desinfección con filtros, calor, ozono y radiación ultravioleta en los sistemas hidropónicos.

Diseño y manejo de PFAL

Se presentan las características, la estructura, las funciones y la utilidad del sistema de diseño y gestión (D&M) para PFAL que están desarrollando los autores.

Luego, se presentan algunas salidas típicas para los consumos de electricidad por hora y por mes, el coeficiente de rendimiento de los acondicionadores de aire, las distribuciones de luz y temperatura, las mediciones del crecimiento de la planta y el análisis de PFAL-D & M.



Figura 6. Desarrollo de Raíces en hidroponía

Existe un importante desarrollo de fábricas de plantas con iluminación artificial (PFAL) para la producción comercial en Japón y Taiwán. Se desarrollan sus antecedentes comerciales, ubicación, modelo comercial, mercado, costo, cultivos objetivo, capacidad de producción y sistemas de cultivo. A partir de 2013, hay cerca de 165 PFAL comerciales en Japón y 45 en Taiwán, y las cifras han aumentado año tras año. La PFAL más grande de Japón produce 23,000 cabezas de lechuga de hoja diariamente.

Tanto las empresas taiwanesas como las japonesas de PFAL exportan PFAL a China, Mongolia, Singapur y Rusia, y planean exportar a Oriente Medio y otros países asiáticos. La capacidad de producción diaria por PFAL llegará a 30,000 cabezas de lechuga de hoja pronto, y más y más operaciones manuales se automatizarán en los próximos años. En los Países Bajos, el negocio de PFAL ha comenzado a crecer recientemente.

Transición de PFAL hacia un sistema convencional

Gran parte de la tecnología utilizada en fábricas de plantas con iluminación artificial (PFAL) difiere de la utilizada en horticultura y agricultura, aunque la ciencia y la tecnología básicas son las mismas. Por lo tanto, se necesitan nuevas ideas para las tecnologías PFAL.

Los ejemplos incluyen: sistemas de iluminación ascendente, uso de LED verdes, reproducción de vegetales y plantas medicinales adecuadas para PFAL, propagación de semillas, un sistema de cultivo hidropónico con masa de raíces restringida, producción de bayas de floración todo el año y uso de energía natural en PFAL. Es de la mayor

importancia analizar las oportunidades potenciales para la PFAL de la próxima generación.

Biosistema hidroponía modular



Figura 7. Proceso de Implantación de una fábrica de plantas

Conclusión

Las características de ahorro de recursos y de consumo de recursos de las fábricas de plantas con iluminación artificial (PFAL) se resumen en este trabajo; el uso eficiente de los recursos es el factor más importante que determina las oportunidades y los desafíos de los PFAL referido a un aislamiento térmico adecuado.

Los requerimientos básicos consisten en establecer una estructura hermética, organizada en múltiples niveles con unidades de iluminación e hidropónicas, unidad de suministro de CO₂, acondicionadores de aire (o bombas de calor) y una unidad de control (dispositivos de control).

La implantación de PFAL en zonas urbanas significa soluciones en la alimentación y ambiental, pero también surgen desafíos con la eficiencia, ya que un PFAL es un biosistema consumidor.

Referencias bibliográficas

An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. 2016, Japan Plant Factory Association, c/o Center for Environment, Health and Field Sciences, Chiba University, Kashiwa, Chiba, Japan.



Boyer, J.S. (1982) *Plant Productivity and Environment*. Science, 218, 443-448.
<http://dx.doi.org/10.1126/science.218.4571.443>.

Despommier, D. (2010) *The Vertical Farm*. Martin's Press

Nacif de **Abreu, P. *Mazzafera*** / *Plant Physiology and Biochemistry* 43 (2005) 241–248.

PFAL Business and R&D in the World: Current Status and Perspectives

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00003-2> Get rights and content

Zobayed S.M.A., Afreen F., Kozai T. 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. John's wort plants under a water stress condition. *Environ. Exp. Bot.* 59: 109–116.

¿Por qué hay que mejorar la agricultura? Poblaciones en aumento, retos mayores, MONSANTO.

<http://www.monsanto.com/global/lan/mejorar-la-agricultura/pages/poblaciones-en-aumento-retos-mayores.aspx>

La población mundial crecerá hasta los 9.600 millones de personas en 2.050, 15/06/2013, ABC.

<http://www.abc.es/sociedad/20130614/abci-poblacion-mundial-crecera-201306141214.html>

Hacia un futuro con seguridad hídrica y alimentaria (*Towards a water and food secure future*), FAO, 2.015

<http://www.fao.org/documents/card/en/c/eb978434-dac0-4cd0-bcb3-f1f6f01773f9/>

Circuitos cortos de comercialización para alimentos ecológicos, Daniel López García, 19/02/2015,

<http://www.elsalmoncontracorriente.es/?Circuitos-cortos-de>

Análisis de las aguas residuales para su uso en la agricultura, R.M. Ayres and D.D. Mara, 1996 http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/labmanual/es/

La batalla de los supermercados llega a los productos frescos, María Sánchez, Madrid, 17/09/2016, Expansión

<http://www.expansion.com/empresas/2016/09/17/57dd4a65268e3e806f8b4639.html>