

El cultivo sin suelo y la sustentabilidad de las producciones intensivas

Oswaldo Valenzuela



El cultivo sin suelo y la sustentabilidad de las producciones intensivas

Oswaldo Valenzuela¹

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Buenos Aires Norte
Estación Experimental Agropecuaria San Pedro
2019

¹Filiación del autor:

INTA. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro.

Prof. Adjunto Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional Entre Ríos
valenzuela.osvaldo@inta.gob.ar.

Valenzuela, Osvaldo **El cultivo sin suelo y la sustentabilidad de las producciones intensivas** - 1a ed. - San Pedro, Buenos Aires: Ediciones INTA, 2019.

16 p. (Boletín de divulgación técnica; n. 24) ISSN0327-3237

Archivo Digital: descarga y online

1. Cultivo sin tierra. 2. Sostenibilidad. I. Valenzuela, Osvaldo

Publicación del
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Buenos Aires Norte
Estación Experimental Agropecuaria San Pedro
Ruta 9 km 170 – C.C. 43 – B2930ZAA San Pedro, Buenos Aires, Argentina
Dirección electrónica: eeasanpedro@inta.gob.ar
Sitio Web: <https://inta.gob.ar/sanpedro>

Editor responsable:

Comisión de Publicaciones INTA EEA San Pedro

Imágenes provistas por el autor.

Diseño de tapa: Mariana Piola

Diagramación: Fedra Albarracín

Primera edición – 2019

Índice

| | |
|---|---|
| El cultivo sin suelo | 1 |
| La sustentabilidad y el agroecosistema | 3 |
| Algunas consideraciones respecto de la sustentabilidad de los cultivos sin suelo | 6 |
| Conclusiones de la necesidad de generación de conocimiento en cultivos sin suelo sustentables para la producción de alimentos | 8 |
| Agradecimientos | 9 |
| Bibliografía | 9 |

El cultivo sin suelo

Esta forma de producción ha sido posible porque las raíces de las plantas pueden crecer en otros ambientes además del suelo. Existen muchas denominaciones que hacen referencia a este sistema de producción, una de las más aceptadas es la que divide en cuatro categorías (Savvas & Passam, 2002):

- i) cultivo en sustratos orgánicos tales como turba, fibra de coco, aserrín, corteza de pino, cáscara de arroz y compost;
- ii) cultivos hidropónicos en matriz inerte, como lana de roca, perlita, espuma poliuretano, grava y arcilla expandida;
- iii) en solución acuosa, lámina estática o lámina circulante y
- iv) sistema aeropónico

En todos los casos no interviene el suelo como cuerpo natural, por ello, se prefiere usar la denominación *cultivo sin suelo* como el término más genérico para las producciones que no se realizan en el suelo *in situ*, y de las cuales, el uso de medios porosos como los sustratos¹, constituye un caso particular. En un sentido amplio, los cultivos sin suelo abarcan también al viverismo, cuando se producen plantas en contenedor (Valenzuela, 2012; 2016).

Podría decirse, sin temor a equivocarnos, que el término *cultivo sin suelo* incluye a todos aquellos métodos y sistemas que hacen crecer a las plantas fuera de su ambiente natural: el suelo (Urrestarazu Gavilán, 2004), si bien el término “hydroponics” fue introducido por el profesor Gericke en el año 1937 para describir todos los métodos de cultivos de plantas en

medios líquidos y con propósitos comerciales, actualmente se acepta de hecho, que los cultivos hidropónicos también incluyen a aquellos que se realizan en sustratos, cualquiera sea el material utilizado.

Para evitar confusiones podríamos responder a la siguiente pregunta: ¿Dónde crecen las raíces del cultivo? En función de ello se le da el nombre correspondiente. Si las raíces crecen en el *suelo in situ*: *cultivo tradicional*; si crecen sólo en una solución nutritiva: *hidroponía* propiamente dicha; si las raíces crecen en el aire y son asperjadas por una solución nutritiva: *aeroponía* y cuando éstas crecen en una matriz porosa distinta al suelo *in situ*: *cultivos en sustratos* (Valenzuela & Czepulis, 2018).

Por otro lado, un término muy difundido en Centroamérica y el Caribe es *organoponía* (Valenzuela, 2011), llamada así a la técnica de cultivo establecida sobre sustratos preparados mezclando materiales orgánicos con capa vegetal, los cuales se colocan dentro de contenedores, camas o canteros y se instalan en lugares o espacios vacíos en zonas densamente pobladas, donde el suelo resulta improductivo por diferentes razones (Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical [INIFAT], 2007). Su denominación se originó en Cuba a partir de la crisis de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) en la década del '90, cuando no se podía disponer de agroquímicos de síntesis química (Castañeda et al., 2017; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2019). Esta tecnología se basa en el uso de sustratos orgánicos que

¹ Sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo *in situ*; natural o de síntesis, mineral u orgánico que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical desempeñando la función de soporte para la planta y puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la misma (Abad Berjón et al., 2004)

proveen además del soporte para la planta, la nutrición de la misma (Valenzuela, 2010).

La International Society for Horticultural Science [ISHS], cuyo objetivo es promover y fomentar la investigación, la educación en todas las ramas de la ciencia hortícola y facilitar la cooperación y la transferencia de conocimientos a escala mundial a través de sus simposios y congresos, publicaciones y estructura científica (IHS, 2019); tiene en su organigrama 14 divisiones, una de las cuales se denomina *Protected Cultivation and Soilless Culture* (cultivo bajo cubierta y cultivo sin suelo), dentro de esa área están los grupos de trabajo tales como: *Substrate Analysis* (análisis de sustratos), *Hydroponics and Aquaponics* (hidroponía y acuaponía) y *Growing Media* (sustratos); por lo tanto queda claro que a nivel internacional tienen un lugar relevante todos los aspectos relacionados al cultivo sin suelo.

Dentro de la *hidroponía* propiamente dicha las técnicas más difundidas son: en soluciones nutritivas (agua + fertilizantes solubles) como la Técnica a Raíz Flotante (TRF), Técnica con Flujo Laminar de Nutrientes o Nutrient Film Technique (NFT), New Grow System (NGS) ó Multibanda (Urrestarazu Gavilán, 2004). Éstas constituyen sistemas cerrados donde la raíz de los cultivos está en contacto directo con la solución nutritiva, la que se consume con la evapotranspiración, no sólo no hay lixiviados, sino que toda el agua y los nutrientes suministrados son absorbidos por las plantas, dando altas tasas de eficiencia en ambos casos. Por otro lado, la Técnica de Cultivo en Sustratos (TCS), puede ser a sistema abierto ó cerrado (Amm, 1995; Urrestarazu Gavilán, 2004); en el primer caso el impacto ambiental es significativo, es por ello que existe una tendencia al uso de la recirculación de los drenajes. Los resultados de las experiencias realizadas en la EEA San Pedro utilizando estos sistemas en contenedores con sustratos, reciclando la solución nutritiva, indican que son promisorios, tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

Las ventajas y desventajas del *cultivo sin suelo* respecto de los cultivos tradicionales son bien conocidas (Amm, 1995; Savvas & Passam, 2002; Vidal Morales, 2004; Gilsanz, 2007; Raviv & Lieth, 2008; Beltrano, 2015; Valenzuela & Czepulis, 2018) y se las puede resumir de la siguiente manera: reduce la presencia de enfermedades de suelo, simplifica el control de la nutrición, reduce la jornada laboral y mejora la ergonomía, las raíces se desarrollan mejor, elimina la presencia de malezas, reduce las aplicaciones de pesticidas, no necesita del suelo agrícola, mejora la uniformidad y productividad, mayor economía del agua, alta eficiencia en el uso de fertilizantes y pueden adaptarse tanto a la pequeña agricultura familiar, como a pequeñas y medianas empresas, así como a las grandes. Como desventajas más significativas se puede mencionar que requieren un mayor costo inicial, tener conocimiento de la técnica, el uso de sistemas abiertos sin recirculación deja pasivos ambientales importantes, es insumo fósil dependiente, acceso al agua de buena calidad, timing de acción pues los desbalances nutricionales afectan inmediatamente al cultivo.

En Argentina el *cultivo sin suelo* tiene relevancia a partir del uso de sustratos en el viverismo, principalmente en la producción de plantas ornamentales de interior y en las plantineras hortícolas y forestales, con una demanda cada vez más creciente por el uso de materiales que reemplacen la tierra en el enmacetado de plantas de viveros ornamentales (Valenzuela, 2009; 2012). Específicamente en la producción de hortalizas frescas, la demanda comienza a desarrollarse en lugares donde los suelos son poco fértiles, están degradados por el uso no sustentable del mismo y del manejo irracional del riego, donde los productores deben cambiar de sitio los invernaderos para seguir produciendo. También, en determinadas situaciones específicas donde no hay suelo, como patios, terrazas, rellenos de nuevos complejos habitacionales, y en menor medida, pero cada vez más frecuente, en los periurbanos de los cinturones verdes donde se requiere de alta productividad por superficie y estabilidad

de la misma debido al alto alquiler de la tierra y la cercanía a los centros de consumo. Por último, una demanda más reciente es por las restricciones del uso del bromuro de metilo

utilizado para la desinfección de suelos, los cultivos de mayor interés en el país en sistemas sin suelo son la frutilla y el tomate

La sustentabilidad y el agroecosistema

El desarrollo sostenible es aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987). Pero el concepto de sustentabilidad tiene varios inconvenientes al momento de su evaluación, como la ambigüedad y poca funcionalidad del término, su característica multidimensional (productiva, ecológica, cultural, temporal, social y económica), dificultad de percibir claramente el problema desde el enfoque disciplinario o reduccionista predominante en el ámbito científico académico, entre otros (Sarandón, 2002).

Existen diferentes definiciones sobre el desarrollo sostenible y encuentros mundiales sobre el tema hasta llegar a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Los objetivos y metas de este acuerdo son de carácter integrado e indivisible, donde se conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015; Pastor Pérez et al., 2016). En ese sentido, hasta la Iglesia Católica toma una postura clara en la Encíclica Papal Laudato si (Francisco, 2015); haciendo una exhortación universal para cambiar modos de pensar, modos de actuar, modos de producir y modos de consumir. Pero a pesar de que este problema está en la agenda de los líderes mundiales no hay consenso debido a la disparidad y complejidad de intereses entre los diferentes países.

Tal como lo contiene el concepto de sustentabilidad, hay que proyectar el impacto y consecuencias de los sistemas productivos actuales al largo plazo sabiendo que los agroecosistemas son sistemas abiertos cada vez más dependientes de insumos fósiles (Sarandón et al., 2014). En donde, el proceso de intensificación de la producción agrícola conlleva una alta entrada de energía a los sistemas productivos, los cuales son el resultado de la interacción del uso de los recursos naturales, tecnológicos y humanos, en un esquema de globalización y políticas públicas que enmarcan sus límites. ¿Cómo estamos armando este rompecabezas en la producción frutihortícola, de plantas ornamentales, aromáticas y medicinales? ¿Estamos manejando los agroecosistemas de forma inteligente, responsable y éticamente correcta?

Existen otras dificultades que se relacionan con la instrumentación de metodologías para la evaluación de la sustentabilidad. Se ha avanzado mucho en los últimos años, la diversidad de métodos es grande y no existe uno ideal que sirva de receta general, siendo que estos métodos cobran sentido en la aplicación a casos particulares porque permiten determinar el grado relativo de sustentabilidad de un sistema (Pastor Pérez et al., 2016). Por otro lado, todavía son escasas las evaluaciones de sustentabilidad de las producciones de cultivos intensivos en nuestro país, los avances más significativos son estudios de casos puntuales y se aplican metodologías que aún están en etapa de validación

Evaluación de la sustentabilidad en cultivos hortícolas de Argentina

La producción hortícola representa el 11 % del producto bruto agrícola del país con una superficie cultivada de 600.000 hectáreas. El 90 % de la producción nacional se consume en fresco y se comercializa en mercados mayoristas, verdulerías e hipermercados, el restante 10 % se industrializa; por otro lado, el consumo diario en Argentina ronda los 140 g por habitante y por día, lejos de lo aconsejado por la Organización Mundial de la Salud, que recomienda 400 g (Galmarini, 2018). Esta brecha solo puede ser acortada con campañas de concientización sobre los beneficios del consumo de productos frutihortícolas, ampliación de la superficie cultivada y/o mayor intensificación productiva sustentable. En ese sentido, la producción bajo cubierta trae problemas/oportunidades de acuerdo a las características agroecológicas y socioeconómicas de los distintos territorios y con ello la necesidad de valorar la vulnerabilidad de los agroecosistemas.

En nuestro país se realizaron evaluaciones de la sustentabilidad en producciones intensivas a través de la aplicación de diferentes esquemas de evaluación. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA ha desarrollado dos modelos de indicadores: el Agro Eco Index Periurbano (AEIp) y Sistema de Evaluación Ponderada de Impacto Ambiental (SEPIA); adaptados a la realidad de la horticultura periurbana (Mitidieri, 2014).

Con el AEIp desarrollado por Frank (2014); basado en el desarrollo de Viglizzo et al., (2006); se valoró la gestión ambiental de producciones periurbanas de lechuga en la Región de Colonia Caroya en Córdoba, y se concluyó que la eficiencia del uso de agua y el uso intensivo de plaguicidas constituyen factores clave a mejorar (Bracamonte et al., 2015). Este sistema de evaluación permitió validar a nivel de

productor, y en un cultivo de tomate bajo cubierta, que la biosolarización versus el uso del bromuro de metilo es más sostenible en relación con el riesgo de contaminación con plaguicidas y en el consumo de energía fósil (Pagliaricci et al., 2016). El AEIp fue usado también en establecimientos hortícolas seleccionados con diferente grado de incorporación de tecnología de las provincias de Buenos Aires, Chaco y Córdoba (D' Angelcola, et al., 2017), según estos autores es una herramienta que aún se encuentra en adaptación y validación a campo, siendo necesario focalizar en la obtención de los valores de referencia para los indicadores. Según lo mencionado y en un estudio realizado en tres establecimientos con diferente manejo del sistema productivo hortícola del cinturón verde de la ciudad de Córdoba, Matoff et al. (2018) mencionan que aún estando en un proceso de obtención de valores de referencia para la validación de los resultados, el AEIp permitió diferenciar a través de los indicadores tales como consumo de energía y eficiencia en su uso, contaminación por nitrógeno, fósforo y plaguicidas, consumo de agua e ingresos estandarizados, en los distintos manejos de los productores.

El otro esquema de evaluación utilizado en nuestro país es el SEPIA, elaborado en conjunto con Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], es una adaptación del sistema APOIA Novo Rural (Rodrigues & Campanhola, 2003). Fue aplicado específicamente en la implementación de los indicadores de calidad de suelo en cuatro establecimientos de productores hortícolas del periurbano de Baradero (Buenos Aires), indicando que fueron adecuados para reflejar el estado de los suelos y vincularlos con las prácticas de manejo. Los resultados de suelo en todos los sitios analizados mostraron problemas

de salinidad, alcalinidad, hiperfertilización y en algunos casos pérdida de materia orgánica (Cuellas et al., 2017). En trabajos con el mismo grupo de productores Delprino et al. (2018), concluyen que el SEPIA logró ser una herramienta valiosa para evaluar el desempeño ambiental y socio económico de las producciones intensivas periurbanas. También fue utilizado en otras localidades de la provincia de Buenos Aires (Zárate, Campana, Luján, San Pedro, La Plata) y otras provincias como Entre Ríos (Concordia), Corrientes (Bella Vista) y Chaco (Resistencia). Su aplicación identificó en forma objetiva puntos críticos para la corrección del manejo y se integra en un índice de sostenibilidad para el establecimiento rural que se expresa gráficamente, lo cual facilita la interpretación (D'Angelcola, et al., 2015 y 2018).

Por otro lado, usando otras metodologías, tal como el marco conceptual propuesto por Sarandón et al. (2014), se comparó la sustentabilidad de sistemas que producen en invernáculo con los que producen al aire libre en 16 establecimientos del Cinturón Hortícola Platense y los resultados indicaron que el cultivo bajo cubierta fue más sustentable en la dimensión económica que el cultivo al aire libre, pero fue menos sustentable en las dimensiones ecológica y social, con grandes puntos críticos (Brandi et al., 2015). Con este mismo marco conceptual metodológico, solo 4 de 43 establecimientos hortícolas de Bahía Blanca cumplieron con los requisitos de sustentabilidad. El valor obtenido del Indicador de Sustentabilidad General (ISG), permitió distinguir en tres categorías que muestran la mayor o menor tendencia a la sustentabilidad de las fincas relevadas (Diotto et al., 2018). Por otro lado, en función de un Índice de Importancia, siguiendo los criterios y categorías utilizados en la metodología propuesta por Conesa Fernández-Vítora (2010), se evaluó la sustentabilidad ecológica e impactos ambientales en producciones hortícolas del partido de Pueyrredón (Buenos Aires). Los valores de Importancia del Impacto revelaron

que los factores más afectados por la actividad fueron la calidad química, la estructura del suelo y la calidad del aire; además, las acciones que mayor agresividad indicaron al uso de plaguicidas y al laboreo del suelo (Daga et al., 2017). Usando la metodología basada en el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad [MESMIS] (Maser et al., 1999), se evaluó la sustentabilidad de 28 productores hortícolas familiares en el cinturón verde de Villa María y Villa Nueva de la Provincia en la Córdoba, los resultados identificaron puntos críticos positivos y negativos respecto de la sustentabilidad de los sistemas, quedando todavía por procesar más información para llegar a conclusiones definitivas (Martínez et al., 2018).

Específicamente sobre el recurso suelo, los resultados mencionados anteriormente, documentan la degradación del mismo debido al uso inapropiado de fertilizantes y enmiendas orgánicas, manejo del riego y calidad de agua; manifestándose claras evidencias de degradación física y química por salinización, alcalinización, sodificación, desequilibrios nutricionales y contaminación por exceso de nutrientes, presencia de enfermedades de suelo y nematodos, creando cuestionamientos sobre la sustentabilidad del sistema productivo.

En síntesis, en nuestro país está presente este debate sobre la producción de alimentos por su impacto ambiental y en la salud humana debido al uso de pesticidas, fertilizantes, abonos y enmiendas orgánicas, plásticos, uso del agua, entre otros; cuyo uso inadecuado resulta en la contaminación del medioambiente, presencia de residuos de pesticidas en los alimentos y la degradación de los recursos suelo y agua, entre los más significativos. Así es que existe un creciente consenso en la necesidad de una visión holística para abordar la complejidad de la sustentabilidad de los cultivos intensivos, distribuidos en muchos casos en áreas de alta vulnerabilidad como las periurbanas y/o urbana

Algunas consideraciones respecto de la sustentabilidad de los cultivos sin suelo

El cultivo bajo cubierta es una de las formas de intensificación productiva más utilizada en todo el mundo para la producción de alimentos frescos, flores de corte y también en la cadena del viverismo en la propagación y multiplicación de plantas ornamentales, hortícolas, forestales, frutales, entre otras. Específicamente en el uso de los cultivos sin suelo o hidropónicos para la producción de alimentos podría ser una respuesta tecnológica para mejorar la eficiencia energética, competitividad, mitigación del cambio climático, accesibilidad y seguridad alimentaria, constituyen componentes significativos en las características particulares de estos sistemas de producción tan intensivos; claro está, que siguiendo juicios racionales en el uso de insumos fósiles, buenas prácticas agrícolas y enmarcado en los criterios de sustentabilidad mencionadas anteriormente.

Con respecto de la seguridad alimentaria, el cultivo sin suelo se consolidó como una alternativa en la producción de hortalizas y medicinales en los huertos organopónicos principalmente de La Habana (INIFAT, 2007), donde las funciones que realizan se manifiestan en múltiples direcciones en los municipios, pues no sólo proporcionan seguridad alimentaria a la

población local, también funcionan como centro capacitador y de extensionismo de prácticas agroecológicas (Castañeda Abad et al., 2017). El cultivo sin suelo se propagó en América Latina y el Caribe como una opción imaginativa en la lucha contra la pobreza bajo el nombre de hidroponía popular o hidroponía familiar a través del Proyecto Regional para la Superación de la Pobreza en América Latina y el Caribe (RLA/86/004), desarrollado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en distintos países de la región (Marulanda, 2003; Marulanda & Izquierdo, 2003).

El cultivo sin suelo, a través de sus diferentes prácticas, constituye en definitiva una tecnología para producir en forma diferente a la agricultura tradicional, pero hay que valorarla en el contexto de la vulnerabilidad de los agroecosistemas como una alternativa más en la intensificación de la producción. Como toda práctica agrícola, el uso y manejo que hagamos definirá el grado de impacto sobre la dimensión económica, ambiental y social (Tabla 1). En ese sentido, el diseño de la evaluación de la sustentabilidad es un asunto complejo en el que se deben profundizar los esfuerzos en la generación de nuevos conocimientos

Tabla 1: Sustentabilidad de los *cultivos sin suelo* en la intensificación de la producción.

| Dimensión | Componentes | Características de los cultivos sin suelo |
|-------------|--------------------------------|--|
| ECONÓMICA | Cultivos | Alta productividad (rendimiento y ciclos) por superficie |
| | | Calidad y homogeneidad de productos |
| | | Seguridad de cosecha |
| | | Permite la máxima expresión genética |
| | Sustratos y contenedores | Alta eficiencia de uso de insumos derivados del petróleo (fertilizantes, plásticos, etc.) por consumo total por el cultivo de la solución nutritiva en NFT, NGS, raíz flotante y sustratos con recirculación |
| Empresarial | | Utilización de sustratos y contenedores en más de un período de cultivo (pileta, caños, macetas, sacos, bandejas multiceldas) |
| | | Diversificación de la agricultura. Complementación de sistemas de producción en suelo y sin suelo |
| AMBIENTAL | Malezas, plagas y enfermedades | No se usan herbicidas Disminución en aplicaciones de fungicidas e insecticidas por mejor sanidad de cultivos |
| | Agua y solución nutritiva | Uso de agua de lluvia para mejorar la nutrición y evitar el uso de ácidos |
| | | Menor competencia con el uso urbano por bombeo agua subterránea |
| | | Sin lixiviados por consumo total por la planta de la solución nutritiva en NFT, NGS, raíz flotante y sustratos con recirculación |
| | Cultivos | Permite la máxima expresión genética de los cultivos según un "ambiente controlado" |
| | Sustratos | No hay uso de desinfectantes de suelo |
| | | No hay erosión, compactación y degradación química del suelo |
| | | Uso de sustratos eco-compatibles ² |
| | | De ser necesario se pueden solarizar o vaporizar los sustratos para su reutilización |
| | Maquinarias y combustible | No se usan maquinarias agrícolas y combustibles en las labores de campo |
| SOCIAL | Seguridad alimentaria | Accesibilidad de alimentos frescos en lugares donde no hay suelo o es menos fértil |
| | | Alternativa a la escasez de tierras en los cinturones hortícolas |
| | | Se adapta a pequeña agricultura familiar como a PYMES y grandes empresas |
| | Productores-Trabajadores | Nuevos productores (emprendedores, empresarios-inversores, creación de cooperativas, otros) |
| | | Profesionalización del trabajador Las actividades ergonómicas durante las horas de trabajo son de bajo esfuerzo y de adecuada calidad posicional |

² Los sustratos eco-compatibles se han derivado de materiales orgánicos de muy variada procedencia y todavía más variada composición y propiedades, originados a partir de gestionar de forma adecuada los residuos orgánicos generados en los sectores agrícolas, agroindustriales, forestales y urbanos suministrando. Estos sustratos de cultivo son una alternativa al uso de la turba debido a los problemas de la explotación de las turberas, el fuerte impacto ambiental de la extracción y los elevados costes de una correcta restauración posterior (Massaguer et al., 2005).

Conclusiones de la necesidad de generación de conocimiento en cultivos sin suelo sustentables para la producción de alimentos

Si partimos de la base que los agroecosistemas tienen como característica su complejidad funcional, es menester que exista una dinámica en la generación de conocimientos que permita el desarrollo de tecnologías apropiadas para el desarrollo sustentable de los cultivos sin suelo, asumiendo que el paradigma tecnocrático como solución de los problemas ambientales tampoco sería la respuesta correcta y absoluta.

En el mundo posmoderno actual los flujos de información nos hacen pensar en nuevos enfoques respecto de la creación y difusión del conocimiento, el trabajo en red de centros de investigación, la accesibilidad de publicaciones y tutoriales a través de internet y el uso de redes sociales facilitan la comunicación horizontal entre los integrantes de la cadena productiva y nos presenta nuevos desafíos a la hora de la toma de decisiones. Pero sin dudas que la tarea pendiente es la difusión y capacitación en los sistemas de producción en cultivo sin suelo, tanto en sus beneficios como desafíos, así como también en la implementación práctica de la tecnología.

A continuación, se mencionan algunas líneas de Investigación + Desarrollo e Innovación que se deberían abordar en Argentina a fin de generar conocimientos para la producción de cultivos hidropónicos sustentables:

- Valoración de la calidad alimenticia, poscosecha y la inocuidad para la salud humana de los alimentos producidos.
- Elaboración de protocolos de buenas prácticas agrícolas en las producciones intensivas de los cultivos sin suelo.
- Estudio de las relaciones causales de la presencia de enfermedades y plagas con deficiencias nutricionales para reducir la aplicación de pesticidas.
- Evaluación de diferentes soluciones nutritivas según cultivos, estados fenológicos, calidad de agua y características físico-químicas y químicas de los sustratos a fin de reducir y optimizar el uso de fertilizantes.
- Estudio del manejo de la interacción entre la cantidad y calidad del agua suministrada, las propiedades físicas, físico-químicas y químicas de los sustratos y el tipo y tamaño del contenedor (macetas, sacos, piletas, caños, otros) con la finalidad de desarrollar diseños innovativos para diferentes situaciones regionales y locales del país.
- Desarrollo de sistemas organopónicos usando sustratos ecocompatibles basados en compost provenientes del reciclado de residuos orgánicos locales.
- Cuantificación del reciclado de materiales utilizados (contenedores, mangueras, plásticos, otros), vida útil de sustratos y equilibrio nutricional en soluciones recirculadas que aumenten la eficiencia del uso de insumos fósiles.
- Análisis económico y formulación de proyectos de inversión para distintos cultivos y zonas geográficas.

Agradecimientos

Al Grupo de Investigación Aplicada Gestión Social y Ambiental, en particular a Juan Carlos Díaz, Mirta Ciaponi, Cecilia del Pardo y Julio Celies por los trabajos en los invernáculos y laboratorio quienes han puesto lo mejor de sus capacidades y excelente predisposición para llevar adelante los ensayos. Al Ing. Agr. José Cepulis Casares por los aportes realizados en el manuscrito producto de las conversaciones diarias en la EEA San Pedro.

Bibliografía

- Abad Berjón, M.; Noguera Murray, P. & Carrión Benedito, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Urrestarazu Gavilan, M. ed. *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid, España, Mundi-Prensa. p. 113-158.
- Amma, A. 1995. Cultivo sin suelo, definiciones y antecedentes. *Curso cultivo hidropónico de hortalizas*. EEA INTA San Pedro. 20 de octubre 1995, San Pedro, Buenos Aires.
- Beltrano, J. 2015. Introducción al cultivo hidropónico. In: Beltrano, J. & Gimenez, D. Coord. *Cultivo en hidroponía*. (p. 10-33) La Plata, Argentina, Ed. Universidad Nacional de La Plata.
- Blandi, M.L.; Sarandón, S.J.; Flores, C.C. & Veiga, I. 2015. Evaluación de la sustentabilidad de la incorporación del cultivo bajo cubierta en la horticultura platense. *Revista de la Facultad de Agronomía*, La Plata. 114(2):251-264.
- Bracamonte, E.; Angulo, E.; Muñoz, C.; Zaya, R.; Giusiano, M.; Lorenzatti, L.; Matoff, E.; Zarate, C.; Frank, F. & Mitidieri, M. 2015. Evaluación ambiental de producciones periurbanas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Colonia Caroya, Córdoba, mediante el uso de indicadores de sustentabilidad. In: XXXVIII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. 5 al 8 de octubre de 2015. Bahía Blanca, Argentina. Resúmenes trabajos. *Horticultura Argentina* 34(85):65.
- Castañeda Abad, W.; Herrera Sorzano, A.; González Sousa, R. & San Marful Orbis, E. 2017. Población y organoponía como estrategia de desarrollo local. *Novedades en Población* 13(25):43-55.
- Conesa Fernández-Vitora, V. 2010. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid, España, Mundi-Prensa. 800 p.
- Cuellas, M.; Delprino, M.R.; D'angelcola, M.E.; Valenzuela, O.R.; Czepulis, J.; Del Pardo, K.; Ciaponi, M. & Mitidieri, M. 2017. Evaluación de la calidad de los suelos hortícolas periurbanos mediante el uso de indicadores. In: *Periurbanos hacia el consenso: 1° Encuentro Nacional sobre Periurbano e Interfases Críticas, 2° Reunión Científica del PNNAT y 3° Reunión de la Red PERIURBAN*. 12 al 14 de setiembre 2017, Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-la-calidad-de-los-suelos-horticolos-periurbanos-mediante-el-uso-de-indicadores>.
- Daga, D.Y.; Zulaica, L.; Ferraro, R. & Vazquez, P. 2017. Expansão e intensificação hortícola na comarca de General Pueyrredon, Argentina: Sustentabilidade ecológica e impactos ambientais. *Geografia em Questão*. 10(02):102-117.
- D'Angelcola, M.E; Constantino, A.; Torres, G.; Mitidieri, M.; Stachetti Rodrigues, G. & Delprino, M. R. 2015. Adaptación del sistema de evaluación de impacto ambiental Apoya Novo Rural a las explotaciones intensivas de Argentina. In: *IV*

- Congreso Internacional de Servicios Eco sistémicos en los Neo trópicos: de la investigación a la acción. 30 de setiembre al 3 de octubre 2015. Mar del Plata, Argentina.
- D'angelcola, M.E.; Frank, F.; Delprino M.R.; Matoff, E.; Constantino, A.; Ricard, F. & Mitidieri M. 2017. Agroecoindex periurbano: una herramienta para evaluar la gestión ambiental en establecimientos hortícolas. In: *Periurbanos hacia el consenso: 1° Encuentro Nacional sobre Periurbanos e interfaces críticas 2° Reunión Científica del PNNAT y 3° Reunión de la Red PERIURBAN.* 12 al 14 de setiembre 2017, Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://inta.gov.ar/sites/default/files/intasp-agroecoindex-periurbano-dangelcola-y-otros->
- D'angelcola M.E.; Delprino M.R.; Mitidieri, M. & Stachetti Rodrigues, G. 2018. Sistema SEPIA (Sistema de Evaluación Ponderada de Impacto Ambiental): diagnóstico y monitoreo del impacto de las producciones intensivas. In: Tiftonell. P. & Giobellina, B. Comp. *Periurbano hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio.* (p. 168-170). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA.
- Delprino, M.R.; D'angelcola, M.E.; Cuellas, M.; Stachetti Rodrigues, G.; Sanchez, F.; Heguiabeheri, A.; Del Pardo, K.; Ciaponi, M.; Czepulis, J.; Bernardez, A.; Barbieri, M.; Brambilla, V. & Mitidieri, M. 2018. Implementación del sistema SEPIA en productores del cinturón hortícola de Baradero, provincia de Buenos Aires, Argentina. In: Tiftonell. P. & Giobellina, B. Comp. *Periurbano hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio.* (p. 619-622). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA.
- Diotto, M.C.; Lorda, M.A. & Sarandón, S.J. 2018. Caracterización de la sustentabilidad de los sistemas productivos hortícolas del periurbano de la localidad de Bahía Blanca. In: Tiftonell. P. & Giobellina, B. Comp. *Periurbano hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio.* (p. 459-462). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2019. *La Habana: Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe.* Roma, Italia. Recuperado de http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/cmvalc/la_habana.html.
- Francisco. 2015. *Carta Encíclica Laudato si.* Vaticano, Italia. Recuperado de <https://www.vidanuevadigital.com/documento/enciclica-laudato-si-del-papa-francisco-pdf>.
- Frank, F. 2014. Presentación práctica AGROECOINDEX Periurbano. *Curso: Introducción a dos sistemas de evaluación de impacto ambiental para su aplicación en actividades intensivas urbanas y periurbanas.* EEA AMBA, Buenos Aires. 10 y 11 de junio 2014. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=XakiXMho7DM&=&index=8&=&list=PLDpG01r5aGuemg_EoP3X98ouuovx-p_bw.
- Galmarini, C. 2018. Desafíos y Oportunidades de la Horticultura en Argentina. In: XL Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. 2 al 5 de octubre de 2018. Córdoba, Argentina. Resúmenes disertaciones. *Horticultura Argentina* 37(94):285-286.
- Gilsanz, J.C. 2007. *Hidroponia.* Montevideo, Uruguay, INIA-Prontográfica. 31 p.
- Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical [INIFAT]. 2007. *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida.* 6ª ed. La Habana. 187 p.
- International Society for Horticultural Science [ISHS]. 2019. Leuven, Belgium. Recuperado de <https://www.ishs.org/ishs-world-wide-horticultural-network>.
- Martínez, J.; Issaly, L.; Becerra, V. & Vigliocco, M. 2018. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas productivos hortícolas familiares en el cinturón verde de Villa María y Villa Nueva (Provincia de Córdoba, República Argentina). In: Tiftonell. P. & Giobellina, B., Comp. *Periurbano hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio.* (p. 514-517). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA.

- Marulanda, C. 2003. *Hidroponia familiar: rendimientos de esperanza con rendimientos de paz*. Armenia, Colombia. FUDESCO Armenia-PNUD. 173 p.
- Marulanda, C. & Izquierdo, J. 2003. *La huerta hidropónica popular: curso audiovisual*. 3ª ed., Santiago de Chile, Chile, Manual Técnico FAO. 131 p.
- Masaguer, A.; Cruz López, M. & Navas, M. 2005. Sustratos de cultivo: nueva alternativa eco-compatible. *Phytohemeroteca* 169. Recuperado de <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/169-mayo-2005/sustratos-de-cultivo-nueva-alternativa-eco-compatible>.
- Masera, O.; Astier, M. & López-Ridaura, S. 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS*. Distrito Federal, México, Mundi-Prensa-GIRA- UNAM. 160 p.
- Matoff, E.; Zarate, C.; Mitidieri, M.; Delprino, M.R.; D'angelcola, E.; Frank, F.; Bracamonte, E. & Angulo, E. 2018. Evaluación de producciones hortícolas del periurbano de Córdoba mediante el uso de indicadores de gestión ambiental. In: Tiftonell. P. & Giobellina, B. Comp. *Periurbano hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio*. (p. 671-673). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA.
- Mitidieri, M. 2014. *Conflictos y desafíos para los horticultores periurbanos bonaerenses*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://inta.gov.ar/documentos/conflictos-y-desafios-para-los-horticultores-periurbanos-bonaerenses>.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. 2015. *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución A/RES/70/1*. Nueva York, USA. Recuperado de <http://www.ar.undp.org/content/dam/argentina/Publications/Agenda2030/PNUDArgent-DossierODS.pdf>.
- Pagliariacci, L.; Delprino, M.R.; Paganini, A.; Barceló, W.; Peña, L.; Bernardes, A.; Constantino, A.; Delpardo, C.; Ciaponi, M.; Brambilla, M.V.; Barbieri, M.; Piris, E.; Frank, F.; Paolinelli, N.; D'angelcola, E. & Mitidieri, M. 2016. *Impacto económico y ambiental de la sustitución del bromuro de metilo en la producción de tomate bajo cubierta: Estudio de caso en una empresa frutihortícola del partido de Zárate, Buenos Aires*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://inta.gov.ar/sites/default/files/intasp-impacto-ambiental-pagliariacci-delprino.pdf>.
- Pastor Pérez, M.P.; Ramos Ávila, A.E. & Santa María Torres, A. 2016. Evaluación de la sustentabilidad: una reflexión a partir del caso de la Red Nacional de Desarrollo Rural Sustentable (México). *Entreciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento* 4(9):61-72.
- Raviv, M & Lieth, J.H. 2008. *Soilless culture: Theory and Practice*. Amsterdam, Bélgica, Elsevier. 587 p.
- Rodrigues, G.S. & Campanhola, C. 2003. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(4):445-451.
- Sarandón, S.J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: Sarandón S. J. ed *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. (p. 393-414) La Plata, Argentina. Ed. Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S.J; Flores, C.C; Gargoloff, A. & Blandi, M.L. 2014. Análisis y evaluación de agroecosistemas: contribución y aplicación de indicadores. In: Sarandón, S. J & Flores, C. C. ed *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. (p. 375-410) La Plata, Argentina. Ed. FCAyF. UNLP. Edulp.
- Savvas, D. & Passam, H. 2002. *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Athens, Greece, Embryo Publications. 463 p.
- Valenzuela, O. R. 2009. *Caracterización y evaluación agronómica de materiales regionales usados en la formulación de sustratos para plantas*. Tesis (Dr.). Rosario, Universidad Nacional de Rosario. 153 p.
- Valenzuela, O.R. 2010. Organoponia: La revolución verde. *Revista Chacra N° 953, Suplemento Vida Rural*, 152:3098-3100.
- Valenzuela, O.R. 2011. *Organoponia. Seminario de horticultura urbana y periurbana*. 1 de noviembre 2011. INTA EEA San Pedro, Buenos Aires.

- Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=B9k831ymXAU>.
- Valenzuela, O.R. 2012. Uso actual y potencial de los sustratos para plantas en Argentina. In: *XXXV Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. Conferencia*. 23 al 27 de setiembre 2012. Corrientes, Argentina.
- Valenzuela, O.R. 2016. Sustratos. *Curso Manejo de plantas en contenedores*. 3 de agosto de 2016. San Pedro, Buenos Aires. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=AHWDwa-9xec>.
- Valenzuela, O.R. 2017. ¿Por qué cultivos hidropónicos sustentables?. *Jornada cultivos hidropónicos sustentables*. 25 de octubre 2017. San Pedro, Buenos Aires. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=X7hEGILfvy4&list=PLfE3iPasos5HEQFRJZe9XX5ugBBErFLV&t=585s&index=8>.
- Valenzuela, O.R. & Czepulis, J. 2018. *Cultivos hidropónicos*. INTA Cartilla de Suelos. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_cartilla_suelos_-_hidroponia.pdf.
- Vidal Morales, B. 2004. *Producción de hortalizas bajo sistemas hidropónicos, técnica de la película de nutriente (NFT) y cama de agua*. Tesis (Ing. Agr. Especialista Suelos). Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo. 111 p.
- Viglizzo E.F.; Frank F.C.; Bernardos J. & Buschiazzo de Cabo S. 2006. A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 117:109-134.
- Urrestarazu Gavilán, M. 2004. *Tratado de cultivo sin suelo*. 3ª ed., Madrid, España, Mundi Prensa. 914 p.
- World Commission on Environment and Development [WCED]. 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oslo, Noruega. Recuperado de <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

El cultivo sin suelo es una forma de producción que ha sido posible porque las raíces de las plantas pueden crecer en otros ambientes además del suelo. El INTA San Pedro lleva adelante trabajos en para conocer más sobre esta tecnología y sus apropiaciones. Este documento propone una síntesis de aspectos a tener en cuenta para considerar la técnica como una alternativa válida y sustentable para la producción de alimentos. Puntualiza tres dimensiones para pensar la intensificación de los cultivos hortícolas mediante esta forma de producir: económica, ambiental y social. También enumera ocho líneas de Investigación + Desarrollo e Innovación que se deberían abordar en Argentina a fin de generar conocimientos para la producción de cultivos hidropónicos sustentables.

ISSN 0327-3237 - Boletín de divulgación técnica



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación