



JESUITAS

SECRETARÍO PARA LA JUSTICIA SOCIAL Y EL AMBIENTE

PROMOTIO IUSTITIAE

"PORQUE LA RECONCILIACIÓN CON DIOS EXIGE LA RECONCILIACIÓN ENTRE NOSOTROS Y CON LA CREACIÓN." (CGS 32, 34, 36)

PROMOTIO IUSTITIAE, N. 4, 2024

Abordar el hambre oculta mediante el cultivo de hortalizas sin suelo

Introducción general

La agricultura urbana (AU), la práctica de cultivar, procesar y distribuir alimentos en zonas urbanas o en sus alrededores (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2023) se perfila como una solución sostenible a un problema mundial: el hambre oculta (Ulimwengu et al., 2023). El hambre oculta se caracteriza por una deficiencia de micronutrientes esenciales a pesar de una alimentación calórica adecuada. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) recomienda una alimentación diaria de 400 g de verduras y/o frutas. Sin embargo, en muchas zonas urbanas, especialmente en los países en desarrollo, la gente consume muy pocos de estos alimentos nutritivos por varias razones: (i) falta de disponibilidad debido a la falta de producción local, (ii) falta de acceso debido a la asequibilidad o a problemas de planificación urbana, (iii) problemas de utilización debido a la pérdida y desperdicio de alimentos, y (iv) inestabilidad temporal de los alimentos. El resultado suele ser la malnutrición: un estado fisiológico anormal causado por una alimentación inadecuada, desequilibrada o excesiva de macronutrientes y/o micronutrientes. La malnutrición incluye la desnutrición (es decir, las carencias de vitaminas y minerales, que conducen, por ejemplo, al retraso del crecimiento y la demacración infantil), así como el sobrepeso y la obesidad (Ulimwengu et al., 2023).

Aunque los espacios urbanos no tienen capacidad de producción para garantizar la seguridad alimentaria de sus habitantes, pueden complementar las dietas con frutas y verduras cultivadas localmente, mejorando así la alimentación de micronutrientes y, por tanto, la seguridad nutricional urbana (Martelozzo et al., 2014).

Además de abordar la seguridad alimentaria y el acceso a alimentos nutritivos, la AU también promueve la sostenibilidad socioeconómica y medioambiental. Cuando se aplica eficazmente, puede mejorar los medios de vida urbanos, ofrecer ingresos de subsistencia o de dinero en efectivo, reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos, y contribuir a la protección del medio ambiente. Además, como la AU no requiere un grande acceso a la tierra, al agua o a la riqueza, abre nuevas oportunidades, especialmente para las mujeres y los adultos jóvenes, fomentando un sentido de comunidad y empoderamiento.

Sin embargo, la aplicación de la AU en paisajes urbanos en expansión tiene sus propios retos. El espacio limitado, la mala calidad del suelo y el acceso a menudo inadecuado al agua, los fertilizantes, la luz solar y la energía son problemas comunes.

Sin embargo, técnicas innovadoras de producción de alimentos como la hidroponía, la bioaponía y la acuaponía, que no requieren un gran acceso a la tierra, el agua o inversiones iniciales, ofrecen soluciones prometedoras. Estas técnicas sin suelo son de tamaño flexible, por lo que las unidades pequeñas sólo requieren un par de metros cuadrados de un patio trasero, una azotea o una pared a la que se pueden fijar, en algunos casos. Además, son hasta cierto punto móviles, por lo que, si surgen problemas de tenencia de la tierra que obliguen a los hogares a trasladarse, pueden trasladarse junto con el resto del mobiliario doméstico. Cuando el agua escasea, puede utilizarse agua regenerada, es decir, aguas residuales de cocinas e incluso de lavanderías que han sido sometidas a tratamiento para eliminar contaminantes (Tao et al., 2017). Puede enriquecerse con fertilizantes líquidos para preparar una solución rica en nutrientes para el cultivo sin suelo. El fertilizante líquido puede producirse a partir de residuos orgánicos, incluidos residuos de alimentos como restos de verduras, cáscaras de frutas, pero también excrementos de gallinas o excrementos de insectos (Szekely y Jijakli, 2022). Mientras que las formas sencillas de hidroponía y bioaponía pueden no requerir energía, la acuaponía, la combinación de sistemas de acuicultura de recirculación con hidroponía (Junge et al., 2017) requiere energía para la recirculación del agua. No obstante, los paneles solares pueden proporcionar energía renovable. Así pues, la AU sin suelo es un excelente ejemplo de economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Este artículo profundiza en el potencial transformador de la AU sin suelo, explorando cómo puede combatir el hambre oculta, es decir, la inseguridad nutricional, y promover la sostenibilidad socioeconómica y medioambiental en nuestro mundo en rápida urbanización.

¿Por qué es importante la agricultura urbana?

Las zonas urbanas se enfrentan a numerosos retos. Por ejemplo, cada vez más personas se encuentran en los llamados desiertos de alimentos (Wright et al. 2016), es decir, zonas con acceso limitado a supermercados, tiendas de comestibles y mercados locales de alimentos. Por lo tanto, las zonas urbanas se enfrentan a un aumento de los costes sanitarios que pueden estar relacionados con dietas poco saludables, es decir, la desnutrición. La malnutrición es un término genérico que engloba la mala alimentación, ya se trate de un consumo o absorción inadecuados de nutrientes (es decir, desnutrición o hambre oculta), o de un consumo excesivo (es decir, sobrealimentación), que conducen a enfermedades como la obesidad, la diabetes y las cardiopatías.

Además, las ciudades en crecimiento con escasas zonas verdes están sometidas a un efecto de isla de calor, un fenómeno en el que las zonas urbanas son más cálidas que las zonas rurales circundantes. Las ciudades en contracción (Meng et al., 2021) se caracterizan por tener zonas sin utilizar, los llamados terrenos baldíos, que suelen estar muy contaminados y el suelo degradado. Estos retos se verán agravados por el cambio climático, con el aumento de las temperaturas medias, los riesgos de inundaciones, las

sequías y otros fenómenos meteorológicos extremos (Lumbroso, 2020), lo que provocará una escasez regional generalizada de agua y tierras cultivables, agravando la inseguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2009).

La AU puede contribuir a la resiliencia de los sistemas alimentarios, combatiendo los desiertos de alimentos y mejorando así el acceso de los consumidores a alimentos frescos y nutritivos. Esto es especialmente importante en las megaciudades del Sur Global, donde la expansión urbana se extiende a lo largo de varios kilómetros. En situaciones de ruptura de las cadenas de suministro y de valor (como en el caso de la pandemia COVID-19, los disturbios locales o incluso las guerras), la población urbana sigue teniendo acceso a alimentos sanos si se producen a nivel superlocal.

Las instalaciones de AU, por su parte, pueden protegerse de los riesgos meteorológicos asociados al cambio climático mediante sencillos sistemas de sombreado. Por otro lado, las AU también pueden contribuir a mitigar el efecto isla de calor. Al cultivar alimentos localmente, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al transporte de alimentos desde las zonas rurales a las urbanas. Los espacios verdes dentro de las ciudades pueden ayudar a preservar la biodiversidad y apoyar a los polinizadores. Al mismo tiempo, los espacios verdes actúan como esponjas y retienen las precipitaciones, que de nuevo evapo-transpiran y enfrían el entorno.

¿Qué son los métodos de cultivo sin suelo?

Los métodos de cultivo sin suelo consisten en cultivar plantas utilizando soluciones acuosas que contienen nutrientes (elementos) esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio y hierro.

La hidroponía convencional depende principalmente de fertilizantes minerales no renovables para el suministro de nutrientes (Maucieri et al. 2019). Además, algunas granjas hidropónicas utilizan sistemas abiertos en los que la solución agotada, que aún contiene nutrientes, se vierte después de un solo uso, ya que muchos países carecen de legislación que exija el reciclaje o el tratamiento de los efluentes.

La bioponía (Figura 1) se refiere a un método de cultivo que utiliza fuentes de nutrientes orgánicos dentro de los métodos de cultivo hidropónico (Gartmann et al., 2023). Estas fuentes de nutrientes orgánicos, por ejemplo, residuos de alimentos o excrementos de pollo, se reciclan normalmente en una solución rica en nutrientes que puede utilizarse para el crecimiento de las plantas (Szekely y Jijakli, 2022).

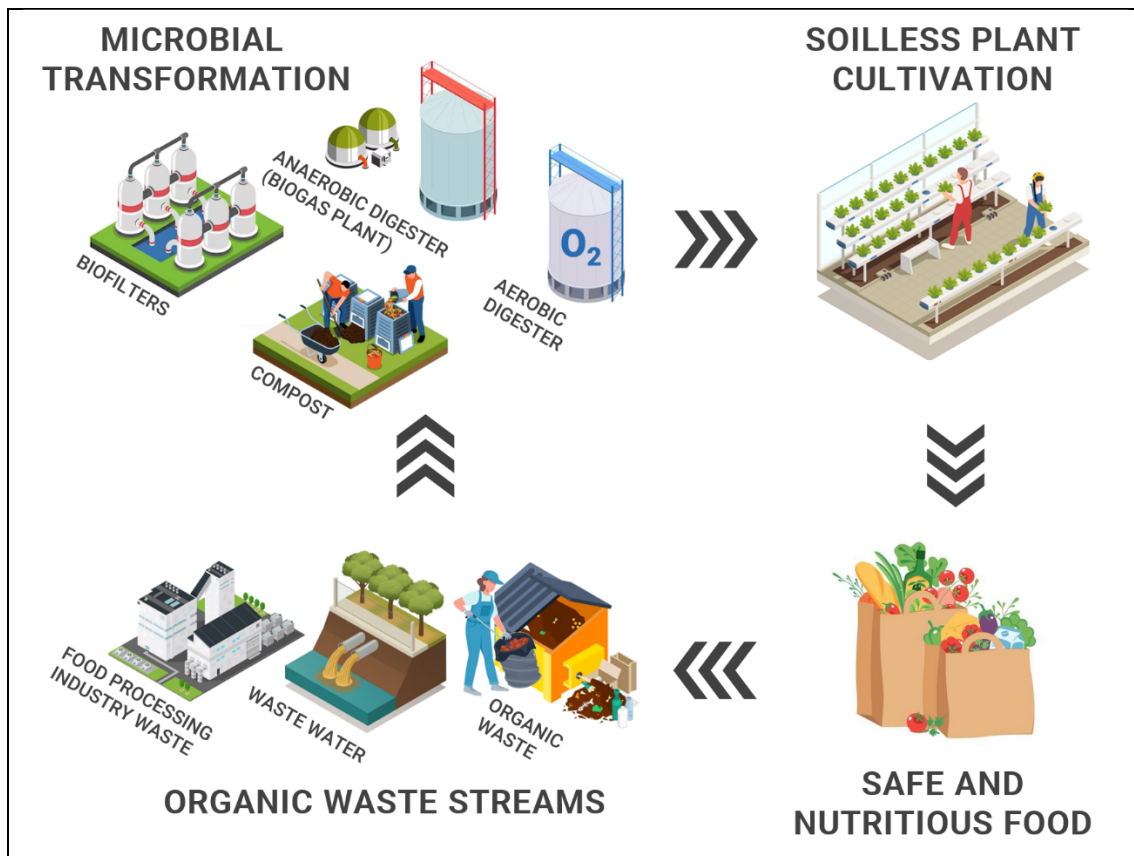


Figura 1. El concepto de bioaponía.

Ilustración: Cortesía de Michał Słota, <https://www.contentfarmers.eu/>.

Recientemente, además de la hidroponía, han surgido muchos términos "pónicos", como: acuaponía, digeponía, antroponía, fogponía, aeroponía y organoponía. Fogponics y aeroponics son métodos diferentes de suministro de solución nutritiva a las raíces de las plantas. La antroponía y la digeponía se refieren al uso de orina y excrementos humanos, respectivamente, en el cultivo de plantas, y son formas de bioaponía.

La acuaponía, por su parte, es un sistema que combina la acuicultura (cría de animales acuáticos como peces en tanques) con la hidroponía (cultivo de plantas en el agua) (Graber y Junge, 2009). Los desechos de los peces sirven de alimento orgánico a las plantas, y éstas filtran naturalmente el agua para los peces. Por tanto, la acuaponía es también una forma de bioaponía. Aunque la acuaponía ha recibido una atención considerable recientemente (Goddek et al., 2019) otras formas de bioaponía aún no se han investigado en profundidad. Esta contribución se centra en la hidroponía, la bioaponía y la acuaponía.

¿Por qué es preferible para la AU el cultivo de productos frescos independientes del suelo?

Hay varias razones por las que los métodos de cultivo independientes del suelo (o sin suelo) pueden ser preferibles a la producción tradicional ligada al suelo dentro de la huella de la ciudad. Una de las principales razones es la **mala calidad del suelo**: Los suelos urbanos suelen estar degradados, lo que significa que pueden ser excesivamente salinos, tener un bajo contenido en materia orgánica, estar compactado y su superficie sellada. Además, la degradación conlleva la contaminación debida a las actividades industriales y a la eliminación de residuos. Esto significa que el uso convencional de las tierras de cultivo urbanas es cada vez más difícil, lo que también afecta a la calidad y seguridad de los alimentos producidos. Otro aspecto a tener en cuenta es que la eliminación de residuos es también la posible contaminación de los suelos con microorganismos patógenos para el ser humano, como *Escherichia coli* o *Salmonella* spp. Las infecciones con estos microorganismos pueden causar enfermedades e incluso la muerte (Black et al. 2021). Como la hidroponía, la bioponía y la acuaponía no dependen del suelo, se eliminan en gran medida los problemas relacionados con la degradación y la contaminación del suelo.

La otra razón es **el espacio limitado**: La agricultura está limitada espacial y temporalmente. Por lo tanto, encontrar espacio es un requisito básico para cualquier forma de AU. Los cultivos sin suelo pueden utilizar eficazmente espacios urbanos como patios traseros, azoteas y muros para producir verduras y/o frutas (Tabla 1). Como los sistemas pueden apilarse verticalmente, son ideales para entornos urbanos.

Otras ventajas del cultivo sin suelo son la eficiencia en el uso del agua y la reducción de la infestación por plagas y enfermedades de las plantas. Como el agua se recicla en los sistemas de cultivo sin suelo, se produce un ahorro sustancial de agua en comparación con la agricultura tradicional. Además, el entorno controlado de los sistemas sin suelo reduce la necesidad de pesticidas y herbicidas nocivos.

Tabla 1. Espacios potenciales para la agricultura urbana sin suelo.

Categoría	Descripción
Espacios entre los edificios	Parques y otros espacios verdes públicos Terrenos urbanos abandonados Espacios a lo largo de las carreteras Túneles y cuevas
Espacios asociados a los edificios	Azoteas Fachadas y otros muros Balcones, alféizares Espacios interiores (habitaciones, bodegas)
Sistemas móviles	Cajas y bolsas de cultivo Contenedores móviles Contenedores marítimos
Espacios ligados al agua	Cauces urbanos Aguas estancadas urbanas (estanques, lagos)

¿Cuáles son los retos y las limitaciones de la agricultura sin suelo?

La AU independiente del suelo, a pesar de sus numerosas ventajas, se enfrenta a varios retos que pueden dificultar su aplicación generalizada y su eficacia. El espacio limitado en las zonas urbanas restringe la ampliación de los sistemas de AU. Por ejemplo, el tamaño medio de una granja comercial en una azotea es de 650 m² (Bühler y Junge, 2016). En muchas ciudades europeas es difícil encontrar una azotea resistente o un espacio abierto de este tamaño. Por lo tanto, a diferencia de la agricultura convencional, basada en el suelo, la AU no puede ampliar los sitios existentes, sino que necesita escalar, ya sea mediante la multiplicación de sitios o yendo en vertical, y así muchas unidades pequeñas necesitan ser operadas y monitoreadas en lugar de unas pocas y grandes. Esta fragmentación y descentralización plantean sus propios retos.

Los agricultores urbanos pueden tener dificultades también para acceder a los recursos necesarios: como agua, energía, semillas y equipos agrícolas. Muchas ciudades en expansión sólo disponen de suministro intermitente de agua y energía. Además, el costo del suelo urbano y del agua puede ser elevado, y la tenencia del suelo problemática. Además de los problemas de tenencia del suelo, las AU pueden enfrentarse a otros retos legales y normativos. Las leyes de zonificación, por ejemplo, pueden no permitir las actividades agrícolas en zonas urbanas.

Dependiendo de la sofisticación tecnológica, la construcción y el mantenimiento de los sistemas de producción sin suelo pueden requerir, aunque no necesariamente, una mayor inversión inicial en comparación con el cultivo tradicional (Fussy y Papenbrock, 2022).

El cultivo sin suelo puede no requerir más mano de obra que la agricultura convencional, pero sin duda más capital humano, ya que exige conocimientos y habilidades más amplios a los cuales los residentes urbanos pueden no tener inicialmente acceso. Especialmente en los sistemas de recirculación (cerrados) sin suelo, existe el riesgo de multiplicación incontrolada de patógenos. Por lo tanto, deben establecerse procedimientos de gestión y medidas de seguridad para prevenir las infecciones, lo que también está relacionado con el capital humano.

Introducción de la agricultura sin suelo en las ciudades africanas

El proyecto “Tecnologías integradas y circulares para sistemas alimentarios sostenibles en las regiones urbanas de África” (INCiTIS-FOOD, <https://incitis-food.eu/>) se centra en la introducción de prácticas agroalimentarias circulares (hidroponía, acuaponía, sistemas de acuicultura de recirculación y cría de insectos) en las regiones urbanas africanas. Los cimientos de INCiTIS-FOOD son ocho laboratorios vivos urbanos en seis países africanos: Tamale (Ghana), Nairobi y Nakuru (Kenia), y Franceville (Gabón), Bamenda (Camerún), Lagos e Ibadan (Nigeria), y Moyamba (Sierra Leona). El personal de los laboratorios vivos se reunió para recibir formación

de los formadores en Tamale, Nakuru y Franceville. Los formadores, expertos en tecnologías sin suelo, procedían de Alemania, Israel y Suiza. Las sesiones de formación fueron intensivas, participativas y muy colaborativas, abarcando tanto conocimientos teóricos como aprendizaje práctico de prácticas agroalimentarias sostenibles.

Lo que realmente enriqueció estos encuentros fue la rica mezcla de personas, culturas, entornos y climas. Gracias a las interacciones entre unos y otros y a la inmersión en las diversas culturas, todos los participantes, incluidos los formadores, salieron beneficiados, y se profundizó en la confianza mutua, que fomenta la colaboración. Aunque hoy en día los conocimientos teóricos pueden impartirse en cursos en línea y seminarios web, es la aplicación práctica de métodos a veces aparentemente sencillos lo que debe practicarse in vivo e in situ. Para que la cooperación y la comprensión sean fructíferas, es de vital importancia interactuar directamente. Así pues, las formaciones fueron también una oportunidad para la creación conjunta de nuevos conocimientos e ideas. El proyecto INCiTiS-FOOD concluirá a finales de 2026, pero su impacto durará mucho más. Esto se debe a que no se trata sólo de transferir conocimientos; se trata de fomentar una comunidad global unida en la búsqueda de la seguridad alimentaria y nutricional, así como de la capacitación de mujeres y jóvenes adultos.

El futuro del cultivo sin suelo en zonas urbanas

Por las razones expuestas, es seguro que las distintas formas de AU formarán parte inherente y creciente del futuro de la economía alimentaria circular de las ciudades. La gran adaptabilidad de los sistemas sin suelo implica que pueden implantarse en todo tipo de espacios y a diferentes niveles tecnológicos, desde baja a alta tecnología (Figura 2). Sin embargo, la elección del sistema apropiado para las condiciones climáticas, espaciales y sociales conlleva compensaciones inherentes: no todos los aspectos pueden maximizarse simultáneamente. Por eso, el proceso de personalización debe incluir la cocreación con los futuros propietarios y operadores de los sistemas.

Los avances tecnológicos, sobre todo en técnicas de cultivo sin suelo y recuperación de recursos, permitirán cultivar alimentos en lugares donde antes era difícil o imposible, como zonas de extrema aridez, en la superficie del agua y bajo el agua, o en túneles subterráneos en desuso.



Figura 2. Dos ejemplos muy diferentes de sistemas de cultivo sin suelo.
 Izquierda: Sistema hidropónico de baja tecnología, denominado "garafa", construido a partir de botellas de agua de plástico de desecho (Foto: F. Orsini, Universidad de Bolonia).
 Derecha: Sistema biopónico de alta tecnología en una cámara totalmente climatizada (Foto: Z. Schmutz, Universidad de Ciencias Aplicadas de Zúrich).

En la actualidad, la producción de alimentos depende en gran medida de los fertilizantes minerales. Sin embargo, el suministro de potasa (K) y roca fosfórica (P) está cada vez más sujeto a las perturbaciones mundiales (por ejemplo, la pandemia de COVID-19, la guerra en Ucrania o las crisis energéticas) y, en consecuencia, los precios son muy volátiles. Alrededor del 15% del P se vierte en las aguas residuales domésticas y, posteriormente, en los lodos residuales de plantas de tratamiento, mientras que las pérdidas procedentes de lodos y aguas residuales de las industrias de transformación alimentaria corresponden a 44 kt de P al año (Huygens et al, 2019). Otro componente de los fertilizantes minerales es el nitrógeno (N). La producción de fertilizantes nitrogenados mediante el proceso Haber-Bosch consume entre el 1% y el 2% de la energía mundial y representa el 1,4% de las emisiones antropogénicas de CO₂ (Kyriakou et al., 2020). Para proteger el medio ambiente, la estrategia "de la granja a la mesa" de la Comisión Europea (2020) tiene como objetivo reducir el uso de fertilizantes en al menos un 20% para 2030 mediante una mejor gestión de los insumos de N y P a lo largo de su ciclo de vida. Esto sólo puede lograrse en sistemas circulares que puedan aumentar la eficiencia de toda la cadena de uso de nutrientes fertilizantes mediante la recuperación y la reutilización. El desarrollo de la agricultura sin suelo es, por tanto, un paso en la dirección correcta.

Conclusión

No sólo nos enfrentamos a la inseguridad alimentaria mundial, sino también a la inseguridad nutricional. Aunque busquemos respuestas sencillas a estos retos, no las hay. La producción de alimentos sin suelo, incluida la agricultura vertical y cualquier otra forma de AU no es una alternativa, ni una competencia a la agricultura tradicional, sino una forma complementaria de proporcionar alimentos sanos y nutritivos. Necesitaremos TODAS las formas posibles de cultivos y producción de alimentos en nuestro futuro.

Para que las AU sin suelo prosperen, tenemos que desarrollar soluciones innovadoras (incluyendo la simbiosis industrial, los procesos de recuperación de recursos y la automatización) en ambos extremos del espectro: baja y alta tecnología.

Por tanto, las tecnologías independientes del suelo, como la hidroponía, la bioponía y la acuaponía, se desarrollarán probablemente en dos direcciones divergentes:

- por un lado, hacia soluciones de baja tecnología, que se aplicarán predominantemente en los países en desarrollo y para aplicaciones no profesionales, y
- por otro lado, hacia una tecnología de alta tecnología y gran eficacia, que se implantará predominantemente en aplicaciones profesionales en los países de renta alta.

Tanto la agricultura sin suelo de baja tecnología, como la de alta tecnología estimularán la creación de empleo y, por tanto, de ingresos (Verner et al., 2021). Los puestos de trabajo se crearían no sólo en los sistemas de AU sin suelo, sino también a lo largo de la cadena de valor, incluyendo la extensión y el desarrollo de capacidades. El número exacto de puestos de trabajo creados dependería de varios factores, como la escala de implantación, la aceptación de la AU por parte de la población urbana, la demanda del mercado o la legislación y las políticas gubernamentales, pero probablemente alcanzará una cifra de tres millones de dígitos.

Así pues, cualquier solución debe integrarse en el tejido de las zonas urbanas y ser aceptada por sus habitantes. Esto requiere una planificación urbana holística, visionaria y flexible, programas de formación en todos los niveles educativos, y especialmente en los llamados empleos verdes, y una legislación y unas políticas de apoyo que impliquen a las partes interesadas y a los consumidores. Cada pueblo y ciudad también se beneficiaría de una hoja de ruta adecuada en materia de política alimentaria urbana, de forma participativa (FIDA, 2021).

***Agradecimientos:** La investigación que ha dado lugar a esta publicación ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte Europa de la Unión Europea y de la Secretaría de Estado de Educación, Investigación e Innovación de Suiza (SERI) en virtud del acuerdo de subvención nº 101083790 (INCiTIS-FOOD).*

***Cláusula de exención de responsabilidad:** La información y los puntos de vista expuestos en este estudio son los del autor o autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Comisión Europea. La Comisión no garantiza la exactitud de los datos incluidos en este estudio. Ni la Comisión, ni ninguna persona que actúe en su nombre, podrán ser consideradas responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en el mismo.*

Original: English

Traducido por Roberto Jaramillo SJ

Referencias

- Black, Z., Balta, I., Black, L., Naughton, P. J., Dooley, J. S., & Corcionivoschi, N. (2021). The fate of foodborne pathogens in manure-treated soil. *Frontiers in Microbiology*, 12, 781357. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.781357>.
- Buehler, D., & Junge, R. (2016). Global trends and current status of commercial urban rooftop farming. *Sustainability*, 8(11), 1108. <https://doi.org/10.3390/su8111108>.
- Ellen MacArthur Foundation (2014). *Towards the Circular Economy*. Retrieved from <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Towards-the-circular-economy-volume-3.pdf>.
- European Commission (2020). *Farm to Fork Strategy*. Retrieved from https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en.
- FAO (2009). *FAO's Director-General on How to Feed the World in 2050*. *Population and Development Review*, 35(4), 837–839. <http://www.jstor.org/stable/25593700>
- Fussy, A., & Papenbrock, J. (2022). An overview of soil and soilless cultivation techniques—chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*, 11(9), 1153. <https://doi.org/10.3390/plants11091153>
- Gartmann, F., Hügly, J., Krähenbühl, N., Brinkmann, N., Schmutz, Z., Smits, T. H., & Junge, R. (2023). Bioponics—An Organic Closed-Loop Soilless Cultivation System: Yields and Characteristics Compared to Hydroponics and Soil Cultivation. *Agronomy*, 13(6), 1436. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061436>.
- Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G.M. Eds. (2019). *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*. Springer Open; <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22883>.
- Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1-3), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>.
- Huygens D., Saveyn H.G.M., Tonini D., Eder P., Delgado Sancho L. (2019) *Technical proposals for selected new fertilising materials under the Fertilising Products Regulation (Regulation (EU) 2019/1009)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Retrieved from: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/186684>.
- IFAD. (2021). *Rural development report 2021. Transforming food systems for rural prosperity*. Rome, IT: International Fund for Agricultural Development (IFAD). Retrieved from: <https://www.ifad.org/en/rural-development-report/>.
- Junge, R., König, B., Villarroel, M., Komives, T., & Jijakli, M. H. (2017). Strategic points in aquaponics. *Water*, 9(3), 182. <https://doi.org/10.3390/w9030182>.
- Kyriakou, V., Garagounis, I., Vourros, A., Vasileiou, E., & Stoukides, M. (2020). An electrochemical Haber-Bosch process. *Joule*, 4(1), 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.10.006>.
- Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, 435, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>

- Lumbroso, D. (2020). Flood risk management in Africa. *Journal of Flood Risk Management* 13(3): Article e12612. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12612>.
- Martellozzo, F., Landry, J. S., Plouffe, D., Seufert, V., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2014). Urban agriculture: a global analysis of the space constraint to meet urban vegetable demand. *Environmental Research Letters*, 9(6), 064025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064025>.
- Maucieri, C., Nicoletto, C., van Os, E., Anseeuw, D., Van Havermaet, R., and Junge, R. (2019) Hydroponic Technologies. In: *Aquaponics Food Production Systems*. Goddek, S. et al. (Eds.). pp. 77-110. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>.
- Meng, X., Jiang, Z., Wang, X., & Long, Y. (2021). Shrinking cities on the globe: Evidence from LandScan 2000–2019. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 53(6), 1244-1248. <https://doi.org/10.1177/0308518X211006118>.
- Szekely, I., & Jijakli, M. H. (2022). Bioponics as a promising approach to sustainable agriculture: a review of the main methods for producing organic nutrient solution for hydroponics. *Water*, 14(23), 3975. <https://doi.org/10.3390/w1423397>.
- Tao, W., Sauba, K., Fattah, K. P., & Smith, J. R. (2017). Designing constructed wetlands for reclamation of pretreated wastewater and stormwater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(1), 37-57. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9419-5>.
- Ulimwengu, J.; Domgho, L.M.; Collins, J.; and Badiane, O. (2023). Hidden hunger: A global problem with local solutions. *AKADEMIYA2063 Project Report Series*, No. 1. Kigali, Rwanda: AKADEMIYA2063. <https://doi.org/10.54067/nspt.001>
- Verner, D., Roos, N., Halloran, A., Surabian, G., Tebaldi, E., Ashwill, M., Vellani, S., & Konishi, Y. (2021). *Insect and hydroponic farming in Africa: the new circular food economy*. Washington, DC, USA: World Bank. Retrieved from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/215>.
- Wright, J. D., Donley, A. M., Gualtieri, M. C., & Strickhouser, S. M. (2016). Food deserts: What is the problem? What is the solution? *Society*, 53, 171-181. <https://doi.org/10.1007/s12115-016-9993-8>.

Autores:

Ranka Junge, Institute of Natural Resource Sciences, Zurich University of Applied Sciences, Grüentalstrasse 14, 8820 Wädenswil, Suiza.

Gertrud Buchenrieder, Research Center RISK, Institute of Sociology and Economics, Universität der Bundeswehr München, 85577 Neubiberg, Alemania.