

Lección Inaugural

Luisa Gallardo Pino

18 de septiembre de 2026



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA

EL RETO DE ALIMENTAR SOSTENIBLEMENTE AL MUNDO

Luisa Gallardo Pino

Catedrática de Producción Vegetal en la Universidad de Almería

Población mundial y necesidad de alimentos

Alimentar de forma sostenible a una población en crecimiento constituye uno de los grandes retos de nuestra sociedad actual. La población mundial, que en 2024 se situaba en torno a 8.200 millones de personas, seguirá aumentando durante buena parte del siglo XXI y se aproximará a 9.700 millones en 2050. El crecimiento se concentrará en países en desarrollo, principalmente en Asia y África, regiones de renta baja y donde los sistemas alimentarios son más vulnerables (Naciones Unidas, 2024).

La FAO estima que, en 2050, la agricultura deberá producir aproximadamente un 50 % más de alimentos, piensos y fibras que en 2012. Este incremento no responde únicamente al aumento demográfico. También será necesario reducir la subalimentación, facilitar dietas más variadas y saludables y atender la demanda de productos destinados a la alimentación animal, la industria y la bioenergía (FAO, 2018). Por tanto, el desafío no consiste solo en producir más, sino en garantizar alimentos suficientes, seguros y nutritivos sin sobrepasar la capacidad de los ecosistemas que sostienen la producción.

Durante gran parte de la historia, la población mundial creció lentamente, limitada por las epidemias, las hambrunas y una mortalidad elevada. Esta situación cambió con rapidez durante el siglo XX. Las mejoras en la alimentación, el saneamiento, la salud pública y la medicina redujeron drásticamente la mortalidad. Al mismo tiempo, la agricultura consiguió acompañar ese crecimiento mediante un aumento extraordinario de la producción. Los datos de FAOSTAT muestran que el rendimiento medio mundial de los cereales expresado en t/ha se ha triplicado aproximadamente desde comienzos de la década de 1960, mientras que la superficie destinada a estos cultivos ha cambiado mucho menos (FAO, 2026).

Este avance estuvo ligado a la denominada Revolución Verde que consistió en el desarrollo de variedades de alto rendimiento, la disponibilidad de fertilizantes nitrogenados de síntesis obtenidos mediante el proceso Haber-Bosch, la expansión del regadío, la mecanización y el progreso en la protección de los cultivos. La intensificación agrícola

fue, por ello, uno de los grandes éxitos científicos y tecnológicos del siglo XX. Hizo posible alimentar a una población que pasó de unos 2.500 millones de personas en 1950 a más de 8.000 millones en la actualidad. Sin embargo, ese éxito también tuvo costes ambientales que hoy no pueden ignorarse.

Estrategias para aumentar la producción de alimentos. La intensificación de la agricultura

Existen varias opciones para aumentar la disponibilidad de alimentos. La primera sería ampliar la superficie cultivada, pero esta opción presenta límites claros. Gran parte de las tierras más fértiles ya están en uso y muchas de las tierras todavía disponibles son poco productivas, están degradadas o forman parte de ecosistemas naturales que hay que preservar como bosques y humedales. Además, el desarrollo urbanístico de las ciudades compite por los suelos agrícolas de mayor calidad. La pérdida de antiguas vegas periurbanas, como la Vega de Acá o áreas tradicionales de La Cañada en Almería, ilustra un proceso que se repite en numerosas ciudades.

La superficie de cultivo disponible por habitante continúa disminuyendo. Entre 2001 y 2023, la superficie mundial de cultivo por habitante pasó aproximadamente de 0,24 a 0,19 hectáreas, mientras aumentaba la productividad de la tierra (FAO, 2025). La expansión agrícola, además, puede provocar deforestación, pérdida de biodiversidad y emisiones derivadas del cambio de uso del suelo. Por ello, la mayor parte del incremento futuro de la producción deberá obtenerse en las tierras ya cultivadas, cerrando las brechas de rendimiento allí donde todavía son amplias y evitando que los sistemas más productivos deterioren los recursos de los que dependen (Foley et al., 2011).

La segunda estrategia es aumentar el rendimiento, es decir, obtener más producción por cada hectárea cultivada. Esto puede lograrse mediante la intensificación como ha ocurrido en el mundo desde los años 60 mediante mejora genética, riego, fertilización, protección de cultivos y técnicas de manejo más precisas. Sin embargo, algunos de los sistemas más productivos y tecnificados del mundo como el norte y oeste de Europa y EEUU, parecen haber alcanzado sus rendimientos máximos (máximo biológico, climático o económico), ya que éstos se han mantenido estables en el tiempo.

Una tercera estrategia consiste en reducir las pérdidas y el desperdicio alimentario. En torno al 13 % de los alimentos se pierde después de la cosecha y antes de llegar al comercio, mientras que otro 19 % se desperdicia en los hogares, la restauración y la distribución minorista. Reducir estas cifras permitiría mejorar la seguridad alimentaria sin aumentar proporcionalmente la presión sobre el uso del suelo, el agua y la energía (PNUMA, 2024).

También es necesario mejorar el manejo de los sistemas agrícolas actuales, aumentando la eficiencia en el uso de los recursos. Ajustar el riego y la fertilización a las necesidades reales de los cultivos, conservar la materia orgánica y la estructura del suelo, diversificar las rotaciones y utilizar sensores, modelos, imágenes satélites y otras herramientas de agricultura de precisión para apoyar la toma de decisiones permitirá aumentar o mantener la producción reduciendo las pérdidas de recursos. Finalmente, las dietas influyen de manera decisiva sobre la demanda agrícola. Los productos de origen animal, y especialmente la carne, requieren en promedio más tierra y tienen mayor huella hídrica que los alimentos vegetales. La propuesta no es eliminar la ganadería, que puede aprovechar recursos no comestibles y mantener paisajes y economías rurales, sino moderar los consumos excesivos y favorecer dietas más equilibradas (Poore y Nemecek, 2018).

Los costes ambientales de la intensificación

La intensificación ha incrementado considerablemente la producción de alimentos, pero también ha provocado impactos ambientales sobre los recursos naturales. La agricultura representa alrededor del 72 % de las extracciones mundiales de agua dulce. En regiones áridas y semiáridas, donde la disponibilidad de agua es escasa y variable, la expansión del regadío puede conducir a la sobreexplotación de acuíferos, el descenso de los niveles freáticos y la intrusión marina en las zonas costeras (FAO, 2026).

El deterioro de la calidad de los recursos hídricos ha estado asociado a la intensificación de la agricultura. Cuando el nitrógeno aplicado supera la capacidad de absorción del cultivo, el nitrato puede desplazarse con el agua de drenaje y alcanzar los acuíferos. El fósforo y otros nutrientes pueden llegar por escorrentía a ríos, embalses y zonas costeras. El exceso de nitrógeno y fósforo favorece la eutrofización: una proliferación de algas y fitoplancton que reduce la transparencia del agua y, al descomponerse, consume el oxígeno disponible. El Mar Menor representa un ejemplo especialmente grave. La entrada prolongada de nutrientes desde la cuenca del Campo de Cartagena, principalmente nitratos asociados a la agricultura intensiva junto a otras presiones urbanas, ha contribuido a un profundo deterioro de la laguna (Álvarez-Rogel et al., 2020; Cabello y Brugnach, 2023).

La agricultura intensiva también contribuye a la degradación del suelo mediante procesos de erosión, salinización, compactación y pérdida de materia orgánica. A ello se añaden las emisiones a la atmósfera. En 2019, la agricultura, la silvicultura y la deforestación representaron aproximadamente el 22 % de las emisiones antropogénicas mundiales de gases de efecto invernadero. En la actividad agraria destacan el metano procedente de la fermentación entérica, la gestión de estiércoles y los arrozales, y el

óxido nitroso asociado principalmente a las transformaciones microbianas del nitrógeno en el suelo (IPCC, 2022).

Estos impactos no invalidan la intensificación, pero sí obligan a transformarla. El criterio ya no puede ser maximizar el rendimiento a cualquier coste, sino obtener una producción suficiente con el menor consumo posible de recursos y con pérdidas ambientales compatibles con la conservación de los ecosistemas.

Almería: éxito productivo y desafío ambiental

La agricultura de invernadero de Almería permite observar con claridad las dos caras asociadas a la intensificación agrícola. La expansión de los cultivos protegidos transformó una provincia con escasos recursos y limitadas oportunidades económicas en una de las principales áreas hortícolas de Europa. Generó empleo, favoreció la profesionalización de los agricultores, impulsó cooperativas y empresas comercializadoras y creó un importante tejido de industrias auxiliares. En pocas décadas se produjo una transformación económica y social extraordinaria (Castro et al., 2019).

Se trata de un modelo productivo de un nivel tecnológico medio que requiere un consumo de energía moderado en contraste con los invernaderos del norte de Europa. Los invernaderos mediterráneos de Almería i) mejoran el microclima de los cultivos usando principalmente la energía solar, lo que aumenta su productividad y calidad, ii) reducen sustancialmente sus necesidades hídricas, por lo que alcanzan una elevada eficiencia en el uso del agua, un recurso cada vez más limitado, y iii) permiten un seguimiento más controlado de los insumos aportados. La incorporación del riego localizado, la fertirrigación, el control biológico de plagas y la mejora técnica de las estructuras ha permitido producir hortalizas durante el invierno europeo con un uso relativamente eficiente de determinados recursos.

No obstante, el sistema se desarrolla en un territorio semiárido y depende de recursos hídricos frágiles. La extracción continuada de agua ha contribuido a la presión sobre varias masas de agua subterránea y, en las zonas costeras ha generado problemas de salinización de acuíferos por intrusión marina. Hay zonas donde el drenaje desde los invernaderos ha provocado el afloramiento de acuíferos superficiales. También se han detectado concentraciones elevadas de nitratos en las aguas de los acuíferos asociadas a las pérdidas históricas de fertilizantes. La sostenibilidad futura de este sistema intensivo exige combinar ahorro, uso de aguas desaladas, reutilización de aguas regeneradas, control de las extracciones y una gestión coordinada de los recursos hídricos (Caparrós-Martínez et al., 2020).

Hacia una intensificación agrícola sostenible

La solución no consiste en volver a una agricultura de subsistencia de bajos rendimientos ni en continuar aumentando indiscriminadamente los insumos. La intensificación sostenible pretende aumentar la producción en las tierras ya cultivadas, reduciendo simultáneamente los impactos ambientales y preservando la capacidad productiva de los recursos, así como la viabilidad económica y social de la agricultura. En términos sencillos, se trata de producir más con un uso más eficiente de los recursos, aplicando el agua, los nutrientes y los productos fitosanitarios en la cantidad adecuada y en el momento preciso (FAO, 2011; Royal Society, 2009).

La agricultura de precisión desempeñará un papel importante en este proceso de intensificación sostenible. Los sensores de humedad del suelo, las imágenes de satélite y de drones, los modelos y sistemas de ayuda a la toma de decisiones, la automatización y la inteligencia artificial permiten detectar diferencias dentro de una parcela y ajustar las decisiones a las necesidades reales. El manejo integrado de plagas combina el control biológico, que utiliza enemigos naturales de las plagas –como insectos depredadores, parasitoides o microorganismos, – para mantenerlas bajo control y reducir el uso de pesticidas químicos, con el uso de variedades resistentes, rotaciones y prácticas culturales preventivas, y un uso limitado y selectivo de productos fitosanitarios autorizados. La mejora genética y la biotecnología pueden proporcionar cultivos más productivos, resistentes a plagas y enfermedades y tolerantes a la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas. Ninguna tecnología, sin embargo, resolverá el problema por sí sola: deberá adaptarse al cultivo, al clima, al suelo y a las condiciones económicas y sociales de cada territorio.

Otro componente importante es mejorar la salud del suelo que consiste en mantener la estructura, biodiversidad, materia orgánica y su capacidad para almacenar agua y nutrientes para mejorar la eficiencia de uso de éstos por los cultivos y aumentar su resiliencia. Por ello, muchas prácticas tradicionales –rotaciones, cultivos de cobertura, incorporación de residuos, reducción de la erosión y manejo integrado– deben ser parte de la agricultura intensiva sostenible.

La agricultura ecológica: aportaciones y límites

La agricultura ecológica es una de las alternativas productivas que ha adquirido mayor visibilidad en los últimos años. En la Unión Europea constituye un sistema regulado y certificado: los operadores deben cumplir normas específicas de producción, trazabilidad, etiquetado y control establecidas en el Reglamento (UE) 2018/848. Se basa en mantener la fertilidad del suelo mediante rotaciones, cultivos de leguminosas, aportes

de estiércoles, compost y otros insumos autorizados, y prohíbe el uso de productos químicos de síntesis como fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas.

En agricultura ecológica, el control de plagas se basa principalmente en el control biológico, es decir, en utilizar los enemigos naturales de las plagas en lugar de insecticidas químicos. Se introducen o favorecen insectos y ácaros beneficiosos, que se alimentan de los insectos perjudiciales o plagas y mantienen sus poblaciones por debajo del umbral de daño económico. En los invernaderos de Almería, el control biológico está ampliamente implantado, especialmente en cultivo de pimiento y ha permitido reducir de forma muy importante el uso de insecticidas.

Se trata de un sistema de producción alternativo y minoritario en relación con la agricultura convencional y responde a una demanda social de alimentos mas seguros y saludables, libres de tóxicos y pesticidas. La contrapartida es que los precios de los productos ecológicos son más elevados y generalmente sus principales consumidores son mercados norte europeos con alto poder adquisitivo.

Su principal limitación es la productividad. Los rendimientos son en promedio, entre un 15 y un 25 % inferiores a los de la agricultura convencional, aunque la diferencia depende del cultivo y de las condiciones de manejo (Seufert et al., 2012). También pueden presentar una mayor variabilidad, lo que dificulta garantizar una producción estable. Cuando disminuye el rendimiento, es necesario cultivar una superficie considerablemente mayor para obtener la misma cantidad de alimento. Una generalización de este sistema aumentaría, por tanto, la presión sobre la tierra y podría provocar la transformación de ecosistemas naturales, con consecuencias negativas para la biodiversidad y las emisiones de gases de efecto invernadero.

La nutrición de los cultivos constituye otra limitación importante. El nitrógeno contenido en los estiércoles, compost y residuos orgánicos debe mineralizarse antes de que las plantas puedan absorberlo. Su velocidad de liberación depende de la composición del material, la relación carbono/nitrógeno, la temperatura, la humedad y la actividad microbiana. Puede producirse una escasez durante los periodos de máxima demanda del cultivo y una liberación posterior cuando éste ya no puede aprovechar el nutriente (Lazicki et al., 2020). Además, la cantidad disponible de estiércoles y otros fertilizantes orgánicos es limitada y no permitiría sustituir directamente todos los fertilizantes minerales actualmente utilizados. El nitrógeno y el fósforo no absorbidos también pueden perderse por lixiviación o escorrentía, mientras que el almacenamiento y la aplicación de estiércoles generan emisiones de amoníaco, metano y óxido nitroso. Por ello, ecológico no significa ausencia de impactos. El uso de suelo, la eutrofización y determinadas emisiones pueden ser incluso superiores. Los resultados varían ampliamente entre cultivos y sistemas de producción, por lo que no puede afirmarse que la agricultura ecológica

sea ambientalmente superior en todas las categorías analizadas (Tuomisto et al., 2012; Boschiero et al., 2023).

La experiencia de Sri Lanka en 2021, donde se intentó implantar un sistema de agricultura ecológica eliminando de forma repentina los fertilizantes y plaguicidas de síntesis sin disponer de suficientes alternativas, mostró los riesgos de reducir los insumos productivos sin una planificación técnica adecuada (Drechsel et al., 2025). Esta implantación repentina de la agricultura ecológica provocó una fuerte crisis alimentaria y económica y una grave situación de inseguridad alimentaria. En las condiciones actuales de necesidades de alimentos, disponibilidad de nutrientes y productividad, la agricultura ecológica no constituye por sí sola un sistema viable para alimentar a la población mundial actual ni a la futura sin ampliar sustancialmente la superficie agrícola.

La agricultura ecológica puede desempeñar un papel en determinados sistemas productivos y nichos de mercado, pero no puede presentarse como una alternativa capaz de sustituir globalmente a la agricultura convencional. La seguridad alimentaria requiere mantener rendimientos elevados y estables, utilizando de manera eficiente el agua, los nutrientes, la energía y los productos fitosanitarios, al mismo tiempo que se reduzcan sus impactos ambientales.

La agricultura del futuro

El gran desafío del siglo XXI no es solo producir más. Debemos proporcionar alimentos suficientes, seguros y saludables de forma sostenible. Para lograrlo necesitaremos ciencia, innovación y tecnologías capaces de utilizar con mayor eficiencia el suelo, el agua, la energía y los nutrientes. También serán necesarios sistemas de certificación y trazabilidad que permitan conocer y verificar cómo se producen los alimentos.

Las universidades tienen una responsabilidad esencial en este proceso: investigar, innovar, transferir el conocimiento al sector productivo y formar a las futuras generaciones que deberán afrontar estos retos. La ciencia nos ha permitido llegar hasta aquí. La ciencia, la innovación y la formación serán también las claves de la agricultura del futuro.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Rogel, J., Barberá, G. G., Maxwell, B., et al. (2020). The case of Mar Menor eutrophication: State of the art and description of tested nature-based solutions. *Ecological Engineering*, 158, 106086. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106086>
- Boschiero, M., De Laurentiis, V., Caldeira, C., y Sala, S. (2023). Comparison of organic and conventional cropping systems: A systematic review of life cycle assessment studies. *Environmental Impact Assessment Review*, 102, 107187. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107187>
- Cabello, V., y Brugnach, M. (2023). Whose waters, whose nutrients? Knowledge, uncertainty, and controversy over eutrophication in the Mar Menor. *Ambio*, 52, 1112-1124. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01846-z>
- Caparrós-Martínez, J. L., Rueda-Lópe, N., Milán-García, J., y de Pablo Valenciano, J. (2020). Public policies for sustainability and water security: The case of Almería (Spain). *Global Ecology and Conservation*, 23, e01037. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01037>
- Castro, A. J., López-Rodríguez, M. D., Giagnocavo, C., et al. (2019). Six collective challenges for sustainability of Almería greenhouse horticulture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 4097. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214097>
- Drechsel, P., Madhuwanthi, P., Nisansala, D., Ramamoorthi, D., y Bandara, T. (2025). On the feasibility of an agricultural revolution: Sri Lanka's ban of chemical fertilizers in 2021. *Food Security*, 17, 585-602. <https://doi.org/10.1007/s12571-025-01528-6>
- FAO. (2011). *Save and Grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2025). *Land statistics 2001-2023: Global, regional and country trends*. FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2026). *FAOSTAT: Crops and livestock products; Land use*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Consultado en julio de 2026.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Lazicki, P., Geisseler, D., y Lloyd, M. (2020). Nitrogen mineralization from organic amendments is variable but predictable. *Journal of Environmental Quality*, 49, 483-495. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20030>

- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población. (2024). World Population Prospects 2024: Summary of Results. Nueva York: Naciones Unidas.
- PNUMA. (2024). Food Waste Index Report 2024. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Poore, J., y Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360, 987-992. <https://doi.org/10.1126/science.aaq0216>
- Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos.
- Royal Society. (2009). Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. Londres: The Royal Society.
- Seufert, V., Ramankutty, N., y Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485, 229-232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., et al. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51, 746-755. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., y Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.018>

