



Fundación
innovación
bankinter.

FUTURE TRENDS FORUM

Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible

Contenido

	Introducción	05
01	Visión global del sistema alimentario mundial: grandes retos y oportunidades	08
	Grandes tendencias en los mercados agrícolas	
	Transformación de la teoría económica y de los sistemas financieros en la agricultura	
	Abordando los retos y encontrando las oportunidades	
	Complejidades y desafíos en torno a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático	
	Agricultura sostenible, donde la tradición y la innovación van de la mano	
02	Agritech: innovaciones para un futuro agrícola resiliente y sostenible	21
	Tecnologías para mejorar la salud del suelo	
	Agritech también es Watertech	
	Más allá de lo previsible: innovaciones rompedoras	
	Agricultura de precisión y predicción: transformando el campo con tecnología avanzada	



03 Del campo a la mesa: 31
el fin último de la agricultura es alimentarnos con nutrientes necesarios y sanos

La nutrición ante los desafíos económicos, sociales y ambientales

La comida como medicina

04 Foodtech: impulsando 36
la nueva era de la alimentación inteligente y sostenible

Visión general del ecosistema Foodtech

Proteínas del futuro: cómo la fermentación está cambiando el juego

Agricultura celular: innovación, sostenibilidad y compasión

El rol de los consumidores en la adopción Foodtech

05 El ecosistema 50
innovador alrededor de la alimentación

Centros tecnológicos agroalimentarios

Empresas agroalimentarias innovadoras

El papel de los inversores en Foodtech

Promoviendo la innovación ¿desde la regulación y las políticas?



06

Cerrando el círculo virtuoso: minimizando desperdicios y reciclando

66

Trazabilidad de la cadena de alimentos

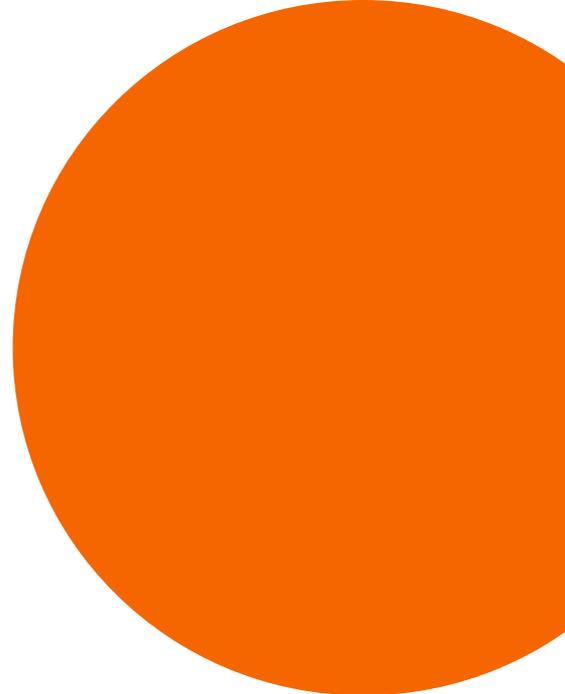
Inteligencia artificial en la reducción del desperdicio de alimentos

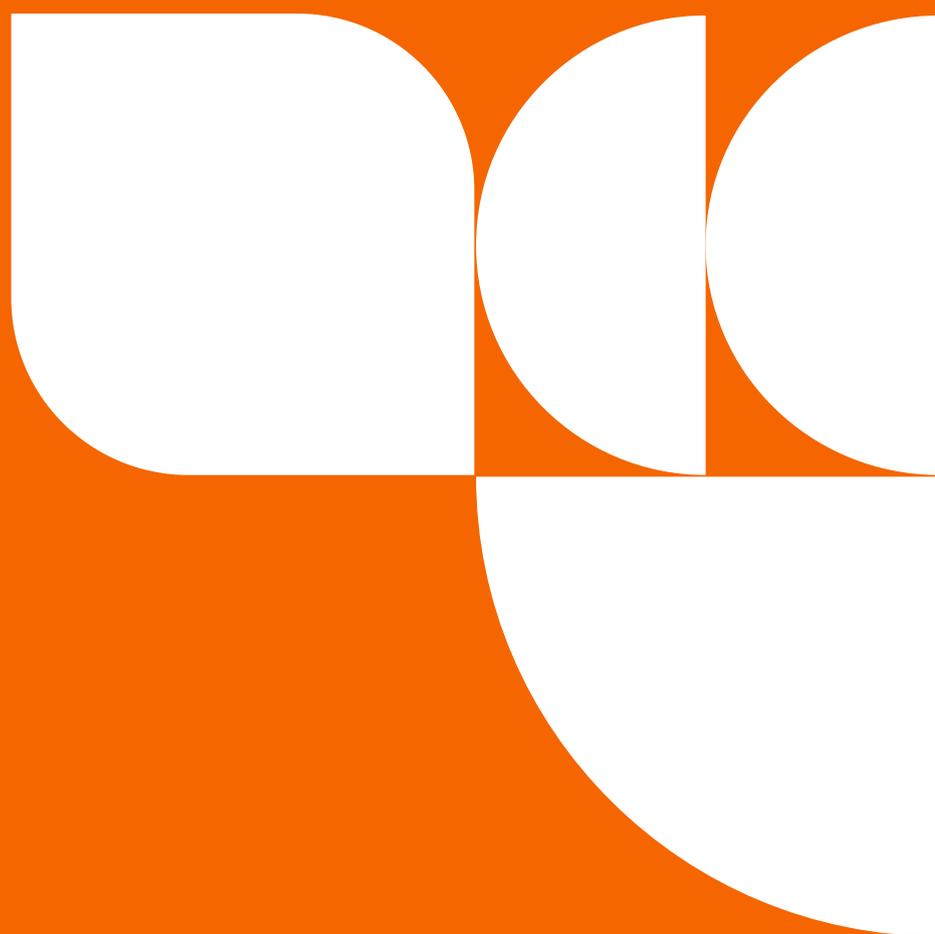
La magia del envasado

07 Anexo

Agricultura inteligente: moldear el futuro juntos

72





Introducción

Introducción

El presente informe del Future Trends Forum "Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible", surge de nuestro think tank, que ha convocado a más de treinta expertos internacionales para abordar uno de los retos más significativos de nuestra era: **alimentar de forma sostenible a una población mundial en crecimiento**, que se prevé alcance los 10.000 millones para 2050. Este desafío nos lleva a una encrucijada donde **la innovación, el equilibrio con la naturaleza, la salud humana y la eficiencia deben converger**.

En una era de rápidos cambios y desafíos globales, nuestra huella en el planeta es cada vez más profunda y preocupante. Nos enfrentamos a una **convergencia de crisis; energética, climática y de recursos hídricos**. En este contexto, debemos trabajar en la resiliencia y la eficiencia de nuestros campos. Es necesario gestionar el agua con prudencia y garantizar el acceso a alimentos nutritivos y sostenibles. Este viaje nos plantea interrogantes críticos:

¿Cómo podemos asegurar una alimentación sana y sostenible para 10.000 millones de personas para el año 2050, enfrentando desafíos como el cambio climático, la escasez de agua y la volatilidad de los precios de los alimentos?

¿Cuáles son los avances tecnológicos y prácticas agrícolas más prometedores para optimizar la producción alimentaria de manera sostenible y cómo pueden los reguladores y empresas contribuir efectivamente a este objetivo?

Frente a los retos de integrar hábitos alimentarios tradicionales y promover la salud y el bienestar, ¿qué cambios estructurales son cruciales en el

sistema alimentario para avanzar hacia un futuro sostenible, considerando especialmente el papel de los pequeños agricultores?

Sostenibilidad y economía

El enfoque hacia la sostenibilidad se integra cada vez más en las finanzas agrícolas, impulsando una economía circular en la agricultura. El mercado, siempre en cambio, demanda adaptabilidad, y las fluctuaciones en la demanda global y los cambios en los patrones de consumo están redefiniendo la cadena de suministro. Este cambio implica una **transformación en la producción y también en la manera en que los consumidores interactúan con los alimentos**.



Avances en agricultura y alimentación

En un mundo donde la demanda de alimentos se intensifica, surgen avances prometedores. **La agricultura regenerativa toma el testigo de la agricultura intensiva.** Además, la producción de **proteínas alternativas**, como la carne de laboratorio y las fuentes basadas en plantas, ofrece opciones sostenibles. Estas alternativas reducen significativamente la huella de carbono, el uso de la tierra y el consumo de agua. Paralelamente, la transformación de desiertos en sitios de cultivo, especialmente con microalgas, proporciona alimentos ricos en nutrientes a la vez que actúa como sumidero de carbono. Por último, la **gestión eficiente del agua**, mediante tecnologías avanzadas de desalinización, reciclaje y técnicas de riego de precisión, se ha vuelto crucial para maximizar el uso de este recurso vital.

Tecnologías clave en Agritech y Foodtech

La tecnología juega un papel transformador en la agricultura moderna: **la [inteligencia artificial](#) y el [big data](#) ayudan a mejorar la salud del suelo, la gestión de plagas, la resiliencia de los cultivos y la conservación de los alimentos**, aumentando la eficiencia y la productividad y disminuyendo la huella de carbono de toda la cadena alimentaria. El uso de GPS de alta precisión revoluciona la gestión de maquinarias y la optimización de recursos. Por su parte, los gemelos **digitales** emergen como herramientas poderosas, permitiendo simular y analizar diversas prácticas agrícolas para una planificación y toma de decisiones más efectivas. Por último, la **trazabilidad** en el sistema alimentario es vista como un pilar fundamental para garantizar la seguridad, calidad y sostenibilidad de los alimentos, ofreciendo una visión transparente desde su origen hasta el consumidor final y fortaleciendo la confianza en toda la cadena de suministro.



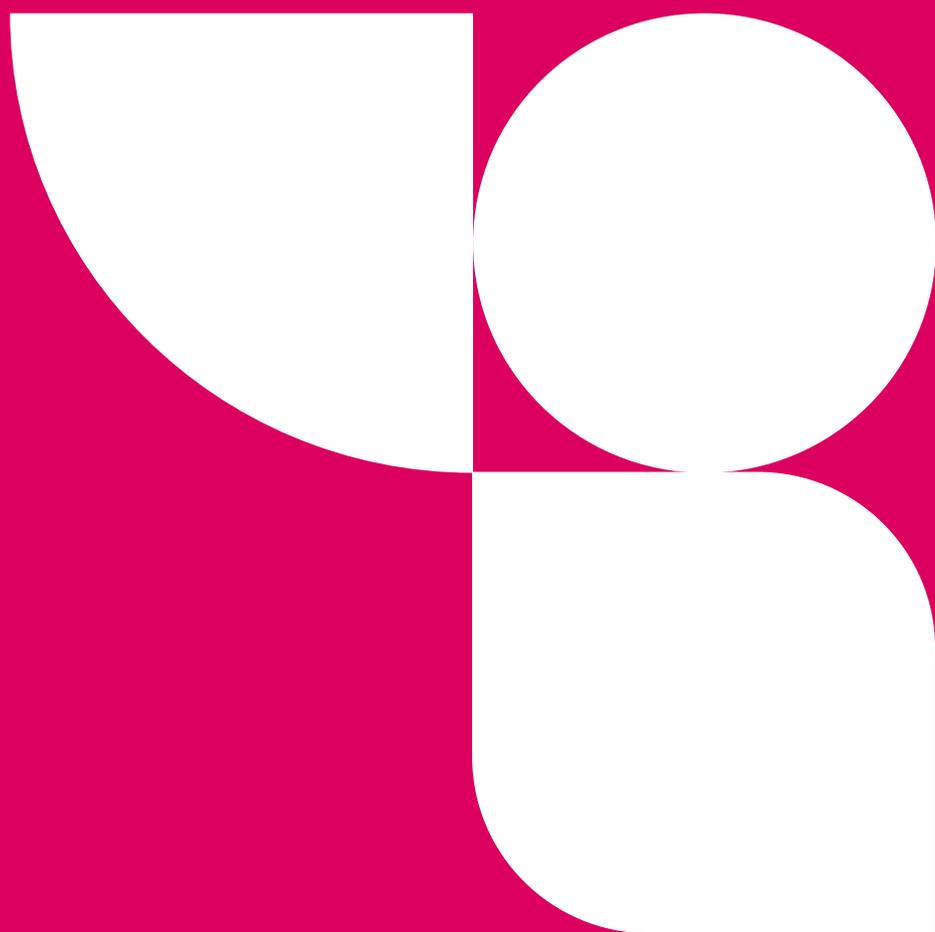
La forma de abordar las soluciones:

El informe subraya la importancia de la **colaboración multidisciplinaria**. Gobiernos, empresas, academia, emprendedores, sociedad civil y agricultores deben unirse para implementar soluciones innovadoras. Las inversiones estratégicas en Foodtech y Agritech son cruciales, así como la concienciación de la población para garantizar un futuro sostenible. Además, se enfatiza en el **desarrollo de sistemas alimentarios resilientes al cambio climático** y en la **reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura**.

En resumen, el informe resalta la necesidad de una **convergencia entre tecnologías avanzadas, innovación, prácticas ecológicas y colaboración global**. Se vislumbra un futuro donde la agricultura no solo alimenta al mundo, sino que lo hace de manera respetuosa con el planeta. La transformación del sistema alimentario es una necesidad imperativa para asegurar la seguridad alimentaria y nutricional global. Esta transición hacia sistemas alimentarios más sostenibles requerirá una colaboración intersectorial e importantes inversiones.



1



Visión global del sistema alimentario mundial: grandes retos y oportunidades

1

Visión global del sistema alimentario mundial: grandes retos y oportunidades

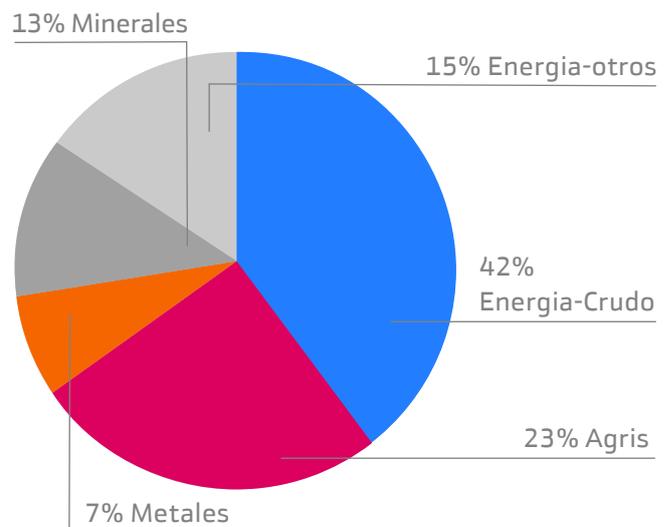
Explorando tendencias globales en la agricultura y el sistema alimentario mundial.

En el sistema alimentario mundial se presentan desafíos económicos, ambientales, tecnológicos y sociales. Y las interacciones entre los cuatro distintos tipos de desafíos son complejas. Para superarlos es necesario proponer nuevas teorías económicas, definir nuevas políticas responsables, contar con innovaciones tecnológicas y tener una comprensión profunda de los mercados agrícolas. **El futuro de la agricultura depende de nuestra capacidad para adaptarnos, innovar y colaborar, asegurando un sistema alimentario sostenible y resiliente para las generaciones futuras.**

Grandes tendencias en los mercados agrícolas

El mercado agrícola global actual presenta una serie de tendencias y dinámicas complicadas que son fundamentales para entender el panorama económico y social mundial y para comprender el peso de la agricultura en el mundo. Una de las características más destacadas es la significativa contribución del sector de las materias primas al PIB mundial, con **las materias primas agrícolas representando** aproximadamente el 20% del total del sector de materias primas y **el 4% del PIB mundial** ([en algunos países menos desarrollados puede representar más del 25 % del PIB](#)).

Valor económico de los diferentes commodities.



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible - Ivo Sarjanovic

Los precios de las materias primas están influenciados por múltiples factores, incluyendo el papel de la tecnología y las políticas macroeconómicas. Se observa una tendencia de crecimiento más lento a nivel mundial, con expectativas de políticas monetarias más estrictas y restricciones fiscales en el futuro. Este panorama se extiende a la transición energética, donde la situación actual se caracteriza por su complejidad, especialmente en lo que respecta a los biocombustibles, su impacto en el uso de la tierra, y los precios relativos de los productos.

Los desafíos climáticos y geopolíticos también juegan un papel significativo, provocando volatilidad y heterogeneidad en la producción de cultivos debido a condiciones climáticas adversas y tensiones geopolíticas. Sin embargo, se observan ejemplos de resiliencia, como las cosechas récord en Brasil y EE.UU., que contrarrestan parcialmente estos desafíos, demostrando que, con innovación, adaptación y gestión eficiente, el sector agrícola puede resistir y prosperar ante las adversidades.

Otro aspecto crucial es **la demografía y su impacto en el consumo de alimentos**. La disminución de las tasas de fertilidad y el envejecimiento de la población podrían tener implicaciones significativas en la demanda de alimentos y en las proyecciones de población futuras. Esto podría traducirse en una **disminución en el consumo de calorías y carne**, y un **aumento en el consumo de alimentos en el hogar en comparación con los establecimientos de comida**, lo cual podría reducir el desperdicio de alimentos.

Finalmente, la consideración de externalidades, como la generación de CO² y el consumo de agua, en la fijación de precios de los alimentos es fundamental, según **Ivo Sarjanovic**, miembro no ejecutivo de diversos Consejos de Administración, Profesor de Materias Primas Agrícolas e inversor en Agritech y Foodtech.

En conclusión, el mercado agrícola global enfrenta tanto desafíos como oportunidades significativas, destacando la necesidad de un enfoque equilibrado y basado en datos para la formulación de políticas en este sector vital.



Transformación de la teoría económica y de los sistemas financieros en la agricultura

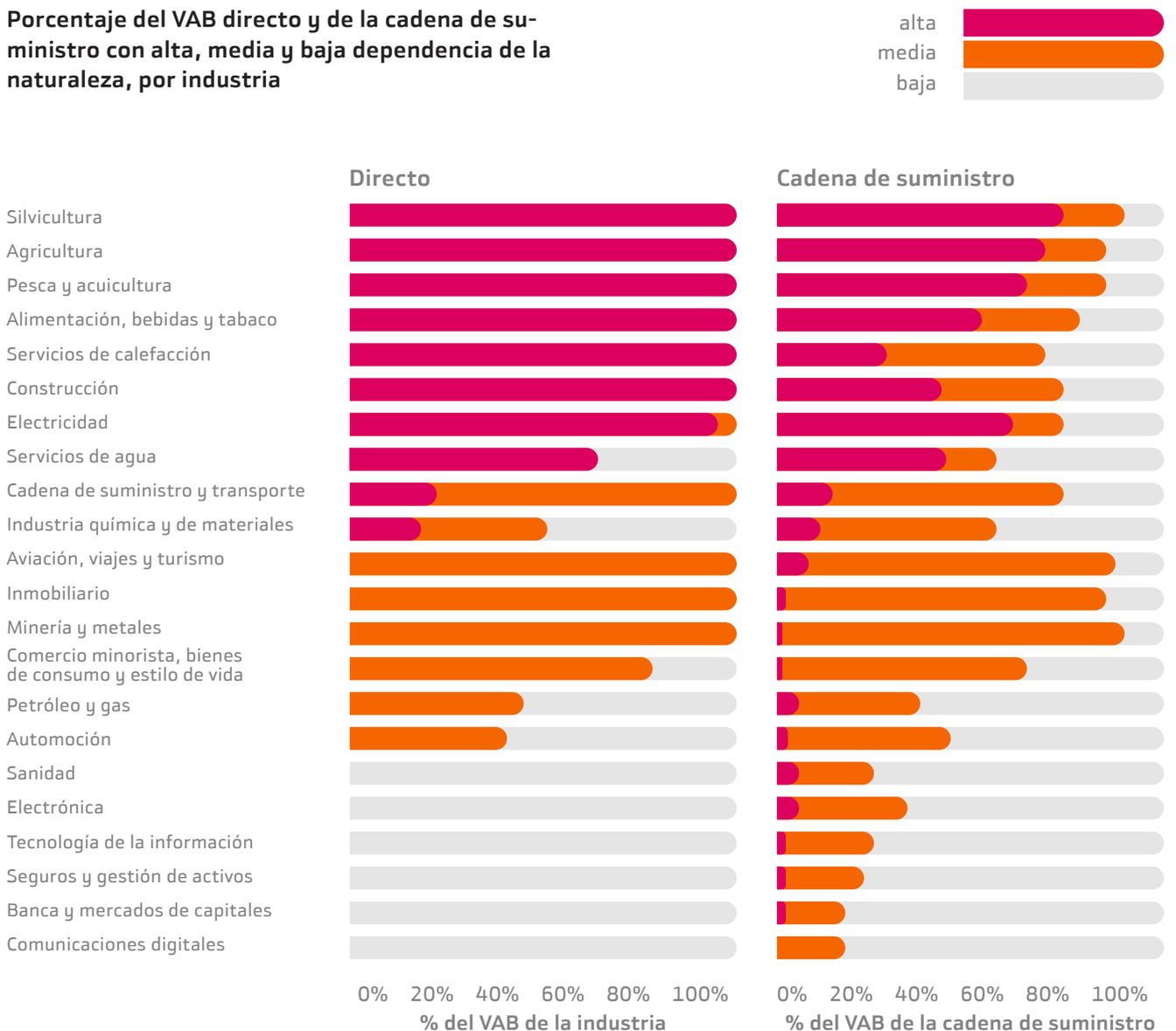
Para ello, una de las necesidades que surgen es cambiar la teoría económica y los sistemas financieros, desafiando las ideas convencionales, donde hay una falta de enfoque en la **sostenibilidad**, la **circularidad** y el **capital natural**. Esta deficiencia se observa tanto en la educación superior en economía como en la educación primaria, evidenciando una **carencia en la formación sobre capital natural y soluciones basadas en la naturaleza**. Así lo dice **Roberto Ridolfi**, que ha sido Director de Crecimiento y Desarrollo Sostenibles de la Comisión Europea y Subdirector General de Apoyo a los Programas y Cooperación Técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Si **más de la mitad del PIB mundial total dependen de forma moderada o elevada de la naturaleza** y, por tanto, están expuestos a las pérdidas naturales, su degradación debería tener un costo elevado desde una perspectiva socioeconómica. En este contexto, Ridolfi propone la creación de un modelo económico innovador centrado en la sostenibilidad, que incorpore el concepto de "capital natural" como un componente esencial.

La transformación de los sistemas alimentarios requiere una revisión fundamental del sistema financiero, especialmente para escalar soluciones, que necesitan fuertes inversiones. Y en el contexto de incentivos para inversiones sostenibles, se observa que los desafíos del sistema bancario y

de calificación limitan estas iniciativas. Incluso cuando se proponen incentivos financieros para aquellos que cumplen con la sostenibilidad y se ofrece cobertura para los riesgos asociados, la reticencia del sistema bancario es un obstáculo significativo. Esta actitud conservadora, motivada por **preocupaciones sobre la reputación y la calificación crediticia**, es un reflejo de un problema más amplio en el sistema financiero y en la teoría económica actual, que **no favorece suficientemente las inversiones en sostenibilidad**.

¿Cómo se puede producir este cambio? Para lograr un progreso real hacia la sostenibilidad, debe producirse una mayor cooperación entre las diversas entidades públicas y privadas y entre países y el **uso de la inteligencia artificial y otras tecnologías avanzadas para la evaluación y comparación de prácticas sostenibles**. Se propone utilizar estas herramientas para **establecer puntos de referencia que guíen las decisiones de inversión y financiación, promoviendo así inversiones impulsadas por políticas sostenibles**. Este enfoque subraya la importancia de abordar la gobernanza en la consecución de los ODS, resaltando la relevancia de la sostenibilidad en todos los niveles de la sociedad y la economía.

Porcentaje del VAB directo y de la cadena de suministro con alta, media y baja dependencia de la naturaleza, por industria



Fuente: [World Economic Forum](https://www.weforum.org)

Abordando los retos y encontrando las oportunidades

En su libro "[Big Bets: How Large Scale Change Really Happens](#)", [Rajiv Shah](#), Presidente de la Fundación Rockefeller, explora en profundidad su experiencia en la creación de alianzas a gran escala para enfrentar desafíos globales significativos. El libro detalla cómo ha aprendido, a través tanto de éxitos como de fracasos, a construir estas alianzas efectivas y cómo es posible realizar cambios a nivel mundial, como el que requiere el sistema agrícola.

Shah describe varios esfuerzos clave en los que ha participado, como la iniciativa de inmunizar a cada niño en el planeta que logró vacunar a 980 millones de niños y salvar 16 millones de vidas infantiles, el terremoto de Haití y la crisis del Ébola en 2014. **Los retos de la agricultura deben abordarse de la misma manera: creando alianzas entre administraciones públicas, empresas, universidades, ONGs y sociedad civil. Así, las crisis pueden ser oportunidades para generar impactos a largo plazo.** Por ejemplo, Shah explica cómo se utilizó la crisis alimentaria y financiera de 2008 para impulsar el apoyo político a una reinversión en la seguridad alimentaria global.

La gran apuesta que debe realizarse para remodelar el sistema agrícola y, en general, alimentario, hacia uno sostenible es combinar las políticas públicas, los acuerdos internacionales, la innovación tecnológica y la involucración de todos los actores, desde los agricultores hasta los consumidores, pasando por los distribuidores y fabricantes, bajo un mismo propósito:



Rajiv Shah

Afianzar la seguridad alimentaria con un enfoque holístico que contemple la sostenibilidad y resiliencia del sistema agrícola teniendo en cuenta el cambio climático y las tensiones geopolíticas.

[▶ Ver vídeo](#)



Gonzalo Delacámara

[▶ Ver vídeo](#)

Complejidades y desafíos en torno a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático

Existe una compleja interrelación entre la economía, la seguridad alimentaria y los desafíos ambientales. Ahondando en las paradojas económicas en la seguridad alimentaria, la interconexión entre distintas crisis globales, el impacto del cambio climático en la agricultura, y los desafíos en la gestión del agua, [Gonzalo Delacámara](#), Director del Centro para el Agua y la Adaptación al Clima de IE University, desgana las áreas donde poner foco y resolver contradicciones, comprendiendo las conexiones entre crisis globales, cambio climático y gestión de recursos para una agricultura sostenible.

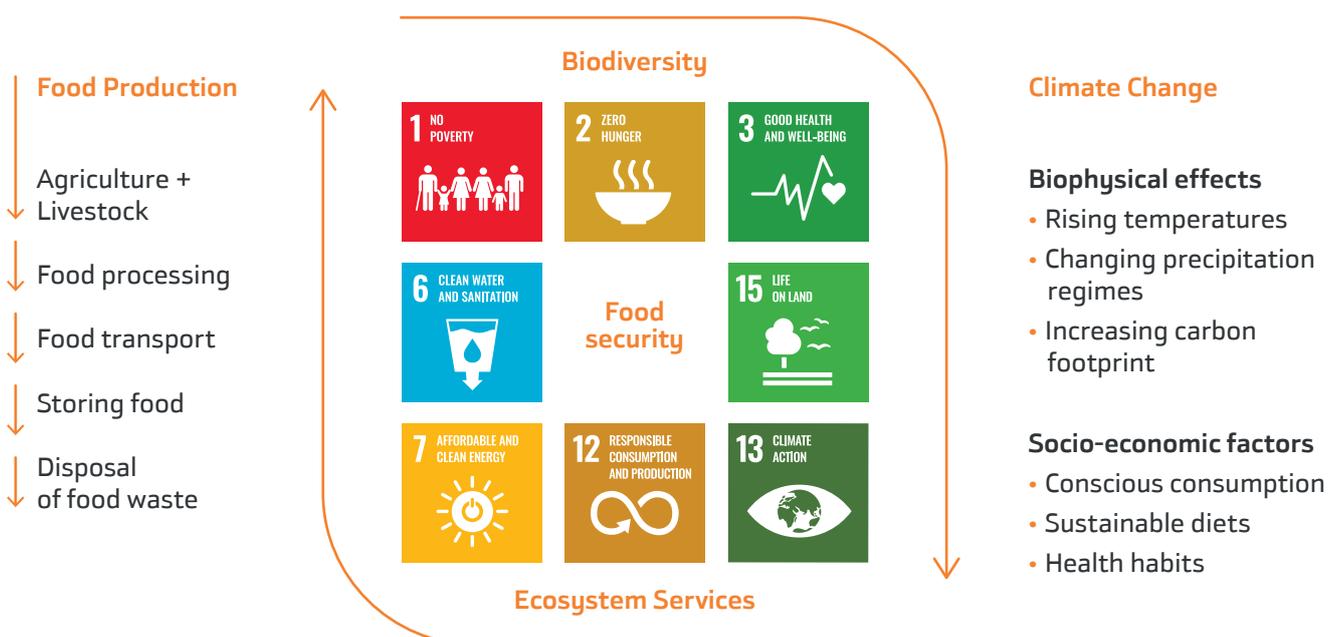
En un mundo cada vez más interconectado, las paradojas económicas desempeñan un papel crucial en la seguridad alimentaria a largo plazo. Gonzalo Delacámara destaca cómo las decisiones económicas y políticas, a menudo enfocadas en objetivos a corto plazo, pueden tener consecuencias contradictorias en la sostenibilidad alimentaria a largo plazo.

La seguridad alimentaria está intrínsecamente conectada con la seguridad hídrica, la crisis energética y el cambio climático. Estos fenómenos no son sucesos aislados, sino que se influyen mutuamente, creando un ciclo complicado de desafíos que afectan directamente a la producción de alimentos y, por ende, a la seguridad alimentaria. Por ejemplo, fenómenos climáticos extremos como sequías e inundaciones, exacerbados por el cambio climático, pueden disminuir la producción agrícola y aumentar la volatilidad en los precios de los alimentos. Un aspecto crucial es la **gestión del agua**. Las prácticas actuales, que a menudo no son sostenibles, como la sobreexplotación y la contaminación de los recursos hídricos, impactan directamente en la capacidad de producir alimentos de forma sostenible a largo plazo. Además, la economía de la agricultura y los recursos naturales presenta complejidades adicionales. Por ejemplo, incrementar la producción agrícola puede resultar en la degradación del suelo y el agua, lo que podría reducir la capacidad de producción futura.

Las políticas públicas y los incentivos económicos suelen favorecer la producción a corto plazo, sin considerar suficientemente la sostenibilidad a largo plazo. Además, la creciente deuda en muchos países limita la capacidad de invertir en tecnologías y prácticas sostenibles, lo que también afecta la seguridad alimentaria a largo plazo.

La globalización y el comercio de productos agrícolas son otros factores que influyen en la seguridad alimentaria. La dependencia de las importaciones y exportaciones puede hacer que los países sean vulnerables a fluctuaciones del mercado global y a interrupciones en la cadena de suministro.

Delacámara subraya la importancia de adoptar un **enfoque más holístico e integrado en la toma de decisiones económicas y políticas relacionadas con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad**. Este enfoque implica considerar las consecuencias a largo plazo de las acciones actuales y reconocer la interconexión entre los sistemas económicos, ambientales y sociales. Aboga por estrategias que equilibren las necesidades inmediatas de producción con la sostenibilidad a largo plazo, enfatizando **la importancia de una gobernanza eficaz y el rediseño de incentivos económicos para fomentar prácticas más sostenibles y resilientes en la agricultura y la gestión de recursos naturales**.



Fuente: [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)



Según el Foro Económico Mundial, la sostenibilidad se está convirtiendo en un eje tan central como lo fue la digitalización en su momento, marcando una era de transformación en la economía global. Esta comparación entre sostenibilidad y digitalización, propuesta por Gonzalo Delacámara, sugiere que estamos ante un punto de inflexión donde **la sostenibilidad no es solo una opción, sino una necesidad imperante**. Sin embargo, la implementación de la sostenibilidad no está exenta de desafíos. Al igual que en la adopción de nuevas tecnologías, existen reticencias como la resistencia al cambio y la falta de una comprensión clara sobre lo que realmente implica ser sostenible. Uno de los mayores obstáculos es la medición y seguimiento de los progresos, especialmente en términos de las métricas ESG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza). En este contexto, Estados Unidos se destaca por su resistencia significativa a la medición de impacto y el cumplimiento formal con estas métricas, lo que evidencia una discrepancia entre la aceptación teórica de la sostenibilidad y su aplicación práctica.

Este panorama se complica aún más al considerar la competencia internacional en materia de sostenibilidad. Países y regiones como la Unión Europea y Estados Unidos se esfuerzan por liderar en este campo, lanzando programas ambiciosos como el "Next Generation EU" y el "Inflation Reduction Act" de EE.UU. Estas iniciativas buscan fomentar la inversión en sostenibilidad y tecnologías limpias, y plantean interrogantes sobre cómo estas inversiones pueden influir en los costos marginales de adopción de nuevas tecnologías. Aquí surge una cuestión crucial: ¿Estas competencias llevarán a un aumento en los costos marginales o, por el contrario, los reducirán?

A nivel global, la financiación para proyectos de sostenibilidad se está intensificando, con países como China, Japón y Corea del Sur invirtiendo significativamente en esta área. Sin embargo, el foco de estas inversiones varía considerablemente entre regiones, lo que sugiere una falta de uniformidad en la aplicación de prácticas sostenibles a nivel mundial. Además, aunque existe una liquidez significativa en los mercados financieros globales, la asignación efectiva de estos recursos hacia inversiones sostenibles representa un desafío formidable, como apuntaba **Roberto Ridolfi**.



Un problema añadido: el cambio climático hay que mitigarlo, pero también hay que adaptarse a él.

Aunque la mitigación del cambio climático recibe una atención considerable, la adaptación es igualmente crucial. **La adaptación implica ajustar nuestras sociedades y economías para minimizar los daños causados por los impactos ya inevitables del cambio climático**. Este proceso es esencial para la supervivencia y el bienestar de las comunidades afectadas y también para la sostenibilidad a largo plazo de nuestro planeta.

El cambio climático no afecta a todas las regiones y comunidades de la misma manera. Algunos lugares, como la cuenca mediterránea, enfrentarán un aumento de temperatura superior al promedio global. Esta asimetría en los efectos del cambio climático requiere respuestas adaptativas específicas y localizadas, que consideren las características únicas de cada región y comunidad.

Por otro lado, existen umbrales irreversibles y efectos no lineales del cambio climático. Estos efectos pueden provocar cambios impredecibles y extremos en el clima, complicando aún más los esfuerzos de adaptación y requiriendo estrategias que puedan manejar estos cambios imprevistos.

A diferencia de las estrategias claras para la mitigación, como la transición energética, **falta un mapa de ruta equivalente para la adaptación**. Según los expertos, existe la necesidad de desarrollar un enfoque integral y detallado para adaptarnos a los impactos actuales y futuros del cambio climático. Además, las estrategias de mitigación deben integrar consideraciones de adaptación. Según el último informe del IPCC, **no hay caminos de mitigación viables sin senderos de adaptación paralelos**, destacando la interdependencia de estas dos áreas.

La relación entre la producción de alimentos y el uso del agua

La producción de alimentos y el uso del agua son dos aspectos críticamente interconectados. Existe una creciente presión sobre los recursos hídricos y suelos, especialmente en áreas propensas a la escasez de agua, donde la producción de alimentos intensiva en agua plantea serios desafíos para la sostenibilidad. [La agricultura es uno de los mayores consumidores de agua dulce a nivel mundial](#). Esta realidad, combinada con la demanda creciente de alimentos debido al aumento poblacional y los cambios en las dietas, resulta en una presión cada vez mayor sobre los recursos hídricos limitados.

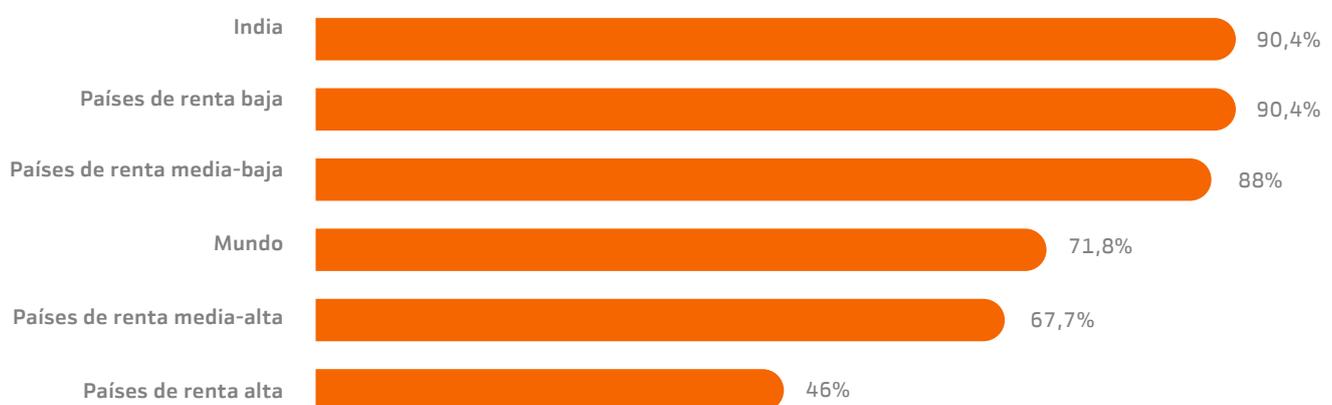
Además, muchas prácticas agrícolas actuales son ineficientes en términos de uso del agua. El riego ineficiente y la gestión deficiente del agua pueden llevar a un uso excesivo y al agotamiento de los recursos hídricos, afectando a la disponibilidad de agua para otros usos, y comprometiendo su disponibilidad para las generaciones futuras. Otro aspecto crucial a tener en cuenta es el impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua. Los cambios en los patrones de precipitación y la exacerbación de la escasez de agua en muchas regiones afectan directamente la disponibilidad de agua para la agricultura, desafiando la capacidad de mantener los niveles actuales de producción de alimentos.

La sobreexplotación de acuíferos para la agricultura es otra preocupación significativa. La extracción insostenible de agua subterránea está llevando a la sobreexplotación de estos recursos en muchas regiones, lo que, además de reducir la disponibilidad de agua para el futuro, puede causar problemas ambientales, como la salinización del suelo y la disminución de los hábitats acuáticos.

Por tanto, es necesario una **gestión integrada del agua y la agricultura**. Esto implica una coordinación eficiente del uso del agua entre diferentes sectores, teniendo en cuenta las necesidades ecológicas y aplicando prácticas de riego y cultivo que maximicen la eficiencia del agua, adoptando tecnologías y prácticas agrícolas innovadoras que permitan un uso más eficiente del agua. Esto incluye el **desarrollo de cultivos tolerantes a la sequía, sistemas de riego de precisión y técnicas de conservación del agua**.

Así pues, no se puede lograr seguridad alimentaria sin una gestión sostenible de los recursos hídricos, y viceversa. Esta interdependencia requiere un enfoque integrado y multidisciplinario, creando políticas y regulaciones efectivas que promuevan el uso sostenible del agua en la agricultura, incentivando prácticas eficientes de uso del agua y abordando el sobreuso y la contaminación de los recursos hídricos.

Agua agrícola como porcentaje de las extracciones totales de agua, 2019



Fuente: [Our World in Data](#)

El "efecto rebote": quieres consumir menos y acabas consumiendo más

El "efecto rebote" es un fenómeno complejo y a menudo paradójico que se presenta en diversos sectores, siendo particularmente significativo en la agricultura y la gestión del agua. **Este efecto ocurre cuando las mejoras en la eficiencia de los recursos, en lugar de reducir el consumo total, terminan incrementándolo.** Este concepto adquiere una relevancia especial al considerar los desafíos contemporáneos de la gestión eficiente de recursos naturales como el agua.

En el ámbito de la agricultura, se ha observado que las ganancias de eficiencia en el uso individual del agua pueden ser contraproducentes a nivel más amplio. Por ejemplo, al implementar sistemas de riego más eficientes, los agricultores pueden lograr una mayor productividad por unidad de agua utilizada. Sin embargo, esta eficiencia a menudo conduce a una expansión de la producción agrícola o al cambio hacia cultivos que demandan más agua, resultando en un aumento en el consumo total de agua a nivel de cuenca. Este aumento en el consumo de agua debido a la eficiencia mejorada es un ejemplo clásico del efecto rebote. Si bien un sistema de riego más eficiente permite a los agricultores regar más tierras o cultivar especies más exigentes en términos hídricos, el resultado final puede ser un aumento en el consumo total de agua, contrarrestando los beneficios de la eficiencia lograda.

La importancia del efecto rebote radica en sus implicaciones para la sostenibilidad. Aunque mejorar la eficiencia es un objetivo loable, sin una planificación y regulación adecuadas, es posible que dichas mejoras no se traduzcan en una mayor sostenibilidad a nivel del sistema. Este fenómeno subraya la necesidad de **medidas acompañantes que aseguren que los beneficios de la eficiencia no se vean compensados por un mayor consumo.** Esto puede incluir políticas de gestión del agua, regulaciones específicas, y un enfoque en la conservación del agua, además de mejorar la eficiencia.

El desafío de **lograr patrones sostenibles de consumo** es central en el debate sobre el efecto rebote. Este fenómeno pone de manifiesto la necesidad de un enfoque holístico que vaya más allá de la mejora tecnológica y aborde las dinámicas de consumo y producción a una escala más amplia.

En conclusión, mientras que la eficiencia tecnológica es un componente crucial en la gestión sostenible de recursos como el agua, es fundamental acompañarla de estrategias y políticas que consideren y mitiguen los posibles efectos rebote para asegurar un verdadero avance hacia la sostenibilidad.

Así, la agricultura enfrenta desafíos significativos que requieren soluciones innovadoras, donde la tecnología avanzada y los nuevos modelos de negocio desempeñan un papel esencial. Estas soluciones deben implementarse en armonía con **la salud del suelo** y promover el bienestar humano y ambiental.

En este último punto se centró [Christopher Upton](#), cofundador de [Zerodig](#), para quien la sostenibilidad agrícola está íntimamente ligada al bienestar humano y, en última instancia, a su supervivencia.

Christopher Upton

 [Ver vídeo](#)





Agricultura sostenible, donde la tradición y la innovación van de la mano

La **agricultura intensiva**, una práctica agrícola ampliamente adoptada desde el siglo pasado, ofrece ventajas significativas como una mayor productividad y menores costes, lo que es esencial para alimentar a una población en aumento. Sin embargo, conlleva desventajas considerables, incluyendo un alto consumo energético y el **agotamiento de recursos naturales**. Además, el uso intensivo de químicos puede impactar negativamente la **salud de los consumidores y el medio ambiente**. La práctica del monocultivo, típica en este sistema, reduce la diversidad de cultivos y eficiente aumenta la vulnerabilidad de estos a plagas y enfermedades. Aunque la agricultura intensiva ha mejorado la eficiencia en la producción de alimentos, sus efectos adversos en el medio ambiente y la salud plantean desafíos importantes para la sostenibilidad futura.

Existe una tendencia creciente en la agricultura hacia una **mayor atención a la calidad nutricional** y no solo a la cantidad de producción. Upton enfatiza que, para lograr avances significativos en este campo, es crucial **integrar la innovación tecnológica con un profundo entendimiento de la biología de las plantas y las necesidades nutricionales humanas**.

¿La solución para aumentar la resiliencia, la biodiversidad y la sostenibilidad? La agricultura regenerativa

Comprender y mejorar los procesos biológicos de las tierras de cultivo podría ser la clave para cultivar alimentos más nutritivos de manera más rentable. Es lo que se denomina **agricultura regenerativa**, un enfoque agrícola que busca regenerar y revitalizar la salud del suelo, los ecosistemas y las comunidades. Este método se enfoca en prácticas que mejoran la calidad del suelo, aumentan la biodiversidad, restauran el equilibrio del agua y capturan carbono atmosférico, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático. Incluye técnicas como la rotación de cultivos, el pastoreo gestionado, la agricultura sin labranza, y la integración de cultivos y ganadería. **El objetivo es crear sistemas agrícolas resilientes y autosuficientes que produzcan alimentos más nutritivos y, a la vez, mejoren el entorno natural.**

Comprender y mejorar los procesos biológicos de las tierras de cultivo podría ser la clave para cultivar alimentos más nutritivos de manera más rentable. Es lo que se denomina agricultura regenerativa.

Lo que propone también la agricultura regenerativa es un cambio hacia un **modelo de negocio agrícola que se centre en la producción a pequeña escala por parte de agricultores locales**. Este enfoque podría mejorar la resiliencia y la biodiversidad, con el añadido de que también tiene el potencial de **revitalizar las comunidades rurales**. Un aspecto crucial de este cambio es atraer a los jóvenes hacia la agricultura. Upton señala el problema actual de la edad avanzada de muchos agricultores y la necesidad de incentivar a las generaciones más jóvenes para que vean la agricultura como una carrera viable y gratificante. Esto podría lograrse a través de la educación, la innovación y la presentación de la agricultura como una profesión interesante y ecológicamente importante. Al cambiar el enfoque hacia modelos de negocio más pequeños y sostenibles, la agricultura podría convertirse en una **opción atractiva para los jóvenes, asegurando así la continuidad y evolución del sector agrícola.**

Un suelo saludable y bien manejado puede secuestrar grandes cantidades de carbono atmosférico, lo cual es crucial en la lucha contra el aumento de los niveles de CO².

Christopher Upton pone un gran énfasis en la biología del suelo como un elemento central para la agricultura sostenible y regenerativa. Destaca que **un suelo saludable es la base para cultivar plantas robustas y nutritivas**, y que la interacción entre las plantas y los microorganismos en el suelo es fundamental para la salud del ecosistema agrícola.

Las prácticas agrícolas actuales, como el arado intensivo y el uso excesivo de químicos, pueden perturbar gravemente el microbioma del suelo. Estas prácticas destruyen las redes de micelios fúngicos, que son esenciales para la nutrición de las plantas y la estructura del suelo. Es necesario promover prácticas regenerativas que fomentan un suelo rico en microorganismos y materia orgánica, lo que a su vez mejora la nutrición de las plantas y la retención de agua. La agricultura regenerativa, además, contribuye a la mitigación del cambio climático a través de la captura de carbono en el suelo.

Además, la salud del suelo está intrínsecamente relacionada con la biodiversidad. Un suelo sano alberga una amplia variedad de vida, desde microorganismos hasta insectos y otros animales más grandes, todos los cuales desempeñan roles importantes en el ecosistema agrícola. Esta biodiversidad es esencial para la resiliencia de los cultivos y la prevención de enfermedades y plagas.

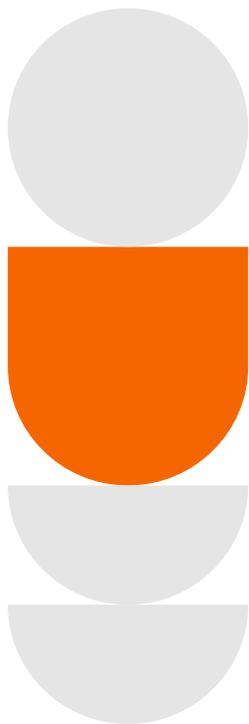
Este no es un cambio que se puede hacer rápidamente: **la restauración y el mantenimiento de la biología del suelo son procesos que llevan tiempo**. En un experimento llevado a cabo con kale, se necesitaron varios años para mejorar la biología del suelo a un nivel óptimo para la producción de fitonutrientes. Esto ilustra la **importancia de la paciencia y el compromiso a largo plazo en la agricultura regenerativa**.

La tecnología y la innovación pueden apoyar la agricultura regenerativa

Aunque la tecnología agrícola (**Agritech**) por sí sola no es la solución a todos los desafíos en la agricultura, cuando se integra adecuadamente, puede ser una herramienta poderosa para facilitar y mejorar prácticas sostenibles. Por ejemplo, la tecnología puede utilizarse para mejorar la eficiencia en el uso del agua, la monitorización de la salud del suelo, y la optimización del uso de nutrientes. Las herramientas de precisión y los sensores pueden ayudar a los agricultores a tomar decisiones más informadas, reduciendo así el desperdicio y maximizando la productividad de manera sostenible.

Además, la tecnología tiene un enorme potencial para recopilar y analizar datos sobre patrones climáticos, condiciones del suelo, y salud de los cultivos. Estos datos pueden ser fundamentales para adaptar las prácticas agrícolas a las condiciones cambiantes y para anticipar problemas como enfermedades o plagas. La tecnología de Big Data y la inteligencia artificial (IA) pueden ser especialmente útiles en este sentido, ofreciendo análisis predictivos y recomendaciones personalizadas.

En este contexto, es necesario que la Agritech sea accesible y fácil de usar para los agricultores. La tecnología debe ser diseñada teniendo en cuenta las necesidades y capacidades de los usuarios finales, lo que implica una colaboración estrecha entre los desarrolladores de tecnología, los agricultores, y los científicos agrícolas.



Dentro del contexto más amplio de la seguridad alimentaria y la biodiversidad, la agricultura vertical y en interiores debe verse como un complemento, y no como un sustituto de la producción de alimentos al aire libre, que es esencial para mantener la biodiversidad y los ecosistemas saludables.

El sentido de la agricultura vertical y en interiores en este nuevo contexto

La **agricultura vertical** y en interiores presenta ventajas significativas, pero también conllevan limitaciones y retos que deben ser cuidadosamente considerados. Puede ser extremadamente eficiente en términos de uso del espacio y consumo de agua, lo cual es especialmente valioso en áreas urbanas o en regiones donde el terreno agrícola es limitado o el agua es escasa. Sin embargo, estos métodos se enfrentan al reto de replicar los complejos procesos biológicos que ocurren en el suelo. Uno de los mayores desafíos es la dificultad de recrear las interacciones biológicas que se dan en un entorno de suelo natural. En la agricultura convencional, el suelo actúa como soporte físico para las plantas y también como un ecosistema vivo que proporciona nutrientes y alberga una compleja red de microorganismos. Estos microorganismos juegan un papel crucial en la nutrición de las plantas y en la promoción de su salud general. Existen actualmente dudas de si las plantas cultivadas en estos sistemas podrían carecer de ciertos fitonutrientes esenciales para la salud humana.

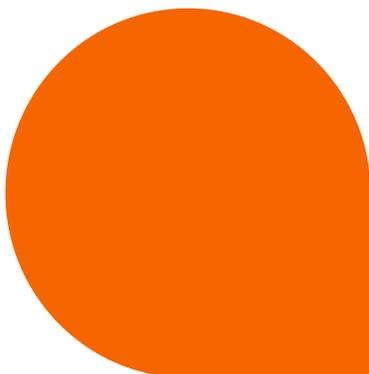
La salud del suelo y su relación con la salud humana

La salud del suelo es un factor clave en la producción de alimentos de alta calidad nutricional. **Un suelo saludable y bien gestionado produce cultivos que son más ricos en nutrientes**, los cuales son esenciales para mantener un microbioma equilibrado y saludable en los seres humanos. La dieta moderna, caracterizada por un alto consumo de alimentos procesados y bajos en diversidad nutricional, ha llevado a un cambio significativo en la composición del microbioma humano. Comparando las dietas de los cazadores-recolectores, que se alimentaban de una variedad más amplia de alimentos naturales y nutritivos, se observa cómo la reducción de la diversidad en nuestro microbioma puede estar vinculada a enfermedades crónicas y a un deterioro general de la salud. Un microbioma saludable, nutrido por alimentos ricos en nutrientes y diversidad, es esencial para mantener un buen estado de salud y prevenir enfermedades. Por tanto, es esencial entender y respetar la complejidad del microbioma humano al desarrollar estrategias para la producción de alimentos. **La densidad de nutrientes en los alimentos es fundamental para mantener un microbioma equilibrado, lo que a su vez puede tener un impacto significativo en la reducción de la carga sobre los sistemas de atención médica.**

Algunas tendencias en las que pensar

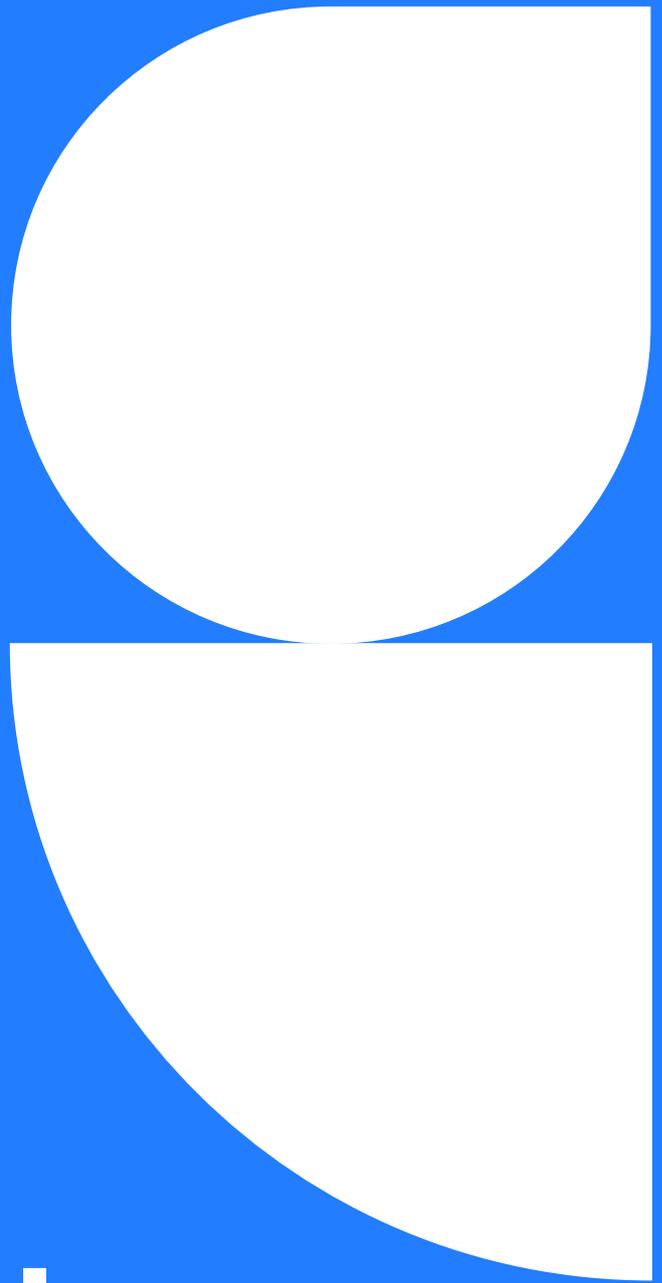
Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación
sostenible - Christopher Upton

Algunas tendencias en las que pensar		
	Ventajas	Desafíos
Agricultura regenerativa	Trabajo con la naturaleza Aumento del carbono del suelo Biodiversidad mejorada Resiliencia Retención de agua	Menores rendimientos Menos consumo de carne
Agricultura de precisión	Uso optimizado de los recursos. Costos de insumos reducidos Monitoreo en tiempo real	Inversión Conjunto de habilidades Capacitación Riesgo (no probado) tiempo de gestión
Robótica y automatización	Eficiencia incrementada Aborda la escasez de mano de obra	
Datos	Toma de decisiones informada Intervención predictiva	
Agricultura vertical e interior	Alimentos cercanos al consumo urbano Uso reducido del suelo Uso eficiente del agua	Consumo de energía Densidad y diversidad de nutrientes
Biotecnología y genética	Nuevas variedades de cultivo. Nuevas razas de ganado.	Ética Consecuencias no deseadas
Alimentos alternativos cultivados en laboratorio	Fuentes alternativas de proteínas	Resistencia cultural Densidad y diversidad de nutrientes Comportamiento del comprador y del consumidor.
Reducción de desperdicios	20-30% Necesidad reducida de alimentos	



Para lograr avances significativos en la agricultura, es crucial integrar la innovación tecnológica con un profundo entendimiento de la biología de las plantas y las necesidades nutricionales humanas.

2



**Agritech:
innovaciones
para un futuro
agrícola resiliente
y sostenible**

2

Agritech: innovaciones para un futuro agrícola resiliente y sostenible

La tecnología agrícola moderna, que se engloba bajo el término **Agritech**, está transformando la forma en que cultivamos: estas innovaciones están sentando las bases para un futuro más resiliente y sostenible en la agricultura. La **gestión del suelo y del agua** son pilares fundamentales en este nuevo paradigma. El uso de tecnologías avanzadas como el GPS de alta precisión y los sensores de suelo, permite una **agricultura de precisión**, optimizando la aplicación de recursos y mejorando la salud del suelo. Estos sistemas permiten a los agricultores entender mejor las variaciones dentro de sus campos, aplicando agua y nutrientes de manera más precisa y eficiente, lo que resulta en una **reducción significativa del desperdicio y un menor impacto ambiental**.

La **sostenibilidad** es otro eje crucial en el campo de la Agritech. Tecnologías como la agricultura vertical, el cultivo de microalgas y los sistemas de acuaponía están redefiniendo los límites de lo que es posible, utilizando **menos tierra y recursos para producir más alimentos**. Estos métodos innovadores, además de ser sostenibles, ofrecen soluciones resilientes a los desafíos planteados por el cambio climático y la urbanización creciente. Como dice Christopher Upton, son sistemas complementarios a la agricultura regenerativa, de la que ya se ha hablado en el capítulo anterior. En cuanto a la **resiliencia, la integración de tecnologías como la inteligencia artificial y el big data está permitiendo a los agricultores anticipar y responder mejor a los desafíos**, desde fluctuaciones climáticas hasta plagas y enfermedades de los cultivos. Herramientas como drones y satélites están proporcionando datos precisos para la monitorización de cultivos y la gestión de recursos, lo que **conduce a decisiones más informadas y a una mayor capacidad de adaptación**.

Tecnologías para mejorar la salud del suelo

Retomando la importancia de la salud del suelo que se apunta al final del anterior capítulo, **Adrián Ferrero**, cofundador y Director General de **Biome Makers**, explica los últimos avances tecnológicos que permiten diagnosticar y proponer mejoras en el suelo para aumentar el rendimiento y la calidad de los alimentos producidos. Junto con el aire que respiramos y el agua que bebemos, **el suelo es uno de nuestros recursos naturales más importantes: sin él, moriríamos de hambre**.

Adrián Ferrero

▶ Ver vídeo



El suelo es la fuente de nuestros alimentos y también desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la flora y la fauna, el suministro de agua potable y la regulación del clima.

Debido a las malas prácticas agrícolas, el suelo se está degradando a un ritmo alarmante. En 2022, la ONU advirtió de que los daños causados a la tierra por el ser humano van en aumento y [el 40% de la tierra está degradada](#), sin fertilidad del suelo, agua, recursos naturales ni biodiversidad. Los métodos de agricultura intensiva no conservan la calidad del suelo y, si no introducimos cambios significativos en nuestra forma de cultivar, la producción de alimentos disminuirá inevitablemente.

El principal enfoque de Biome Makers es el **análisis del ADN de la tierra**, proporcionando información crucial a empresas agrícolas para mejorar la calidad de sus cultivos. Esta metodología permite a los agricultores, identificando qué microorganismos están presentes y cuáles son beneficiosos o perjudiciales, tomar decisiones informadas sobre cómo tratar el suelo para obtener mejores resultados en sus cultivos. Además de ofrecer asesoramiento, proporciona formación para interpretar los indicadores y proponer soluciones que han funcionado en situaciones similares.

Utilizan una tecnología avanzada llamada [BeCrop®](#), la cual representa el estándar mundial en la salud del suelo. Esta tecnología utiliza el ADN del microbioma del suelo y el aprendizaje automático para analizar tanto la presencia de microbios como su función. BeCrop® cuenta con la mayor base de datos mundial de microorganismos - más de 14 millones de referencias taxonómicas-, lo que permite descifrar la compleja biología del suelo. A día de hoy, trabajan con más de 190 cultivos diferentes, procedentes de más de 50 países. Esta tecnología, además de proporcionar datos sobre la salud del suelo, facilita la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles. Por ejemplo, al entender mejor la interacción entre los microbios y las plantas, se pueden reducir los insumos químicos, como fertilizantes y pesticidas, disminuyendo así el impacto ambiental de la agricultura y mejorando la sostenibilidad a largo plazo.



Mejorar la salud del suelo mejora la calidad de los alimentos y, en última instancia, se traduce en una mejor calidad de vida.

Agritech también es Watertech

Continuando desde las tecnologías para mejorar la salud del suelo, es esencial destacar otro aspecto crítico de la agricultura sostenible: la gestión eficiente del agua. El agua dulce, un recurso cada vez más escaso, es intensamente utilizada en la agricultura, representando un reto significativo para la sostenibilidad agrícola a nivel global. Especialmente en España, donde el sector agrícola consume aproximadamente el 82% del agua dulce disponible, la innovación en la gestión del agua se convierte en un factor clave para un futuro agrícola resiliente. A nivel mundial, más del 70% del agua dulce que consumimos se utiliza para la agricultura. Así lo afirma José Martínez, Director General de Novagric.

Murcia y Almería, dos regiones con limitaciones hídricas notables, sirven como ejemplos destacados de cómo la innovación en la gestión del agua puede transformar la agricultura. A pesar de sus desafíos, estas regiones consiguen cultivar el 40% de las frutas y verduras que España exporta, gracias a técnicas avanzadas como el riego por goteo y un uso eficiente del agua. Almería, en particular, ha dado pasos agigantados en la reutilización del agua: un 72% del agua de alcantarillado se recicla para uso agrícola, en contraste con el 10% en el resto de España y solo el 3% en Europa.

El avance hacia la modernización de los cultivos al aire libre y el desarrollo de invernaderos de alta tecnología es fundamental para conseguir esos datos. Los invernaderos modernos pueden reducir el consumo de agua hasta en un 40% en comparación con los métodos tradicionales. Además, el sistema hidropónico en estos invernaderos permite reutilizar hasta un 40%

del agua no absorbida por las plantas, marcando un hito en la eficiencia hídrica. Por su parte, la irrigación de precisión, apoyada por sensores de suelo, clima y planta, permite un ahorro significativo de agua, llegando hasta el 30%. Estos sistemas aseguran que el agua se utilice de manera óptima, entregando la cantidad exacta que las plantas necesitan, reduciendo su desperdicio y mejorando la salud general del cultivo.

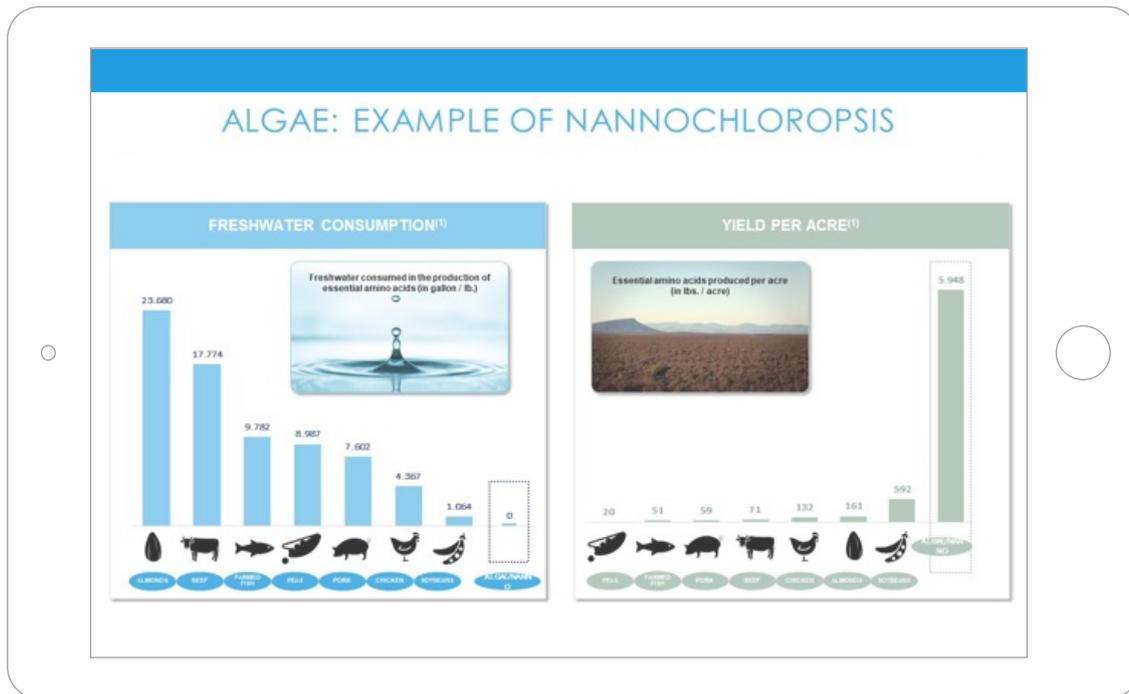
Las tecnologías de tratamiento del agua, incluyendo la desalinización y la reutilización del agua de drenaje, así como las aguas residuales domésticas e industriales, es otra área crucial. Estas tecnologías reducen la dependencia de las fuentes de agua dulce y también aportan sostenibilidad al sistema agrícola.

El papel de las aceleradoras de inversión de impacto en el sector agrícola es fundamental para fomentar estas innovaciones.



**José
Martínez**
Director General
de Novagric

El sureste de España, con factores como el clima favorable, el coste competitivo de la tierra y una legislación orientada a la sostenibilidad, se posiciona como una región líder en agricultura competitiva y sostenible, a pesar de desafíos como el aumento en los costes de la energía.



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible – Miguel Calatayud

Más allá de lo previsible: innovaciones rompedoras

Vista la enorme dependencia de la agricultura hacia el agua, existen iniciativas que, combinando la [biotecnología genética](#) con la inteligencia artificial y el big data, buscan **cultivos más resilientes**: el material genético de las semillas se modifica artificialmente para dotarlo de una nueva propiedad (por ejemplo, la resistencia de una planta a una enfermedad, a un insecto o a la sequía, la mejora de la calidad o el valor nutritivo de un alimento, o el aumento del rendimiento). Estos organismos se denominan "organismos modificados genéticamente" (OMG). [Miguel Calatayud](#) señala que, a pesar de las preocupaciones existentes, no hay evidencias concluyentes de que los OMG sean perjudiciales para la salud. Más aún, sugiere que estos podrían jugar un papel crucial en la sostenibilidad y en la alimentación de una población mundial en crecimiento. Por ejemplo, ya se cultiva y comercializa una [soja modificada genéticamente que se utiliza para crear un aceite más saludable](#) y variedades de [manzanas transgénicas que no se ponen marrones al cortarlas](#) ya están a la venta y pueden ayudar a reducir el desperdicio de alimentos.

Miguel Calatayud

▶ Ver vídeo



Respecto a otras tecnologías emergentes, cabe destacar el papel de [Israel en el desarrollo de sistemas de riego avanzados](#): Calatayud menciona tecnologías clave como la **agricultura de precisión, la hidroponía y la aeroponía** -si la hidroponía es el cultivo de plantas utilizando el agua como sustrato, la aeroponía da un paso más allá: el medio en el que viven las plantas es el aire-, junto con el **control de plagas** y el uso de cultivos alternativos.

Un paso más allá, se está probando con éxito el **cultivo de microalgas en el desierto, aprovechando aguas subterráneas altamente salinizadas**.

En el [proyecto de Nuevo México que Miguel Calatayud presenta](#), la fuente de agua utilizada para el cultivo de la microalga *nannochloropsis* es particularmente interesante. El proyecto se desarrolla en un ambiente desértico donde, a primera vista, parece imposible realizar cualquier tipo de cultivo debido a las extremas condiciones de calor, arena, y especialmente, a la presencia de agua subterránea con alta salinidad y mineralidad. Estas características generalmente representan un problema considerable para los cultivos convencionales, ya que la mayoría de las plantas no pueden sobrevivir en un entorno con agua de alta salinidad. Sin embargo, el proyecto aprovecha esta aparente desventaja al seleccionar un cultivo alternativo que es capaz de prosperar en estas condiciones. La elección de la *nannochloropsis*, una microalga que se adapta bien a ambientes con agua salina, permite utilizar eficientemente el agua subterránea disponible en el desierto para el cultivo. Esta estrategia demuestra una **solución innovadora y sostenible para cultivar en zonas donde tradicionalmente se consideraría imposible debido a la calidad del agua disponible**.

A pesar de la gran diversidad de microalgas en el mundo (estimada en trescientas mil), sólo se han identificado treinta mil y de ellas aproximadamente cincuenta especies se utilizan en investigación biotecnológica, de las cuales **diez se están utilizando para la producción comercial de compuestos y derivados alimentarios**. Se abre una **enorme oportunidad de generación de alimentos en suelos que antes eran imposibles de aprovechar, a la vez que se crean puntos de absorción de CO²**. Este enfoque, además de resolver el problema de cultivar en condiciones desfavorables, apunta hacia **un futuro donde la sostenibilidad, la innovación y la adaptabilidad serán claves para el desarrollo agrícola**.



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible – Miguel Calatayud

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos ubicuos que consumen CO², luz y nutrientes inorgánicos para producir biomasa, rica en compuestos como lípidos, carbohidratos, proteínas y pigmentos.



Agricultura de precisión y predicción: transformando el campo con tecnología avanzada

La agricultura de precisión, impulsada por avances en inteligencia artificial (IA), big data y sensores avanzados, promete revolucionar la forma en que cultivamos, cosechamos y gestionamos los recursos agrícolas. La agricultura de precisión es una **metodología de gestión agrícola basada en la observación, medición y respuesta a la variabilidad de los cultivos**. Utiliza una amplia gama de tecnologías, como sensores en el campo (**IoT**), imágenes satelitales, drones y sistemas de posicionamiento global (GPS), para optimizar las prácticas de cultivo.

En el corazón de la agricultura de precisión se encuentra la IA. Esta tecnología permite analizar grandes cantidades de datos de diversas fuentes como condiciones climáticas, calidad del suelo y tasas de crecimiento de los cultivos. A través de este análisis, **la IA hace predicciones precisas que asisten en la toma de decisiones críticas para la agricultura, como determinar el mejor momento para sembrar, cuándo y dónde regar o fertilizar y el momento óptimo para la cosecha**. Además, sistemas basados en IA pueden **identificar patrones que señalan la presencia de plagas o enfermedades en etapas tempranas**, permitiendo a los agricultores tomar medidas preventivas. Por otro lado, y como se detalla más adelante, la IA está permitiendo construir **gemelos digitales agrícolas** que aceleran la innovación hacia la sostenibilidad.

La **automatización y el uso de robots agrícolas** guiados por IA también están jugando un papel crucial en la transformación de las prácticas agrícolas. Estos robots pueden realizar tareas repetitivas como la siembra, el riego y la cosecha, lo que reduce significativamente la necesidad de mano de obra y aumenta la eficiencia en el campo.

Otro componente vital de la agricultura de precisión es el **big data**. La integración de datos de múltiples fuentes ofrece a los agricultores una visión completa y precisa de sus campos, ayudando a tomar decisiones más informadas. Estos datos pueden incluir información sobre el clima, el suelo, la topografía, y otros factores relevantes. Además, la capacidad de analizar estos datos en tiempo real permite a los agricultores responder rápidamente a condiciones cambiantes, minimizando riesgos y maximizando la productividad.

Las tecnologías emergentes como **drones y satélites** están proporcionando imágenes detalladas de los campos, lo que permite una **monitorización precisa del crecimiento de los cultivos y la identificación de problemas específicos en áreas concretas**. Los **sensores avanzados de IoT**, que pueden medir factores como la humedad del suelo, la temperatura y la luz solar, están proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones agrícolas. Además, la implementación de redes de comunicación mejoradas, como **5G en áreas rurales**, está facilitando la recopilación y transmisión de datos, lo que es crucial para la implementación eficaz de soluciones de agricultura de precisión.

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías avanzadas presenta desafíos, incluyendo la necesidad de inversiones significativas y capacitación para los agricultores. A pesar de estos desafíos, la agricultura de precisión promete aumentar la eficiencia y contribuir a prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Con el desarrollo continuo de la IA, la robótica y la analítica de datos, el futuro de la agricultura de precisión se perfila como aún más innovador y eficiente.

Cómo la inteligencia artificial y los datos están revolucionando la agricultura: ejemplos prácticos

A continuación, exploramos ejemplos prácticos de cómo estas tecnologías están revolucionando el sector. Desde el manejo de plagas con IA, que optimiza el uso de pesticidas hasta la precisión centimétrica del GPS RTK, que mejora la eficiencia y la sostenibilidad del suelo, pasando por los gemelos digitales regionales que mejoran la calidad de los sistemas alimentarios; estos ejemplos ilustran cómo la integración de tecnologías avanzadas está abriendo nuevos caminos en la agricultura, redefiniendo lo que es posible en términos de eficiencia, respeto medioambiental y productividad.

IA predictiva para el control de plagas:

La gestión de plagas, un aspecto fundamental para garantizar la salud y la productividad de los cultivos, está experimentando una transformación significativa gracias a la IA. La integración de datos de imágenes satelitales y pronósticos meteorológicos con modelos de IA ha dado lugar a estrategias predictivas para el manejo de plagas. Esta metodología se basa en la reacción a las infestaciones y, además, anticipa y previene su aparición. **Mediante el análisis de patrones y la predicción de brotes**, se pueden aplicar tratamientos específicos en momentos y lugares precisos, reduciendo así la necesidad de aplicar pesticidas de manera extensiva y no selectiva. Un caso emblemático de esta aplicación es el control de la mosca del olivo en Europa, cuenta [Pedro Carrillo](#), Director de Desarrollo de Negocio de [Coxabengoa Infraestructuras](#) y Consejero Delegado y Fundador de ec2ce. Aquí, la tecnología basada en IA ha demostrado ser una herramienta eficaz en la detección y manejo de la plaga, alineándose con las [directrices europeas para la reducción del uso de pesticidas](#). La precisión de estas soluciones tecnológicas en la predicción de brotes de plagas es un testimonio de su potencial para ser aplicadas en diversas regiones y cultivos.



Pedro Carrillo

 Ver vídeo

Esta transición hacia un manejo de plagas más inteligente y menos invasivo es un paso significativo hacia la sostenibilidad en la agricultura. La reducción del uso de pesticidas beneficia al medio ambiente y asegura la salud a largo plazo de los ecosistemas agrícolas y la calidad de los productos cultivados. **El uso de algoritmos avanzados de IA para analizar grandes conjuntos de datos agrícolas permite, además de predecir el control de plagas, predecir otros eventos críticos como enfermedades de cultivos y variaciones climáticas con alta precisión.** La capacidad de anticipar estos problemas ofrece a los agricultores la oportunidad de tomar medidas preventivas, lo que resulta en una mejora significativa en la eficiencia y productividad de las operaciones agrícolas. Además, **la IA ayuda en la optimización del uso de recursos como agua y fertilizantes**, contribuyendo a una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Gemelos digitales que permiten redefinir regiones agrícolas:

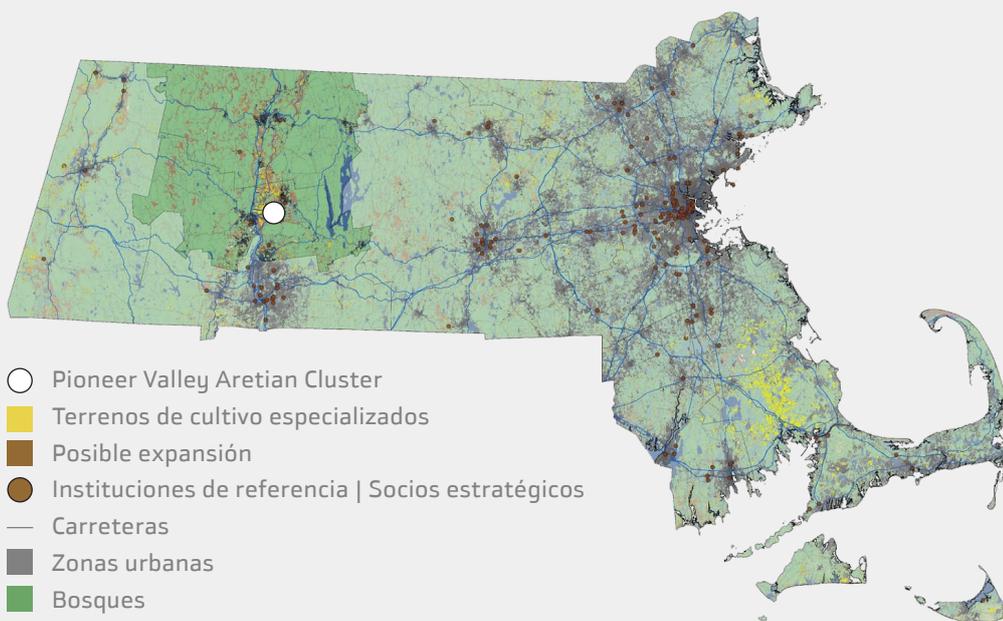
El uso de **gemelos digitales** impulsados por inteligencia artificial está rediseñando los métodos de cultivo y, más importante, transformando la forma en que comprendemos y gestionamos los sistemas alimentarios. El concepto de gemelos digitales se aplicó por [primera vez en el sector aeroespacial en 2010, y llegó a otros sectores como fábricas, ciudades inteligentes y salud](#). Los gemelos digitales, representaciones virtuales de sistemas físicos, están emergiendo hoy como herramientas cruciales en la agricultura. Su capacidad para simular y predecir el comportamiento de los cultivos y las condiciones ambientales permite a los agricultores tomar decisiones más informadas y precisas. Esta tecnología se apoya en el análisis exhaustivo de grandes bases de datos, incluyendo información climática, propiedades del suelo y patrones de crecimiento de cultivos, para optimizar los procesos agrícolas.

La incorporación de IA en estos sistemas aporta un nivel de análisis y predicción sin precedentes. Con la IA, es posible detectar y responder a los problemas en tiempo real, mejorando así la productividad y reduciendo los costes.

Otro aspecto innovador es la propuesta de **crear campus de agrotecnología a partir de gemelos digitales**. Estos centros, equipados con las últimas tecnologías, servirían como espacios

de experimentación y aprendizaje, donde los agricultores pueden colaborar y compartir conocimientos. Este enfoque colaborativo es fundamental para acelerar la adopción de nuevas tecnologías y enfrentar los retos globales en la producción de alimentos. La implementación de estas tecnologías también aborda cuestiones de desigualdad en la cadena de valor agrícola: al empoderar a los agricultores con datos y conocimientos precisos, se nivelan las oportunidades, permitiendo a los pequeños y medianos productores competir en un mercado cada vez más dominado por grandes corporaciones.

Ramón Gras, investigador en innovación urbana de la Universidad de Harvard y cofundador de [Aretian](#), expone varios proyectos relacionados con la implementación de gemelos digitales y la inteligencia artificial en la agricultura. Un proyecto destacado es el desarrollado en el Campo de Tarragona, Cataluña, que se centra en una estrategia de desarrollo sostenible en agrotecnología específica para esta región. Este proyecto busca apoyar a los agricultores locales mediante una plataforma o panel de control diseñado para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura en la región. Además, se propone la creación de campus de agrotecnología como parte de una estrategia más amplia para Cataluña.



Fuente: [Aretian](#)

Ramón Gras

▶ Ver vídeo



Tecnología GPS RTK en el sector agrícola:

En la búsqueda constante por mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la agricultura, la tecnología **GPS RTK (Real Time Kinematic)** ha emergido como una solución muy innovadora, apunta **Josep Olivart**, Consultor en **EPS Works**. Esta tecnología proporciona una precisión sin precedentes, permitiendo a los agricultores optimizar sus prácticas y recursos de manera significativa.

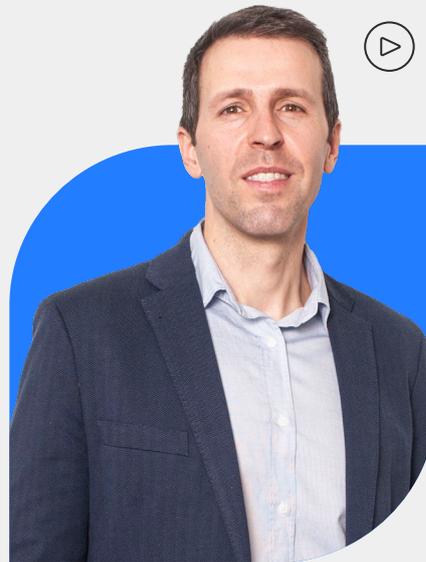
El GPS RTK permite un nivel de precisión centimétrica, crucial para aplicaciones agrícolas como la siembra, fertilización, gestión de pesticidas y recolección. En la siembra, por ejemplo, garantiza una distribución uniforme de las semillas, lo que resulta en un crecimiento más homogéneo de los cultivos. El uso de esta tecnología en el auto-guiado de maquinaria agrícola es otro ejemplo prominente. Los tractores y otros equipos pueden ser guiados con gran exactitud, minimizando el daño a los cultivos y mejorando la eficiencia del trabajo en el campo. La robótica y los drones, en combinación con el GPS RTK, están abriendo nuevos horizontes en el sector agrícola. Estas tecnologías emergentes permiten la creación de máquinas totalmente automáticas, diseñadas para tareas específicas, ampliando el potencial de la agricultura moderna. Esta capacidad es especialmente útil en la aplicación de herbicidas, donde la precisión puede reducir la superposición y el desperdicio, incluso en campos de formas irregulares. La tecnología permite un control individual de las boquillas de aplicación, optimizando el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes y ajustando automáticamente su activación según la ubicación exacta del tractor.

Además, el GPS RTK es fundamental en la gestión avanzada del riego. Permite mapear con precisión los campos, identificando áreas que requieren más o menos agua, lo que mejora la eficiencia del uso del agua y contribuye a la salud del suelo.

Olivart explica cómo dos receptores GPS, ubicados a menos de 30 km de distancia, pueden corregirse mutuamente, alcanzando una precisión sin precedentes. Esta capacidad es vital en aplicaciones agrícolas, especialmente en campos de gran extensión. En España, el Instituto Geográfico Nacional ofrece estaciones base que proporcionan cobertura gratuita, permitiendo a los agricultores beneficiarse de esta precisión sin incurrir en costes adicionales.

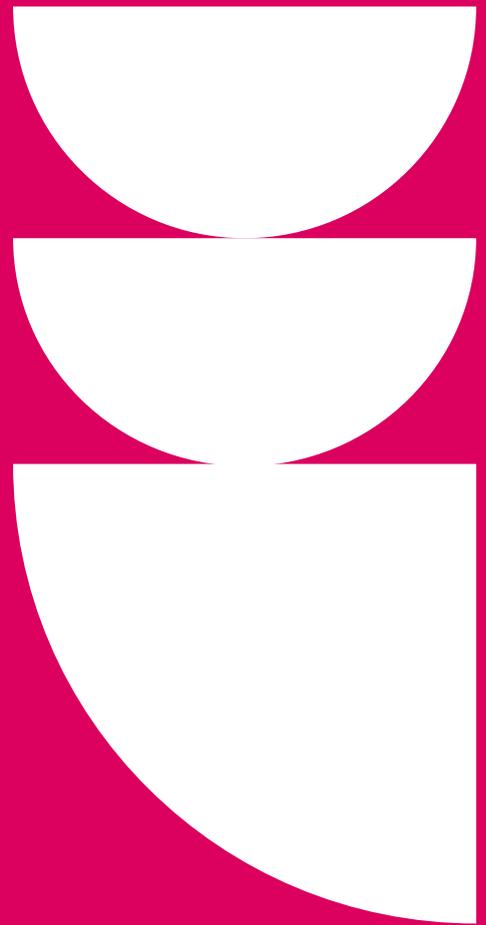
Josep Olivart

 Ver vídeo



Al cerrar el capítulo de la innovación Agritech, nos adentramos en la siguiente fase de nuestra cadena alimentaria: el papel vital de la nutrición. Los avances tecnológicos en la producción de alimentos son solo una parte de la ecuación; la forma en que consumimos y entendemos los alimentos es el siguiente paso. Así, emergen dos conceptos revolucionarios: **"alimentarse de manera saludable"** y **"la comida como medicina"**. Estos se centran en satisfacer las necesidades básicas y, además, buscan potenciar la salud y prevenir enfermedades a través de lo que comemos. Este cambio de paradigma nos invita a considerar cada bocado como una oportunidad para nutrir nuestro cuerpo y mente, marcando el inicio de una nueva era en la que **la comida consciente y terapéutica se convierte en un eje central para un futuro sano, sostenible y próspero.**

3



**Del campo a la
mesa: el fin último
de la agricultura
es alimentarnos
con nutrientes
necesarios y sanos**

3

Del campo a la mesa: el fin último de la agricultura es alimentarnos con nutrientes necesarios y sanos

Hemos visto cómo asegurarnos la producción de alimentos sanos y nutritivos de manera resiliente y sostenible. Es hora de abordar los hábitos alimenticios y su impacto en la salud pública y en el ecosistema global. Este capítulo se sumerge en la complejidad de la relación entre nuestra dieta y sus efectos multifacéticos. Desde la incidencia en enfermedades no transmisibles hasta el cambio climático, nuestros patrones de consumo alimentario tienen implicaciones profundas. Se examinará cómo una transición hacia **prácticas alimentarias más conscientes y sostenibles puede ser una palanca clave para el bienestar humano y la salud del planeta.**

La nutrición ante los desafíos económicos, sociales y ambientales

La nutrición se revela como un elemento clave en la intersección de múltiples desafíos globales. Su importancia se extiende más allá de la salud individual, vinculándose profundamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La atención a un objetivo ODS puede influir en otros, evidenciando la complejidad y la interconexión de los mismos. Por ejemplo, mejorar la nutrición combate el hambre, a la vez que tiene impactos positivos en la educación, la salud y la reducción de la pobreza.

La **relación entre nutrición y desarrollo económico** es otro aspecto crucial. [Martin Bloem](#), Director del [Centro Futuro Habitado de John Hopkins](#), subraya la

importancia de una nutrición adecuada durante los primeros 1.000 días de vida, un periodo crítico para el desarrollo cerebral. La desnutrición en esta etapa puede tener efectos duraderos, limitando el desarrollo cognitivo y el rendimiento laboral futuro. Esta perspectiva resalta la necesidad de intervenciones tempranas y efectivas en nutrición para fomentar un desarrollo sostenible y equitativo.

**Martin
Bloem**

 Ver vídeo



Otro tema a destacar es el **impacto ambiental de la producción de alimentos, particularmente la carne**. [La producción ganadera representa entre el 12 y el 18 por ciento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero](#), incluyendo el 9 por ciento del dióxido de carbono y el 37 por ciento de las emisiones de gas metano en todo el mundo. También tiene importantes repercusiones en la huella hídrica, la contaminación del agua y la escasez de agua. Por lo tanto, es evidente que existe una necesidad urgente de cambiar el estilo de vida y los hábitos de consumo actuales, tanto por la salud del planeta como por la propia salud humana.

La necesidad de transitar hacia dietas más respetuosas con el medioambiente es evidente, aunque se reconoce que existen **desafíos significativos en términos políticos y culturales para implementar estos cambios**.

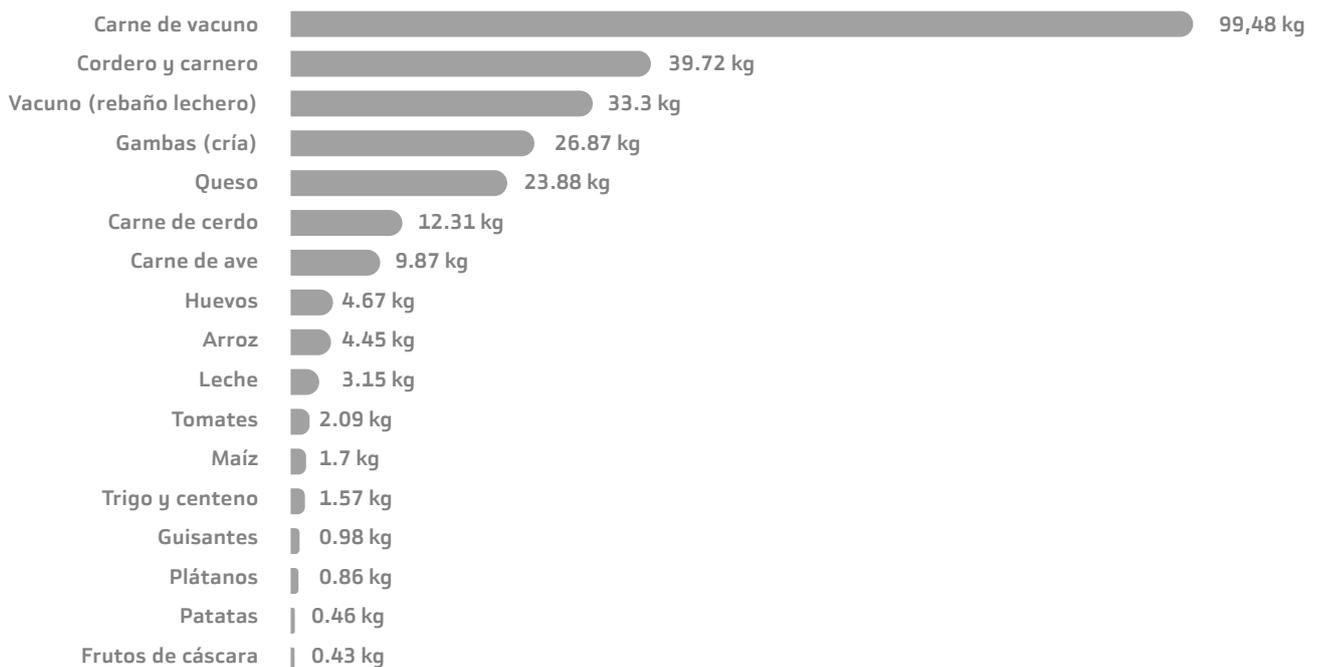
A su vez, la disminución en el consumo de pescado a nivel mundial, junto con las preocupaciones sobre la calidad nutricional del pescado de acuicultura, especialmente en términos de contenido de omega-3,

es otro problema nutricional. [La producción global de acuicultura ha aumentado significativamente](#), con Asia liderando la producción, representando aproximadamente el 92% de los animales y plantas acuícolas cultivados. En 2018, el 52% del consumo global de productos pesqueros se atribuyó a la acuicultura, y se espera que esta cifra aumente en el futuro.

En todo caso, la adaptación de soluciones nutricionales a contextos específicos es esencial ya que no existe una "solución única para todos" en nutrición; [las intervenciones deben ser sensibles a las diferencias culturales, económicas y políticas](#). Además, es de gran importancia la colaboración intersectorial y la comunicación entre distintas disciplinas para abordar estos retos de manera efectiva.

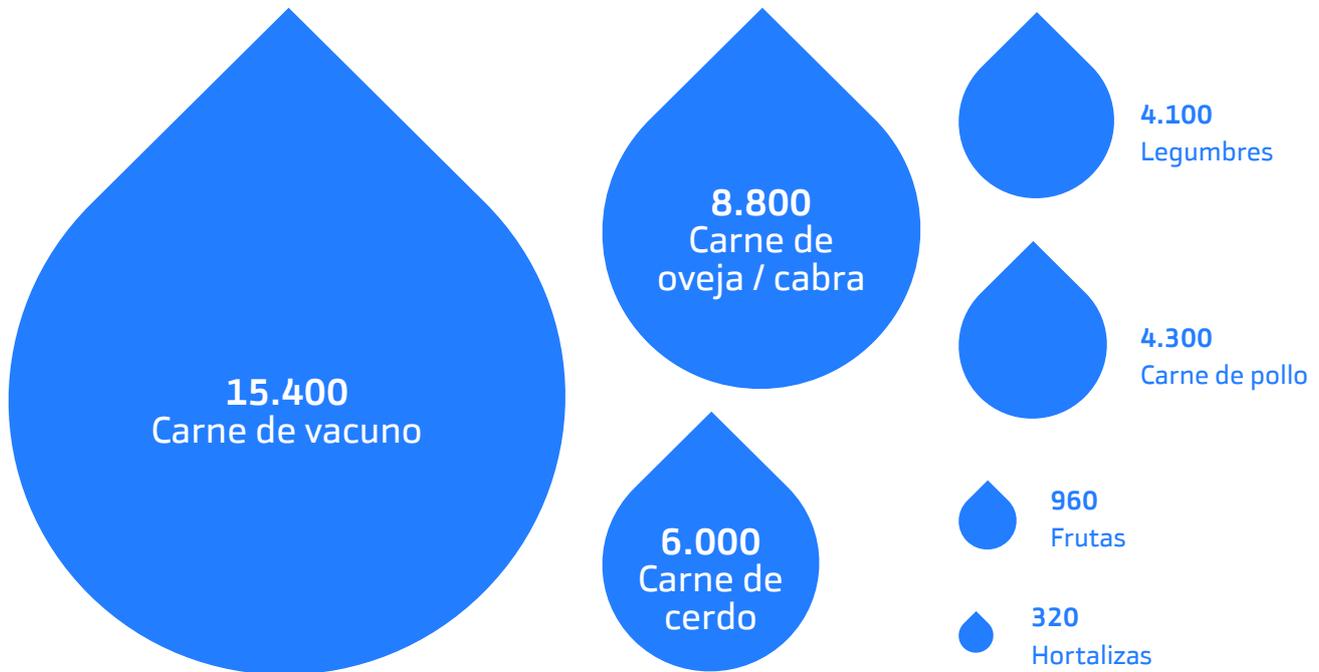
Al abordar los desafíos económicos, sociales y ambientales de la nutrición, es fundamental reconocer la creciente importancia del concepto "**la comida es medicina**" en la salud individual. Este enfoque pone de relieve cómo una alimentación adecuada puede ser un aliado esencial en la prevención y el manejo de enfermedades, enfatizando el papel de los alimentos como una forma de medicina natural y preventiva.

Emisiones de gases de efecto invernadero por kilogramo de producto alimenticio



Fuente: [Our World in Data](#)

La huella hídrica de los alimentos. Cantidad de agua requerida para la producción de un kilogramo de alimentos seleccionados (en litros)



Fuente: [statista](#)

La comida como medicina

La nutrición óptima se convierte en un pilar fundamental para mantener y mejorar la salud, reduciendo la dependencia de medicamentos y tratamientos médicos. Este concepto, que vincula directamente la calidad de la dieta con la salud y el bienestar individual, refuerza la idea de que **lo que comemos tiene un impacto directo y significativo en nuestra salud física y mental**. Al adoptar dietas saludables y equilibradas, individuos y comunidades pueden abordar problemas de salud pública y mejorar su calidad de vida, marcando un paso adelante hacia un futuro más saludable y sostenible. Así lo explica [Dariush Mozaffarian](#), Catedrático y Director del [Food is Medicine Institute](#) de la Universidad de Tufts.

Una dieta inadecuada es responsable de más muertes a nivel mundial que cualquier otro factor de riesgo, incluido el tabaquismo. [En los EE.UU., es el principal impulsor de la mala salud, conduciendo a más de medio millón de muertes al año y costando más de 1.1 billones de dólares en costes de salud y pérdida de productividad.](#)

El concepto de "la comida como medicina" emerge como un enfoque revolucionario en la **intersección de la nutrición, la salud y el tratamiento de enfermedades**. Esta idea, que [gana impulso en Estados Unidos](#) y en otros países como Canadá, Australia y Reino Unido, sugiere que **los alimentos pueden ser prescritos por profesionales de la salud y cubiertos por el sistema de salud**, similar a los medicamentos. Este paradigma aborda directamente enfermedades crónicas relacionadas con la dieta, como la obesidad, la hipertensión, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, que son problemas globales de salud pública.

Dariush Mozaffarian

 Ver vídeo



Destacar dos desarrollos significativos: una [resolución de la Cámara de Representantes de EE. UU.](#) que exige la integración de la educación nutricional en los programas de formación médica y una [conferencia en la Casa Blanca sobre hambre, nutrición y salud](#), que pone de manifiesto el enfoque de alto nivel en la nutrición y la salud por primera vez en más de 50 años.

Este enfoque se centra tanto en el tratamiento de enfermedades existentes, como en **la prevención, especialmente entre los jóvenes**. Esto incluye políticas a nivel de población, como la mejora de las comidas escolares y programas gubernamentales de alimentación. Además, la estrategia de "la comida como medicina" juega un papel crucial en la **equidad en salud**, orientándose hacia poblaciones con dificultades socioeconómicas al proporcionar alimentos saludables y accesibles para aquellos que más lo necesitan.

Otra faceta importante de este enfoque es la educación y capacitación en nutrición y cocina, que se considera esencial en estos programas. La necesidad de **integrar la educación nutricional en los programas de formación médica** es fundamental. Un cambio que, aunque aún no sistemático, está ganando impulso. En los EE.UU., algunos programas hospitalarios están adoptando un enfoque innovador al recetar alimentos a los pacientes. Los Programas de [Prescripción de Alimentos \(PRx\)](#) son tratamientos médicos o servicios preventivos para pacientes elegibles con riesgos o condiciones de salud relacionados con la dieta, inseguridad alimentaria u otros desafíos documentados en el acceso a alimentos nutritivos. Estas prescripciones se cumplen a través de comercios minoristas de alimentos y permiten a los pacientes acceder a productos saludables a bajo o ningún coste. Están diseñados para mejorar los resultados de salud, optimizar el gasto médico y aumentar la participación y satisfacción del paciente. Además, los PRx se están integrando como un beneficio cubierto en planes de salud patrocinados por el gobierno norteamericano.



4



**Foodtech:
impulsando la
nueva era de
la alimentación
inteligente y
sostenible**

4

Foodtech: impulsando la nueva era de la alimentación inteligente y sostenible

Hasta ahora hemos visto que la agricultura moderna es el arte de cultivar la tierra de manera sostenible, proceso esencial para proporcionarnos nutrientes vitales y saludables. Ahora nos adentraremos en el mundo del **Foodtech**, una esfera que representa el siguiente escalón en la cadena alimentaria. Aquí, veremos cómo **la tecnología está revolucionando la forma en que nuestros alimentos son producidos, seleccionados, procesados, conservados, distribuidos y consumidos**, avanzando en el ciclo 'de la tecnología a la mesa' y demostrando que la innovación no solo se arraiga en el campo, sino que también aflora en cada aspecto de nuestro consumo alimentario.

Entendiendo Foodtech

La intersección entre la ciencia, la tecnología y la innovación ha catalizado una transformación en el sector de la alimentación, dando origen a la consolidación de Foodtech como una industria robusta y de gran potencial. **Foodtech representa la incursión de tecnologías avanzadas y soluciones innovadoras que están redefiniendo el ámbito alimentario y agropecuario a nivel global.** Esta industria abarca desde la integración de la Industria 4.0 en el sector hasta el desarrollo de nuevos alimentos mediante la exploración de nuevas tecnologías y nutrientes.

El ecosistema de Foodtech se caracteriza por una comunidad de empresas establecidas, emprendedores, centros tecnológicos, universidades y startups dedicados a implementar tecnologías novedosas para optimizar cada aspecto de la cadena alimentaria, desde la producción

hasta el consumo. El propósito principal de estas **innovaciones** es enfrentar **desafíos globales** inminentes, como el cambio climático y el incremento poblacional, orientando al sector agroalimentario hacia un porvenir más respetuoso con el planeta y más eficiente. Entre los desafíos que las startups de Foodtech buscan abordar se incluyen la disminución de emisiones de CO2, la gestión de recursos hídricos, la escasez de mano de obra, la mejora de la salud, la transparencia en las cadenas de suministro, la optimización de la distribución, la seguridad alimentaria, la trazabilidad, la eficiencia y rentabilidad de las granjas, la sostenibilidad en la producción de carne, la reducción del desperdicio alimentario y el manejo de residuos. En base a los objetivos específicos que se buscan abordar, se pueden categorizar las aplicaciones y servicios de Foodtech según la clasificación propuesta por **Alessio D'Antino**, fundador y CEO de **Forward Fooding**:

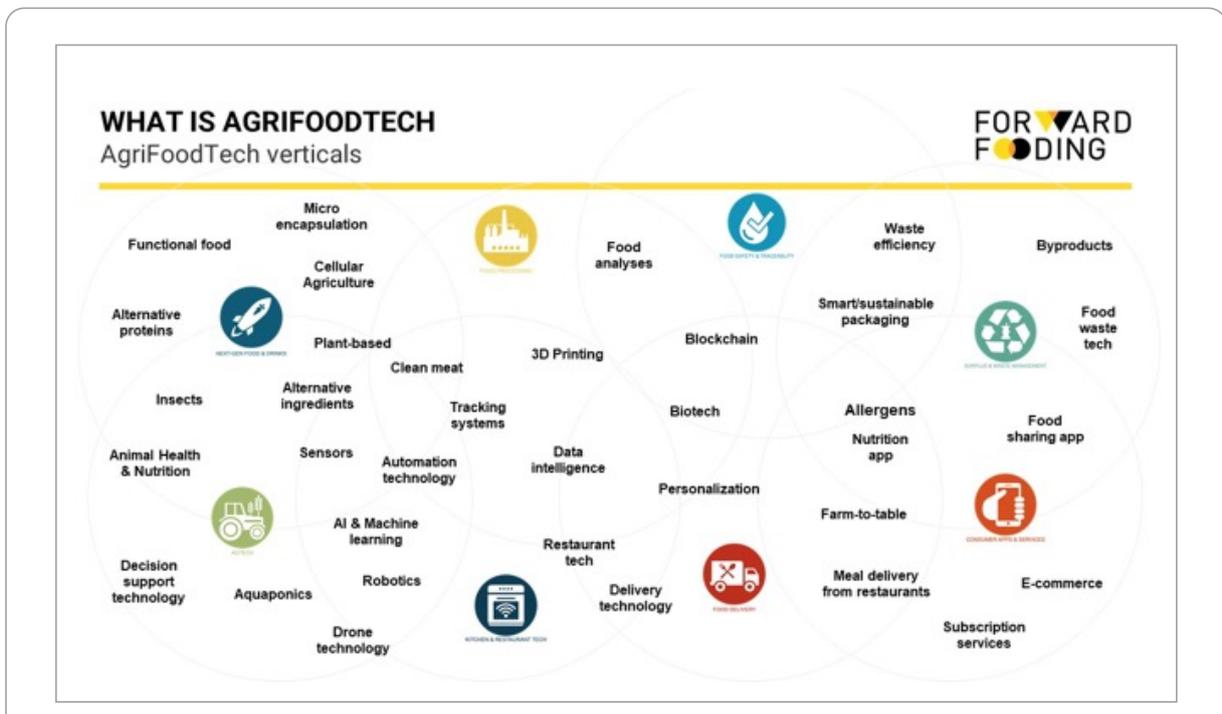


**Alessio
D'Antino**

 Ver vídeo



Fuente: [Forward Fooding](#)



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible - Alessio D'Antino

Foodtech abarca desde la integración de la Industria 4.0 en el sector alimentario hasta el desarrollo de nuevos alimentos mediante la exploración de nuevas tecnologías y nutrientes.

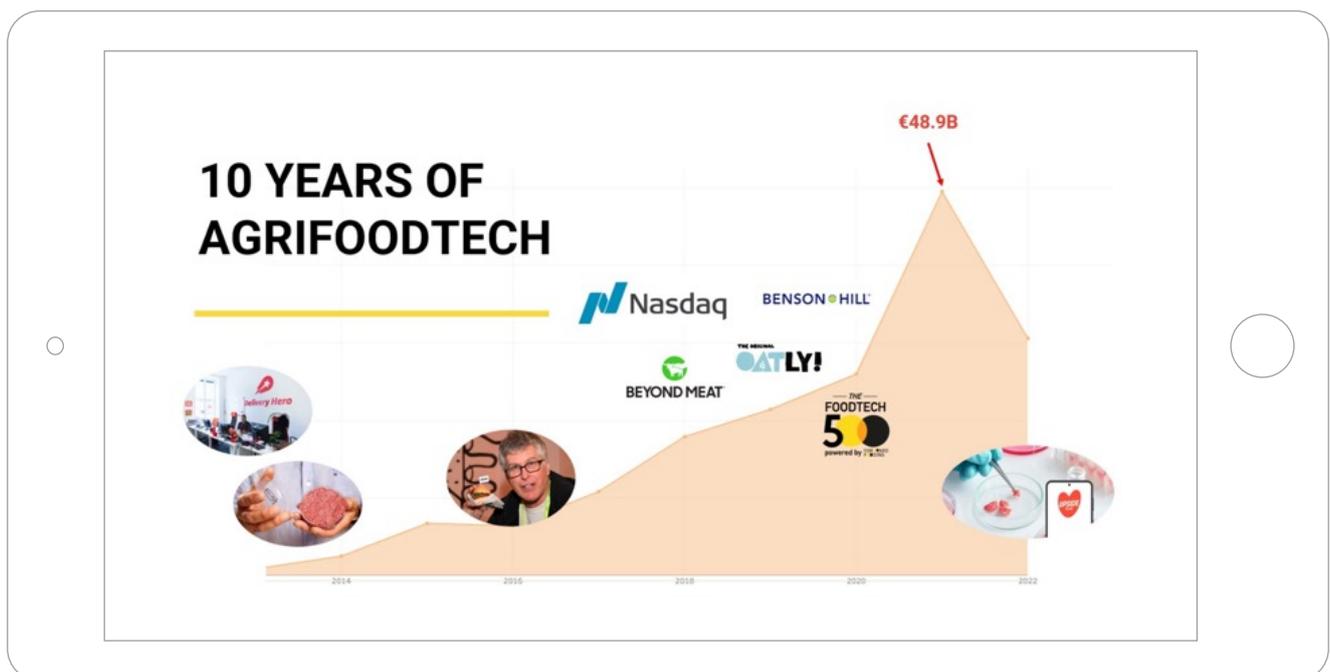
Visión general del ecosistema Foodtech

El año 2016 marcó un antes y un después en el ámbito de la tecnología alimentaria, estableciéndose como el "año cero" de lo que hoy conocemos como Foodtech. Este sector, aunque puede parecer pequeño en comparación con sectores gigantes como Fintech, ha demostrado ser de vital importancia ante los desafíos alimentarios globales que enfrentamos. La inversión en Foodtech alcanzó su punto más alto en 2021, señalando un pico de interés y volumen de inversión en soluciones innovadoras para el sector alimentario. Sin embargo, el año 2022 trajo consigo una inflexión, marcando un momento de reevaluación y ajuste en las tendencias de inversión. La disminución de la inversión en 2022 es vista como un correctivo de mercado que está llevando a las startups a enfocarse en la rentabilidad.

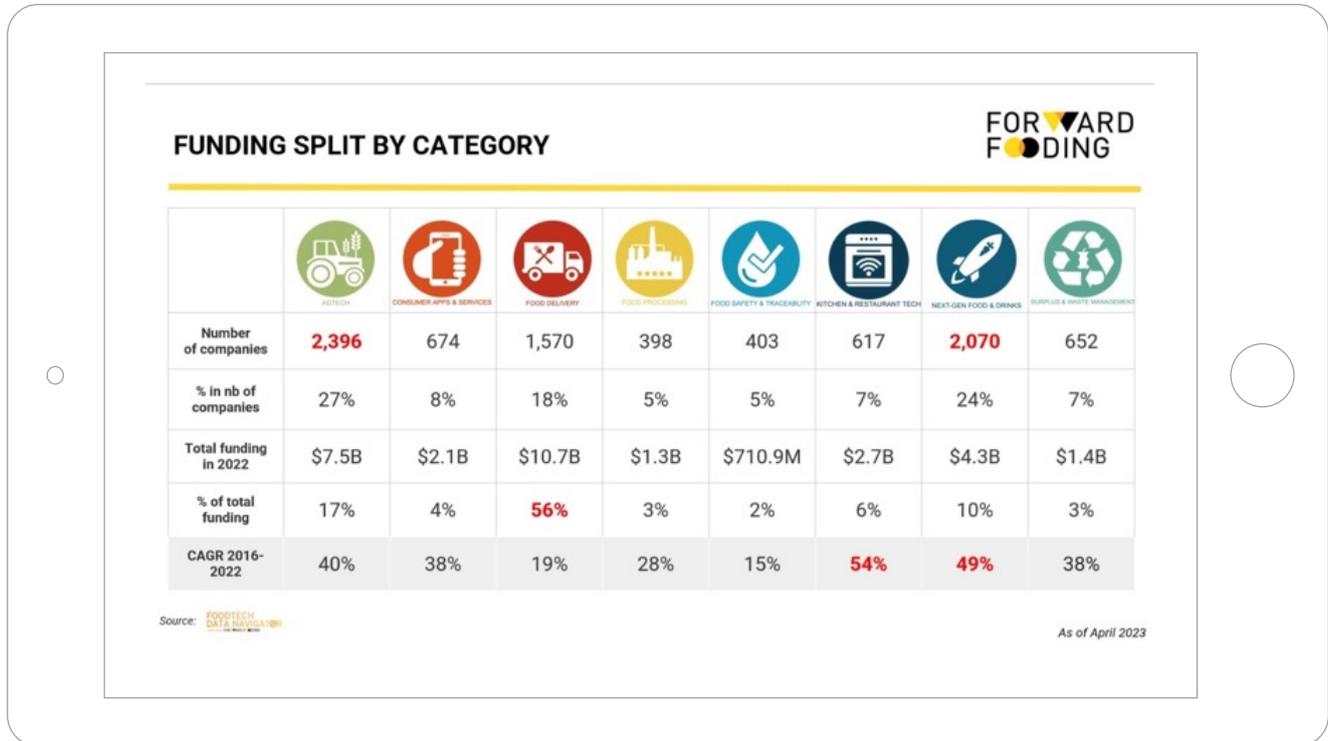
Actualmente, se está produciendo un **cambio hacia la diversificación de inversiones**, alejándose de la excesiva concentración en áreas como **entrega de alimentos y proteínas alternativas**.

Un aspecto interesante, que se produce cada vez más a menudo en Foodtech, es lo que D'Antino denomina la "**contaminación cruzada**", donde tecnologías maduras de otros sectores se aplican en la agricultura y alimentación, creando nuevos casos de uso, como por ejemplo la **digitalización de campos agrícolas mediante satélites originalmente desarrollados para el ejército**, como se menciona en el Capítulo 2, o la **impresión 3D de alimentos que comenzó en el sector espacial**.

Una observación detallada del panorama de inversión en Foodtech revela una concentración significativa de recursos en sectores como **AgriTech** y los **alimentos y bebidas de próxima generación**. AgriTech se ha posicionado en el centro de la innovación, buscando optimizar la producción de alimentos a través de la automatización, la biotecnología y las prácticas agrícolas sostenibles. Por otro lado, la creación de alimentos y bebidas de próxima generación apunta a satisfacer la creciente demanda de productos más saludables, sostenibles y adaptados a las necesidades nutricionales específicas de la población.



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible - Alessio D'Antino



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible - Alessio D'Antino

A nivel mundial, el 48% de las compañías Foodtech se concentran en tan solo cinco países (EE.UU., Reino Unido, Israel, Francia y España) mientras que hasta el 70% de la inversión captada se concentra a su vez en cinco países (EE.UU., China, Singapur, India y Reino Unido).

A pesar del progreso significativo, existen áreas dentro del sector Foodtech que aún requieren mayor atención y financiación. La **seguridad alimentaria/trazabilidad, gestión de excedentes/desperdicios** y la **biotecnología agrícola** son ejemplos de campos donde la innovación podría tener un impacto transformador, pero que **hasta el momento han recibido menos inversión**. Estos "puntos ciegos" representan oportunidades cruciales para abordar aspectos fundamentales de la cadena de suministro alimentario, desde la detección temprana de patógenos hasta el desarrollo de cultivos más resistentes y productivos. El reto está en **equilibrar el impulso innovador con la necesidad de soluciones prácticas y accesibles** que atiendan tanto a los desafíos inmediatos como a las metas a largo plazo de sostenibilidad global.

Algunas de las tendencias que veremos en los próximos años son:

- A pesar de los retos, la agricultura de interior/vertical seguirá expandiéndose en zonas "climáticamente estratégicas".
- Aumentará la adopción de alimentos funcionales y productos nutricionales con dietas personalizadas basadas en nuestra genética, y ligada al estudio del genoma y la microbiota de cada uno de nosotros.
- La consolidación hará que sólo queden en el mercado un puñado de plataformas de Delivery de alimentos.

Para acabar, en el sector de proteínas alternativas, la categoría de productos a base de plantas está experimentando una saturación en el mercado, entrando en una fase que podría describirse como de desilusión. Este contexto presenta desafíos significativos para los nuevos participantes que buscan establecerse y capturar cuotas de mercado en este espacio cada vez más competitivo. A medida que el entusiasmo inicial por los alimentos alternativos se modera, las empresas enfrentan la tarea de diferenciarse en un campo abarrotado. En respuesta a esta situación, los productos proteínicos alternativos están evolucionando hacia formas híbridas. Esta transformación señala una tendencia hacia la colaboración entre empresas, uniendo fuerzas para mejorar la calidad de sus ofertas y fomentar una adopción masiva de sus productos. Estas colaboraciones estratégicas están diseñadas para combinar recursos, conocimientos y tecnologías, con el objetivo de crear productos más atractivos para los consumidores y más respetuosos y eficientes desde el punto de vista ambiental.

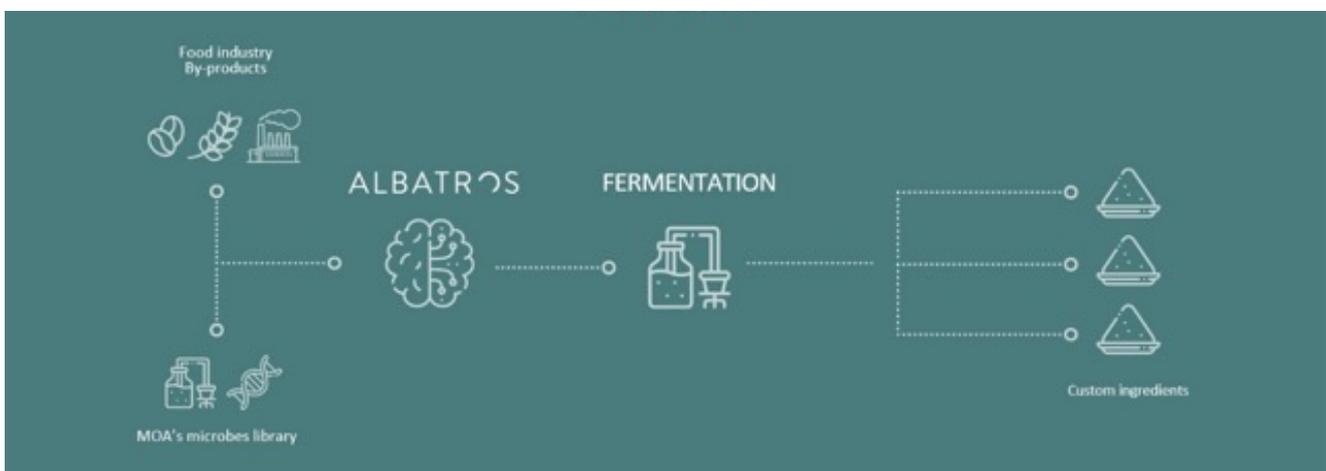
Paralelamente, el enfoque de la inversión en el sector de las proteínas alternativas está experimentando un cambio significativo: se observa una inclinación hacia la fermentación y la agricultura celular, marcando un paso de modelo B2C a modelo B2B. Este cambio refleja una evolución desde los enfoques tradicionales basados en plantas hacia métodos más avanzados y tecnológicamente intensivos para producir proteínas alternativas. La fermentación y la agricultura celular prometen revolucionar la industria alimentaria, ofreciendo métodos de producción más eficientes y menos dependientes de los recursos naturales.

Además, el sector ha experimentado avances normativos significativos, especialmente en el ámbito de la agricultura celular. Estos desarrollos regulatorios son cruciales para la integración de tecnologías innovadoras en el mercado de alimentos, ya que establecen un marco legal que permite la comercialización de productos de agricultura celular. La claridad regulatoria beneficia a las empresas al proporcionar directrices claras para la producción y comercialización de estos productos innovadores, y asegura a los consumidores la seguridad y calidad de los alimentos producidos mediante estas tecnologías emergentes.

A continuación, se analiza tanto la fermentación como la agricultura celular en más detalle:

Proteínas del futuro: cómo la fermentación está cambiando el juego

El potencial innovador de la fermentación en la industria alimentaria es inmenso, ofreciendo un camino sostenible para producir ingredientes y productos alimenticios. Esta técnica milenaria, revitalizada por la tecnología moderna, permite transformar subproductos en valiosos nutrientes, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia en el uso de recursos. Con la aplicación de herramientas de bioingeniería, IA y análisis de datos, la fermentación se posiciona como una solución clave para enfrentar desafíos de sostenibilidad, seguridad alimentaria y demandas de producción más ecológicas, explica Ana del Ramo, bioinformática en MOA.



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible – Ana del Ramo



MOA se especializa en la creación de ingredientes sostenibles a través de la fermentación, utilizando subproductos alimentarios y una extensa biblioteca de microbios. Su software de inteligencia artificial desempeña un papel clave en el diseño y optimización de estos procesos, permitiendo la producción de ingredientes personalizados y destacando por su **uso de subproductos globales**. Esta estrategia refuerza la sostenibilidad de la empresa y le otorga una mayor independencia ante posibles fluctuaciones en la cadena de suministro, un aspecto crucial en el contexto del cambio climático.

MOA ha incorporado tecnologías avanzadas en la fermentación, desarrollando un software de IA para **predecir comportamientos microbianos y optimizar bioprocesos**. La colaboración con socios como [Barilla](#), usando microorganismos de MOA y subproductos para producir ingredientes, ejemplifica cómo la fermentación puede revolucionar la producción de alimentos. La compañía ya ha logrado escalar sus primeros productos a 10,000 litros.

Ana del Ramo



Ver vídeo



Con planes ambiciosos para 2024, MOA se propone expandir su biblioteca de microorganismos y subproductos, evidenciando un crecimiento significativo en su capacidad de innovación y aplicación práctica. La visión de del Ramo subraya el potencial transformador de la fermentación, capaz de **convertir subproductos en fuentes sustanciales de proteínas**, presentando una oportunidad única para abordar desafíos globales de sostenibilidad y seguridad alimentaria.

A nivel internacional, algunos ejemplos de cómo se están utilizando las técnicas de fermentación innovadora para crear proteínas y llevarlas directamente al mercado son:

- *Leche de laboratorio:* [Perfect Day](#) y [Ripple Foods](#) están creando leche de laboratorio que tiene la misma textura y sabor que la leche de vaca tradicional.
- *Huevos de laboratorio:* [Eat Just](#) está creando huevos de laboratorio que tienen la misma textura y sabor que los huevos de gallina tradicionales.
- *Pescado de laboratorio:* [BlueNalu](#) crea pescado de laboratorio, como por ejemplo atún rojo, con las mismas características que las de los peces reales.
- *Carne de laboratorio:* [Mosa Meat](#) y [Aleph Farms](#) están utilizando técnicas de fermentación innovadora para crear carne de laboratorio que sabe y se ve como la carne de res tradicional. Es lo que se denomina agricultura celular, que se explica a continuación.

Agricultura celular: innovación, sostenibilidad y compasión

El consumo de proteína animales lleva creciendo a nivel mundial a ritmo acelerado -hasta el punto de cuadruplicarse su producción en las últimas 5 décadas. Y esta producción de proteínas animales lleva aparejada un alto precio medioambiental:

* [World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision](#)

** [The water footprint of humanity](#)

*** [Antimicrobial drug use in food-producing animals and associated human health risks: what, and how strong, is the evidence?](#)

14%

De todas las
emisiones de GEI

80%

De las tierras
de cultivo

22%

Del uso
global de agua

70%

De todos los
antibióticos que
se producen

205m

Animales
sacrificados al día

La agricultura celular implica la producción de tejidos animales, de carne, mediante el cultivo de células madre en laboratorio, lo que permite **obtener alimentos cárnicos sin necesidad de criar o sacrificar animales**. Esta técnica, similar a la empleada en la creación de órganos artificiales para trasplantes a partir de células madre, ofrece una alternativa innovadora para la producción alimenticia. Esta metodología, aunque revolucionaria, **suscita debates sobre su seguridad alimentaria y su conformidad con los principios éticos**. Los investigadores subrayan que estos productos **no son el resultado de modificaciones genéticas**, sino el fruto de procesos tecnológicos avanzados que utilizan células obtenidas directamente de los animales, con el fin de replicar alimentos en el laboratorio. Entre los investigadores de más prestigio internacional se encuentra [Mark Post](#), Director Científico de [Mosa Meat](#), y conocido por desarrollar en 2013 la "[primera hamburguesa de laboratorio](#)", quien apunta que los **beneficios** de esta tecnología son significativos, incluyendo la **reducción de costos económicos y ambientales, y la mejora de la calidad de los alimentos en términos de sabor, apariencia y valor nutricional, manteniendo al mismo tiempo la esencia del producto original**. Y por último, y no menos importante, **eliminando el sacrificio de animales**.

Mark Post

 Ver vídeo



Actualmente existen más de 150 empresas que se dedican exclusivamente al cultivo de carne, pescado o marisco, y otras 70 se han unido al sector a través de colaboraciones u ofertas de productos/servicios a lo largo de la pila tecnológica del cultivo de carne. La mayoría de estas empresas colaboradoras operan en el sector de la alimentación y las bebidas o en el de las ciencias de la vida, y su objetivo es proporcionar insumos, infraestructuras y conocimientos críticos a las empresas emergentes del sector de la carne de cultivo. Esta actividad de empresa a empresa (B2B) será un valioso multiplicador de fuerzas para la industria.

Los dos grandes retos a los que se enfrenta la agricultura celular están relacionados entre sí:

- conseguir escalar la producción para que pueda ser masiva
- conseguir reducir muy significativamente el precio de producción, que además de tener relación con el primero, depende mucho del precio de los componentes que se utilizan para "alimentar" a las células.

Para hacernos una idea del reto, si se quisiera cubrir el 10% de la producción mundial de carne con agricultura celular, se necesitarían 2 millones de biorreactores de 1.000 litros de capacidad cada uno.

Un tercer reto, que es tener las regulaciones necesarias para poner en el mercado estos productos, se va resolviendo poco a poco. A día de hoy existen tres productos de agricultura celular aprobados por normativas gubernamentales: [uno en Singapur](#) y [dos en EE.UU.](#)

Para profundizar en el mercado de la agricultura celular, se recomienda el [Informe sobre el estado de la industria de la carne y productos del mar cultivados \(en inglés\)](#).



El rol de los consumidores en la adopción Foodtech

Todas estas tecnologías prometedoras deben ser atractivas y accesibles para los consumidores para que puedan ser adoptadas de forma masiva. Históricamente, las visiones futuristas de la dieta han oscilado entre lo utópico y lo distópico, pero es esencial reconocer la diversidad y complejidad de los consumidores actuales.

A medida que los consumidores buscan opciones más ecológicas, saludables y convenientes, impulsan la innovación y el desarrollo de nuevas soluciones. Su participación activa y demandas específicas promueven un entorno en el que la tecnología alimentaria prospera y evoluciona, adaptándose a las expectativas de un mercado cada vez más informado y consciente de su impacto en su salud y la del planeta.

A continuación, se explora cómo las tendencias emergentes en el comportamiento del consumidor están modelando el futuro de la alimentación, desde el campo hasta la mesa.

Al comprender el rol crucial de los consumidores en la adopción de Foodtech, podemos crear estrategias que impulsen la innovación y transformen el sistema alimentario hacia un futuro más sostenible, nutritivo y equitativo.

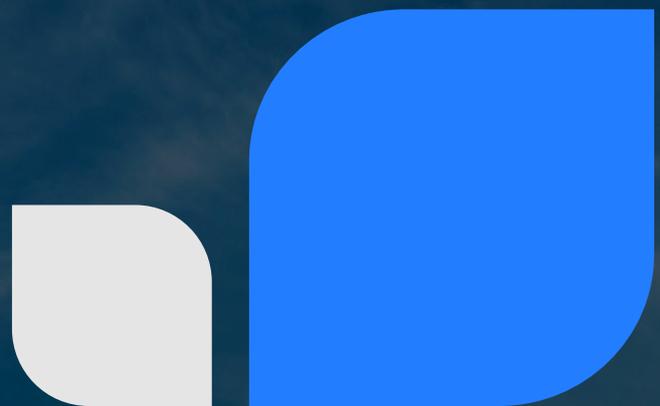


Megatendencias que influyen en la dieta de los consumidores

Un punto crucial a tener en cuenta antes de entrar en las tendencias que influyen en la dieta, es la **desigualdad en el acceso a dietas diversas y nutritivas**. Solo un 20% de la población mundial tiene acceso a una dieta diversa y nutritiva, mientras que una gran parte de la población mundial se enfrenta a limitaciones significativas en su acceso a alimentos saludables. Esta realidad presenta un desafío significativo para la industria alimentaria y para la configuración de futuras tendencias en la dieta: la malnutrición, en todas sus formas, incluye la desnutrición, la insuficiencia de vitaminas o minerales, el sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta que se derivan de ella. **1.900 millones de adultos tienen sobrepeso o son obesos, mientras que 462 millones tienen un peso inferior al normal**. En 2022, se calcula que 149 millones de niños menores de 5 años sufrían retraso en el crecimiento (demasiado bajos para su edad), 45 millones padecían emaciación (demasiado delgados para su estatura) y 37 millones tenían sobrepeso o eran obesos, [según datos de la OMS](#). Este es un problema descomunal, en el que no se entra en este apartado, y que debe ser abordado desde las políticas propuestas en el capítulo 1. Aquí el foco se pone en las tendencias de la dieta en ese 20% de la población mundial que tiene acceso a una dieta diversa y nutritiva.

La sostenibilidad, la salud, la conveniencia, la asequibilidad y el impacto social emergen como las megatendencias dominantes. Estas tendencias afectan de manera global a las dietas de los consumidores, teniendo en cuenta también que el cambio climático amenaza la disponibilidad de ciertos alimentos populares, lo cual podría influir en las dietas del futuro. Como ya se ha apuntado en el presente informe, la sostenibilidad no es sólo la lucha contra el cambio climático. Es también proteger la biodiversidad, hacer un uso eficiente de los recursos naturales y reducir los residuos en el sistema alimentario.

Los consumidores de hoy buscan alimentos que a la vez nutran sus cuerpos y protejan el planeta. Este cambio hacia opciones más sostenibles y saludables refleja una conciencia creciente sobre el impacto ambiental de la producción de alimentos y una mayor atención hacia el bienestar personal.



La adopción de prácticas Foodtech por parte de los consumidores se ve influenciada por su capacidad para satisfacer estas necesidades multifacéticas. La innovación en el sector se manifiesta a través de alternativas a la carne basadas en plantas, soluciones agrícolas de precisión y embalajes biodegradables, entre otros.

Un ejemplo destacado es la creciente popularidad de las **proteínas alternativas**, que responde a la demanda de opciones alimentarias más sostenibles y a la necesidad de diversificar las fuentes de proteínas ante una población mundial en aumento. La innovación en el cultivo y procesamiento de alimentos permite ofrecer productos que son tanto nutricionalmente completos como agradables al paladar, cumpliendo con el deseo de los consumidores de **no comprometer el sabor por la sostenibilidad**.

La transición hacia dietas más sostenibles y saludables también está motivada por una **mayor transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro alimentario**. Los consumidores, cada vez más informados, buscan **comprender el origen de los alimentos que consumen**, lo que impulsa a las empresas a adoptar prácticas más éticas y sostenibles.

La **educación** juega un papel crucial en este proceso, al igual que la tecnología, facilitando una mayor conciencia y comprensión entre los consumidores sobre los impactos de sus elecciones alimentarias.

En conclusión, el papel de los consumidores en la adopción de Foodtech es tan dinámico como transformador. Según explica **Beatriz Jacoste**, Directora de **KM ZERO Food Innovation Hub**, **la interacción entre las preferencias del consumidor y las innovaciones tecnológicas está redefiniendo lo que comemos, cómo lo producimos y la manera en que pensamos sobre nuestra comida**. Al final, el futuro de la alimentación se construye en el cruce entre la innovación tecnológica y la elección consciente del consumidor.

Beatriz Jacoste resume así cuál sería la dieta deseada del futuro para un consumidor prototipo:

Beatriz Jacoste

 Ver vídeo



Se configura como una simbiosis entre sabor y responsabilidad, donde cada bocado es un homenaje a la herencia culinaria que define nuestra identidad.

Subraya la importancia de la convivencia y la socialización en torno a la comida, reconociendo estos momentos como pilares del bienestar.

Aboga por la reducción del desperdicio alimentario y favorece la selección de alimentos locales y de temporada, impulsando la educación en prácticas culinarias sostenibles y la conciencia sobre las porciones y los precios.

Reclama alimentos que beneficien tanto a la población como al planeta, siendo accesibles -mediante la reducción de precios- y cómodos, adaptándose a formatos rápidos sin sacrificar la calidad.

La interacción entre las preferencias del consumidor y las innovaciones tecnológicas está redefiniendo lo que comemos, cómo lo producimos y la manera en que pensamos sobre nuestra comida.

**Beatriz
Jacoste**

Directora de KM ZERO
Innovation Hub

En este sentido, ejemplos como [Patagonia Provisions](#) y la cerveza [Long Root Ale](#) emergen como pioneros, ofreciendo alternativas que respetan la biodiversidad y promueven un uso más eficiente de los recursos. La mencionada cerveza es producida con un cereal llamado [kernza](#) en lugar de trigo. El kernza, un cereal perenne, difiere de cultivos anuales como el trigo y la cebada, ya que no requiere replantación anual gracias a sus raíces, que permanecen en el suelo tras la cosecha, reduciendo la necesidad de labrar y sembrar de nuevo, lo que ahorra energía y disminuye emisiones de carbono. Sus raíces profundas, que alcanzan más de 3 metros, mejoran la estabilidad del suelo, la retención de agua y el hábitat para la vida silvestre, además de capturar carbono más eficazmente. Estas iniciativas destacan la importancia de la biodiversidad y el uso de ingredientes regenerativos en la producción de alimentos y bebidas, respondiendo directamente a la demanda del consumidor por productos que se alineen con sus valores.

En definitiva, debe producirse una **gran transformación alimentaria**, que podría resumirse en: “de maximizar la producción a maximizar la producción de alimentos nutritivos y resistentes”.

La interacción entre educación, ajuste de precios y tecnología será fundamental para materializar esta visión, forjando un futuro en el que la alimentación es tan consciente como gratificante.



Cómo anticipar tendencias de los consumidores: IA + Big Data

En paralelo con las mega tendencias expuestas, todos los días, a todas horas y desde cualquier punto del planeta, influencers, chefs y personajes públicos opinan sobre los alimentos y pueden crear tendencias. Además, miles de millones de personas piden diariamente comida a domicilio, consultan Internet y buscan menús y recetas.

Nicolas Bemaman, Director de Desarrollo de Ventas en [Tastewise](#), explica cómo **la inteligencia artificial (IA) junto con Big Data se utiliza para prever tendencias en el sector de alimentos y bebidas**. Tastewise aplica un modelo de IA específicamente entrenado para analizar comportamientos y gustos en el ámbito alimentario, reconociendo que las preferencias de los consumidores se vuelven más sofisticadas y los métodos tradicionales como encuestas y grupos focales ya no bastan. Bemaman ilustra esto con ejemplos concretos, como la creciente popularidad de carnes específicas

y preparaciones como el hígado y corazones de pollo, así como un renovado interés en especias y sabores del sudeste asiático, y, hoy, por ejemplo, en el pimiento guajillo.

Tastewise utiliza IA para analizar datos de redes sociales, aplicaciones de entrega de alimentos, búsquedas en línea y menús de restaurantes, lo que le permite captar tendencias emergentes y las preferencias detalladas de los consumidores. Por ejemplo, los datos de las redes sociales proporcionan información sobre las opiniones y las tendencias actuales que los consumidores comparten, mientras que las aplicaciones de entrega de alimentos revelan qué alimentos son populares y en qué momentos del día. Los datos de búsqueda en línea son otro recurso que muestra qué están buscando activamente los consumidores, y los menús de restaurantes reflejan las tendencias en la oferta gastronómica. Esta amalgama de información da a Tastewise una perspectiva amplia y actualizada, permitiéndoles utilizar IA para predecir tendencias con alta precisión y permitir a sus clientes adaptarse dinámicamente a las rápidas evoluciones del mercado.

Nicolas Bemaman

 [Ver vídeo](#)



Entre los alimentos y el consumidor: la cultura culinaria y los chefs

La relación entre la cultura y la innovación culinaria es esencial para entender cómo las tradiciones y la modernidad se entrelazan en el arte de la gastronomía, explica [John Regefalk](#), Director de Innovación Culinaria en [BCC Innovation](#), Basque Culinary Center. La evolución de las culturas alimentarias muestra cómo la adopción de nuevas prácticas y la integración de ingredientes extranjeros pueden enriquecer la cocina local. Por ejemplo, la influencia del budismo en la cocina japonesa ha promovido una dieta centrada en vegetales y técnicas de preparación que respetan la esencia de los ingredientes. De manera similar, en Italia, la adopción del arroz y el azafrán, traídos por las rutas comerciales y las conquistas, ha dado lugar a platos icónicos que son emblemas de su gastronomía. Este proceso de adopción y adaptación destaca cómo las culturas se enriquecen mutuamente a través de la comida. En un ejemplo muy reciente, la influencia de prácticas como la fermentación, tradicional en países como Japón, ha encontrado su camino en otras culturas, adaptándose y transformándose con ingredientes locales, como el miso de bellota creado desde el Basque Culinary Center.

En este contexto, el Basque Culinary Center emerge como un pionero, al construir el [Gastronomy Open Ecosystem](#). Este centro de innovación busca unir empresas, creatividad y consumidores en un espacio

dedicado a explorar y expandir los límites de la cultura alimentaria, promoviendo un diálogo entre la tradición y la innovación culinaria. La innovación en la cocina, marcada por la experimentación y la adopción de tecnologías como la carne cultivada en laboratorio, ofrece nuevas vías para abordar problemas de nutrición y cuidado medioambiental.

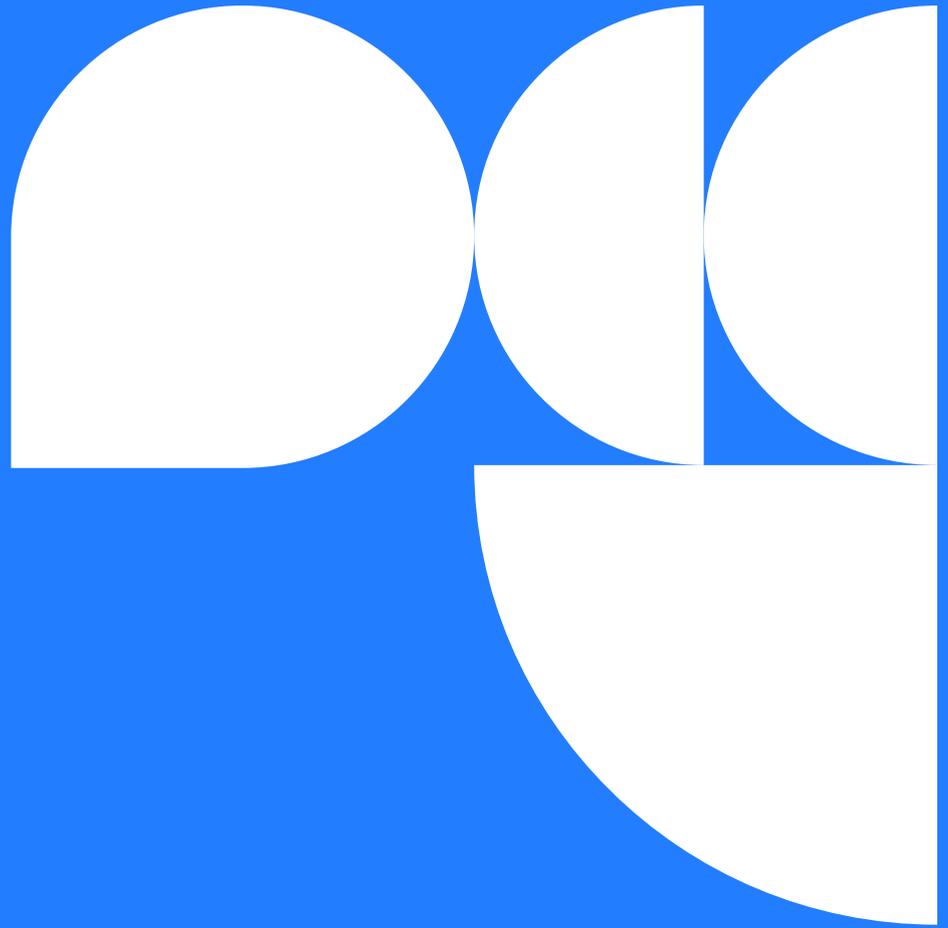
En esta relación entre lo cultural y lo innovador, **los chefs juegan un papel crucial al introducir alimentos novedosos, actuando como puentes entre la innovación culinaria y el público.** A través de sus creaciones, impulsan la evolución de las culturas alimentarias hacia prácticas más saludables y respetuosas. Al experimentar con ingredientes menos convencionales y técnicas de cocina *eco-friendly*, estos profesionales enriquecen el paladar de sus comensales a la vez que fomentan una mayor conciencia sobre la procedencia de los alimentos y el impacto ambiental de nuestras dietas.

John Regefalk

Director de Innovación
culinaria en el Basque
Culinary Center



5



El ecosistema innovador alrededor de la alimentación

5

El ecosistema innovador alrededor de la alimentación

Es hora de profundizar en el ecosistema innovador alrededor de la alimentación, explorando cómo las instituciones, empresas y centros tecnológicos están revolucionando este sector. Instituciones como AINIA y CNTA ofrecen una base sólida sobre la que empresas establecidas, startups y emprendedores, pueden innovar y escalar sus soluciones. Este panorama se complementa con un enfoque en la inversión, crucial para el crecimiento y la sostenibilidad de estas iniciativas, y la regulación, que asegura que **los avances tecnológicos en el ámbito alimentario sean innovadores, seguros y beneficiosos para la sociedad**. Este capítulo nos adentra en un ecosistema donde la colaboración entre diferentes actores es clave para alimentar el futuro de la tecnología y de la innovación en la alimentación, abriendo la puerta a un mundo de posibilidades que promete transformar nuestra relación con lo que comemos.

Centros tecnológicos agroalimentarios

[AINIA](#) (Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria) y [CNTA](#) (Centro Nacional de Tecnología Alimentaria) son dos **centros tecnológicos líderes en España que se dedican a la investigación, el desarrollo y la innovación en el sector agroalimentario**. Ambos centros trabajan con empresas de todos los tamaños para ayudarlas a mejorar sus procesos, productos y servicios.

¿Cuáles son las tendencias actuales y futuras que están modelando la industria según estos centros? Van desde el impulso hacia una economía basada en recursos biológicos hasta el uso de tecnologías avanzadas para la creación de alimentos más saludables y sostenibles:

La bioeconomía: una visión sostenible para el sector agroalimentario

La bioeconomía emerge como una estrategia clave para abordar los desafíos globales relacionados con la alimentación, la energía y la sostenibilidad, apunta [Andrés Pascual](#), Director de Innovación de AINIA. A través del **desarrollo de biorrefinerías y la valorización de subproductos**, el sector busca tanto reducir su impacto ambiental como crear nuevas cadenas de valor. La bioeconomía engloba la producción de recursos biológicos renovables y su conversión en productos de valor añadido como alimentos, piensos, bioquímicos, biomateriales y bioenergía. Este experto resalta la importancia de la biomasa en este proceso y cómo diferentes sectores, desde la agricultura hasta la industria química, contribuyen a la bioeconomía.

Andrés Pascual

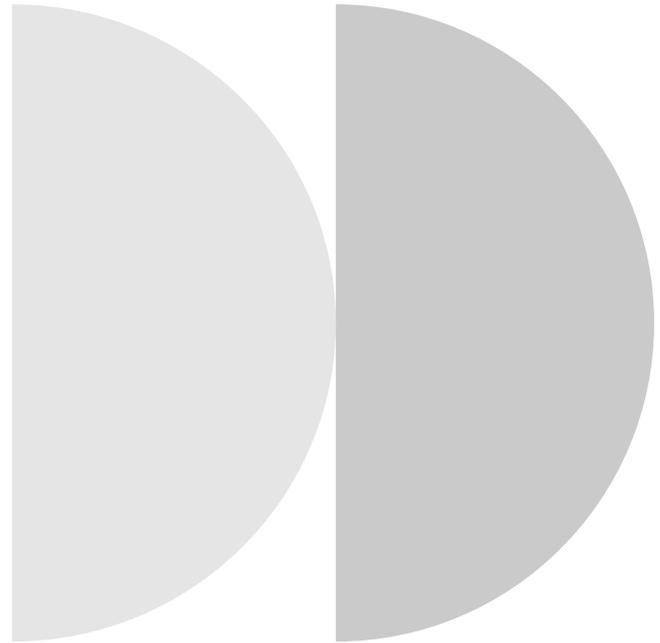
 [Ver vídeo](#)



Ejemplos de innovaciones en este ámbito incluyen:

- la **transformación de residuos agrícolas en productos de alto valor**, como es el caso del [proyecto Cheers](#), cuyo objetivo es la producción de nuevas materias primas de biomasa y productos biológicos mediante el reciclado y el uso de residuos de las fábricas de cerveza y el [proyecto MixMatters](#), una solución innovadora para la valorización eficiente de residuos mixtos (materia orgánica mezclada con impurezas del tipo plástico, cartón, vidrio, metal, etc.).
- el **uso de la robótica para optimizar los procesos productivos**, como ilustra el [proyecto FOODCOLLECT](#), una plataforma robótica móvil capaz de **recolectar fruta del suelo para darle un segundo uso**, reduciendo así el **desperdicio alimentario** y el [proyecto LIFE GLEANSMART](#), que propone un sistema circular sostenible para reducir la pérdida de alimentos mediante la recogida y reciclado de fruta mediante un robot.

Para impulsar la innovación en bioeconomía, AINIA ha lanzado el [programa StartBEC](#), cofinanciado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación español, que aporta mentorización y apoyo tecnológico, logístico y financiero a startups en el ámbito de la bioeconomía. En paralelo, y a través del [proyecto AccelerEAT](#), se van a lanzar 22 proyectos colaborativos distribuidos en acciones de I+D+i, sostenibilidad y eficiencia energética, que contribuirán a mejorar la competitividad y la productividad de la industria agroalimentaria del futuro.



Innovación en alimentos: bio-impresión 3D y fermentación

La tecnología está al frente de la creación de alimentos innovadores que responden a las demandas actuales de nutrición, sostenibilidad y personalización. La bio-impresión 3D se revela como una técnica prometedora para producir alimentos a escala industrial, mientras que la fermentación abre nuevas posibilidades para el desarrollo de productos alternativos, como quesos veganos y probióticos derivados de subproductos, además de los que se mencionaban en el capítulo anterior. La bio-impresión 3D está permitiendo avanzar en el ámbito de la **nutrición personalizada**, por ejemplo, a través del desarrollo de alimentos que puedan ser incluidos en dietas especiales desarrolladas para personas con necesidades específicas de alimentación.

Tecnologías emergentes y sostenibilidad

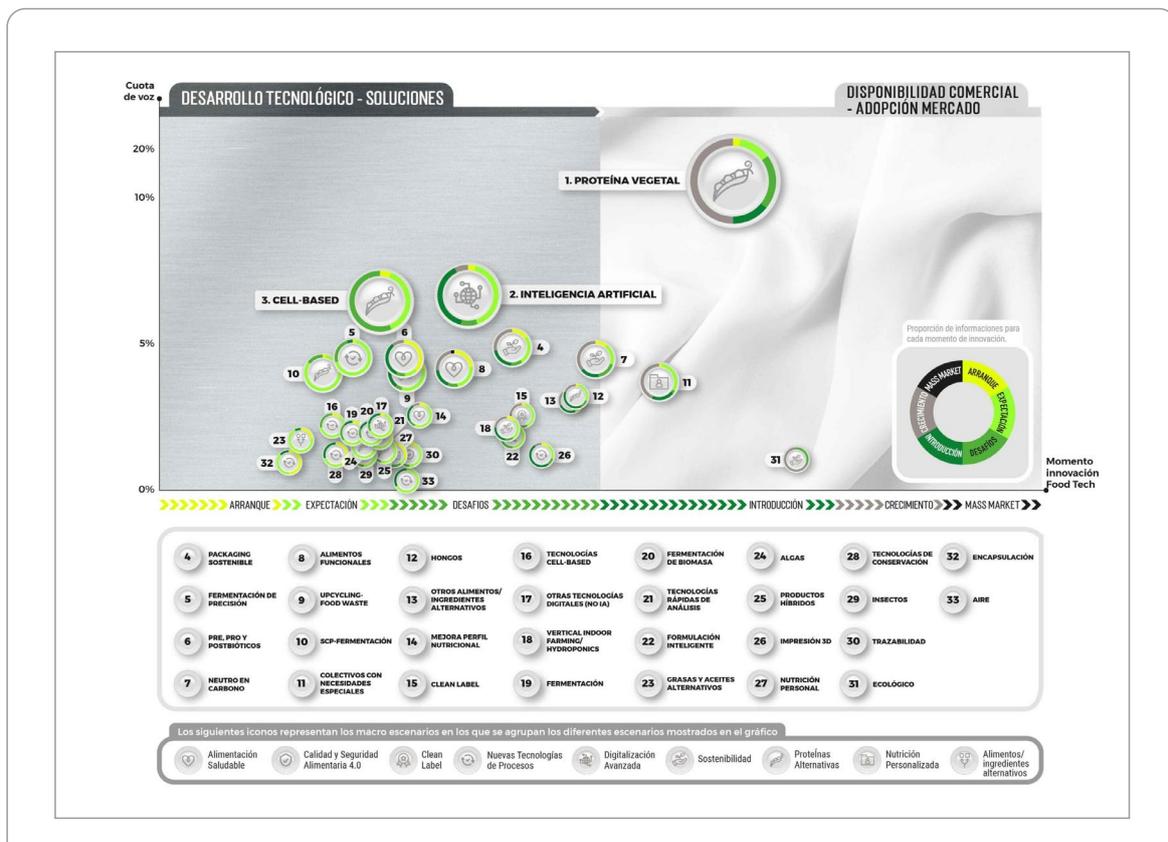
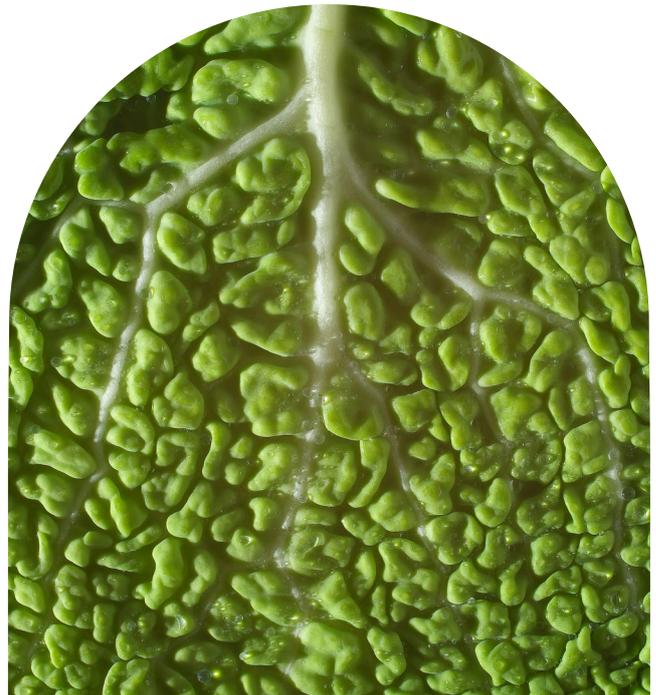
El compromiso con la sostenibilidad lleva al sector a explorar soluciones tecnológicas para mejorar los perfiles nutricionales de los alimentos y reducir el impacto ambiental. **La reducción de sodio y azúcar mediante fermentación de precisión y el desarrollo de proteínas alternativas son ejemplos de cómo la innovación puede contribuir a una alimentación más saludable y responsable.**



Desafíos y oportunidades: hacia una industria alimentaria integrada y sostenible

Como no se deja de insistir a lo largo del presente informe, la colaboración entre diferentes sectores y la adopción de una estrategia nacional son fundamentales para superar los obstáculos en la innovación alimentaria, incluyendo la **resistencia al cambio y la adaptación a nuevas tecnologías por parte de la industria tradicional**. La integración de conocimientos y tecnologías entre industrias permite el desarrollo de nuevos productos y soluciones que benefician tanto a los consumidores como al planeta.

Para detectar oportunidades en el sector, el CNTA ha creado el [Mapa de escenarios de oportunidad Foodtech](#), un observatorio que cada cuatro meses presenta un mapa de las tendencias más actuales y las oportunidades de futuro para la industria alimentaria.



Fuente: [CNTA](#)



Estefanía Erro, Directora de Marketing e Innovación de CNTA, presenta ejemplos concretos de compañías utilizando tecnologías innovadoras:

- **Cocuus**, una startup que utiliza tecnología de bio-impresión 3D para producir alimentos a escala industrial.
- **Väcka**, que utiliza tecnología de fermentación para producir queso a partir de semillas de melón, un subproducto que normalmente se desperdicia.
- **AMC Natural Drinks**, que ha obtenido un extracto de granada encapsulado con capacidad prebiótica y antiinflamatoria a partir de residuos de cáscaras de frutas.
- **Nulab**, que ha desarrollado un dispositivo capaz de medir en línea y tener acceso a parámetros de calidad y seguridad alimentaria en diversos tipos de alimentos.
- **Néboda Farms**, que ha desarrollado un sistema de cultivo de alta densidad y bajo coste para agricultura vertical y de interiores.

Y desarrollos propios del CNTA que están listos para transferirse al mercado, como **NuCla**, una solución tecnológica que permite disminuir la cantidad de sal añadida en la formulación de los alimentos, o una cepa para reducción de azúcar en alimentos sin añadir edulcorantes artificiales, que, a través de la fermentación, **transforma azúcar en manitol**.

Para que todas estas innovaciones alimentarias tengan éxito, es fundamental que los consumidores las adopten de manera masiva.

Estefanía Erro

Directora de Marketing e Innovación en CNTA

 Ver vídeo



Empresas agroalimentarias innovadoras

Dentro del sector agroalimentario, van surgiendo empresas innovadoras a la vez que otras, establecidas desde hace tiempo, pivotan hacia la innovación. Todas ellas están desafiando el statu quo y redefiniendo el futuro de la alimentación. Tres ejemplos de empresas agroalimentarias innovadoras son:

1.

Pascual Innoventures, la rama de innovación de Grupo Pascual, que se dedica a la inversión y el desarrollo de startups que ofrecen soluciones innovadoras para la industria alimentaria. Algunas de las áreas de interés de Pascual Innoventures incluyen la agricultura vertical, la proteína alternativa y la alimentación personalizada.

2.

Kerry Group, empresa irlandesa líder en ingredientes alimentarios que ofrece soluciones innovadoras para la industria alimentaria. Kerry Group se centra en desarrollar ingredientes que sean saludables, sostenibles y de alto rendimiento.

3.

Calidalia, empresa española que agrupa a las principales empresas de alimentación, bebidas y gran consumo de España ofrece, entre otras cosas, soluciones tecnológicas para la trazabilidad y la seguridad alimentaria.

Los retos a los que se enfrenta la industria alimentaria

Existen varios desafíos cruciales dentro de la industria alimentaria, comenzando por la **baja inversión en Investigación y Desarrollo (I+D)** comparada con otros sectores como el software y la farmacéutica. Este punto es crítico, pues la innovación es el motor que permite a la industria alimentaria evolucionar y satisfacer las necesidades cambiantes de los consumidores y los imperativos de sostenibilidad, sostiene **Gabriel Torres**, CEO de Pascual Innoventures.

Además, existe una **tensión entre la sostenibilidad financiera y la sostenibilidad a largo plazo del planeta**. Esta dicotomía representa uno de los mayores dilemas para las empresas, ya que a menudo se ven obligadas a elegir entre la viabilidad económica inmediata y la responsabilidad ambiental a largo plazo. Por otro lado, existe una brecha de precios entre marcas establecidas como Pascual y las marcas blancas que las cadenas de distribución promueven, conduciendo a márgenes cada vez más bajos y a crecientes dificultades para introducir innovaciones en los supermercados. Esta situación complica aún más el escenario para las empresas que buscan innovar y diferenciarse en el mercado.

Respecto a la percepción de la sostenibilidad por parte de los consumidores, muchos de ellos demandan productos sostenibles, pero no están dispuestos a pagar un precio premium por ellos, creando un desafío adicional para las empresas que invierten en estas prácticas.



Gabriel Torres

[▶ Ver vídeo](#)

Frente a estos desafíos, Pascual Innoventures se presenta como un ejemplo de cómo las empresas pueden buscar soluciones innovadoras: las inversiones en proteínas alternativas y biosintéticas, junto con la creación de programas de incubación, son ejemplos claros de cómo Pascual Innoventures está fomentando la innovación en áreas críticas como la nutrición personalizada y la circularidad. Estas iniciativas abordan los retos actuales a la vez que preparan a la empresa para un futuro sostenible y resiliente.

Parece claro que es necesario **adoptar un enfoque a largo plazo en la industria alimentaria**, especialmente para empresas familiares como Pascual. Esta visión a largo plazo contrasta con la orientación a corto plazo prevalente entre las empresas cotizadas en bolsa y destaca la importancia de evolucionar los productos financieros y las regulaciones para apoyar mejor las expectativas a largo plazo y la innovación.

La industria alimentaria está en un punto de inflexión, y las empresas que logren navegar con éxito estos desafíos, equilibrando la innovación con la sostenibilidad y la viabilidad financiera, serán las que prosperen en el futuro de la alimentación.



Transformando la industria alimentaria a través de la innovación y la sostenibilidad

Un ejemplo de lo anterior es el Grupo Kerry, liderando con iniciativas que abarcan desde el apoyo a la agricultura regenerativa hasta la innovación en el reciclaje y reutilización de subproductos, pasando por la reducción de la huella de carbono en la producción láctea y la educación del consumidor para combatir el desperdicio alimentario. Lo explica [Juan Gabriel Aguiriano](#), Director del Grupo de Sostenibilidad de Kerry.

Además de adoptar prácticas de agricultura regenerativa, Kerry está innovando para **reducir la huella de carbono en la producción láctea**. Aguiriano destaca que Kerry es el productor de productos lácteos con la menor huella de carbono del mundo, logrando esto a través de prácticas sostenibles y tecnologías innovadoras en la producción láctea. Ejemplifica cómo el cambio en la producción de lácteos ha reducido significativamente la emisión de carbono, señalando también la importancia de seleccionar vacas que emiten menos metano y de utilizar fertilizantes y gestión de estiércol de manera más eficiente. ¿Y cómo consigue que los ganaderos adopten estas prácticas sostenibles? Apoyándoles a través de [programas de ayudas y subvenciones](#).

Juan Gabriel Aguiriano

 Ver vídeo



Otro pilar fundamental está en la [educación del consumidor en la lucha contra el desperdicio alimentario](#). Kerry invierte en campañas y programas educativos destinados a informar a los consumidores sobre cómo pueden contribuir a este esfuerzo, promoviendo hábitos de consumo responsable que tienen un impacto directo en la reducción del desperdicio. En este sentido, han desarrollado una herramienta, el "estimador de desperdicio de alimentos", que sirve para educar a las comunidades sobre el impacto del desperdicio de alimentos en su huella de carbono. Algunas iniciativas interesantes para reducir el desperdicio son las denominadas "apps de segunda oportunidad", como [Too Good to Go](#), una aplicación móvil que hace de intermediario entre restaurantes o tiendas que ponen a la venta productos o alimentos que no han vendido con importantes descuentos y los consumidores finales.

Por parte de la industria, es necesario realizar una **comunicación transparente y basada en datos** sobre el **impacto ambiental de los alimentos**, como lo ha hecho [Oatly con su etiquetado de huella de carbono](#) y sobre la calidad nutricional de los productos, con soluciones como el [sistema de semáforos de Reino Unido](#) o el sistema [Nutri-Score](#) propuesto en la Unión Europea (por ahora, voluntario).

Otra de las maneras de disminuir el desperdicio es [extendiendo la vida útil de los productos](#). Aguiriano menciona el uso de ácido propiónico en alimentos procesados. Es un ácido que se encuentra naturalmente en la leche, el queso y otros productos lácteos y se utiliza como conservante alimentario.

Finalmente, Aguiriano hace hincapié en la **reutilización y el reciclaje de subproductos en la industria alimentaria**, dando ejemplos de cómo subproductos como el suero de leche y los residuos tras producir cerveza pueden convertirse en productos valiosos. Además, resalta la importancia del **empaquetado inteligente** y cómo Kerry está trabajando para alinear todos sus productos con los ODS, con un enfoque particular en la **reducción de azúcar, sal y grasa**.

Y, ¿cómo acelerar la innovación en la industria alimentaria?

La innovación en la industria alimentaria es una necesidad imperante para adaptarse y prosperar en el mercado global. **La inteligencia artificial (IA) y la innovación abierta se deben convertir en catalizadores de cambios sin precedentes, facilitando el desarrollo y la implementación de soluciones creativas y sostenibles.** Así piensa **Luis de Arriba**, Director General de **Calidalia** y Socio Inversor en **Glocal**.

De Arriba critica la lentitud relativa de la innovación en la industria alimentaria, especialmente en comparación con sectores como el de la moda, donde la velocidad de introducción de nuevos productos es significativamente mayor. Destaca la importancia de adaptar prácticas más dinámicas para satisfacer las cambiantes expectativas de los consumidores y las tendencias del mercado.

Por otro lado, y a pesar de la proliferación de startups y su potencial para contribuir al ecosistema innovador, existe una desconexión con las grandes empresas, que a menudo perciben estas iniciativas como ruido. Es necesario

centrarse en las necesidades reales del mercado, integrando soluciones prácticas que abarquen tanto la viabilidad técnica como el deseo de los consumidores y la practicidad.

La IA se presenta como una herramienta transformadora, capaz de analizar extensos conjuntos de datos para identificar tendencias de consumo emergentes y optimizar las cadenas de suministro. Este análisis detallado posibilita una innovación personalizada y precisa, donde los productos se alinean estrechamente con las demandas específicas de los consumidores, aumentando la competitividad de las empresas.

La innovación abierta, por su parte, propone un marco de colaboración externa, donde las sinergias entre startups, investigadores y empresas establecidas impulsan la integración de nuevas tecnologías y enfoques. Este modelo acelera el proceso innovador y es capaz de abordar desafíos complejos como la sostenibilidad y la eficiencia productiva, aportando soluciones basadas en datos y perspectivas multidisciplinarias.

Luis de Arriba
Director General
de Calidalia y
Socio de Glocal

 Ver vídeo





Así, las oportunidades para la innovación en la industria alimentaria deben centrarse en tres tipos de oportunidades:

1.

Uso de la inteligencia artificial (IA) para conectar problemas específicos con soluciones innovadoras, abriendo caminos hacia la personalización y eficiencia sin precedentes.

2.

La clave no reside en replicar lo existente, reside en construir sobre lo ya desarrollado para crear algo novedoso, aprovechando la riqueza de conocimientos y tecnologías disponibles.

3.

Acelerar la innovación requiere situar las necesidades del cliente al inicio del proceso de innovación, adoptando una aproximación más centrada en resolver problemas reales en lugar de prescribir soluciones predeterminadas. Este enfoque garantiza que la innovación sea relevante y de impacto, marcando el futuro de una industria alimentaria más adaptativa y orientada al consumidor.

El papel de los inversores en Foodtech

El auge del sector Foodtech, marcado por la integración de tecnologías innovadoras en la cadena de valor alimentaria, desde la producción hasta la distribución y el consumo, ha capturado la atención de inversores de todo el mundo. Los inversores juegan un papel fundamental **aportando el capital necesario para escalar soluciones y productos revolucionarios**, y brindando además **experiencia, redes de contacto y orientación estratégica**, esenciales para el éxito y la sostenibilidad de las empresas en un mercado altamente competitivo. Su capacidad para **identificar y apoyar startups con el potencial de resolver problemas globales relacionados con la alimentación y la sostenibilidad**, demuestra el impacto significativo que tienen en la conformación del futuro de la industria alimentaria y en la promoción de un sistema alimentario más eficiente, seguro y respetuoso con el planeta.

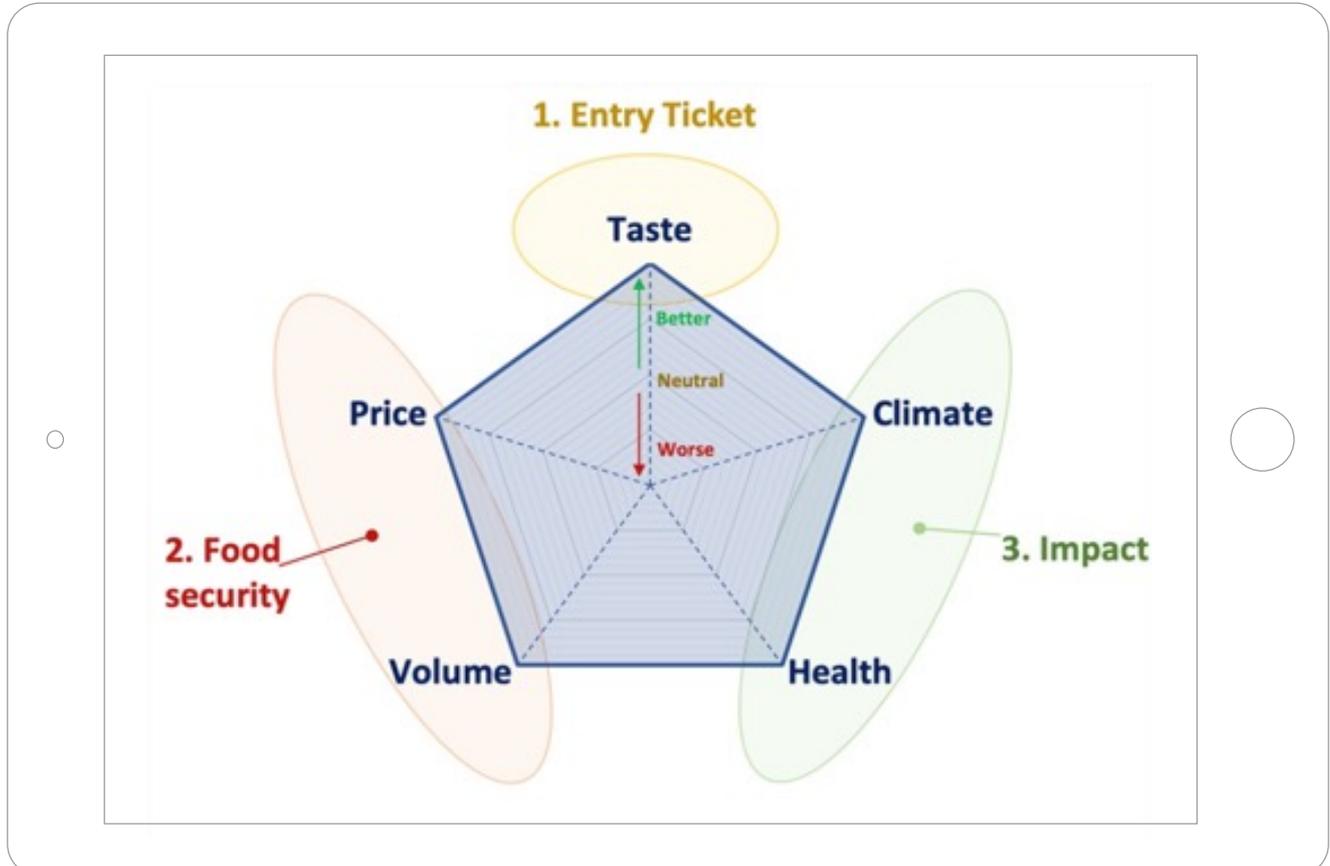
Beatriz Romanos

▶ Ver vídeo

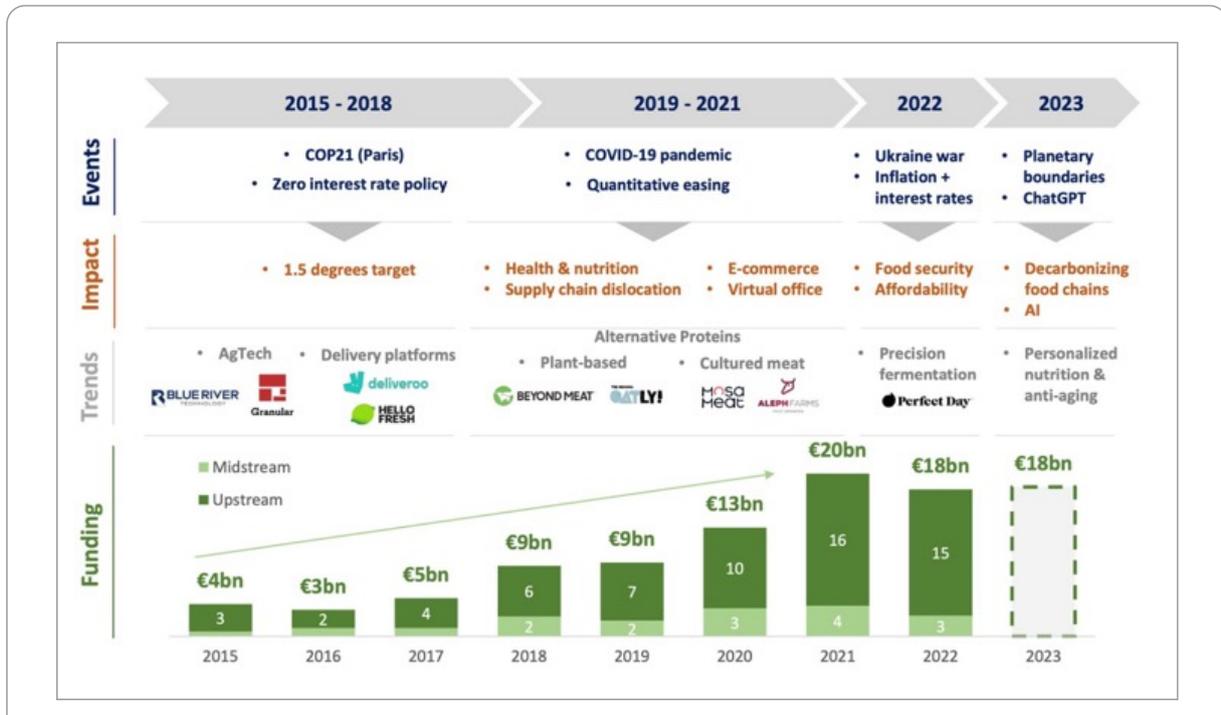


El pentágono del análisis Foodtech

Para navegar este paisaje complejo, los inversores se benefician de enfoques analíticos innovadores como el modelo de análisis "pentágono", que utiliza [Peakbridge VC](#) y evalúa las startups basándose en cinco parámetros: **sabor, precio, volumen, sostenibilidad, y nutrición**.



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible – Beatriz Romanos



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible – Beatriz Romanos

Este marco destaca la importancia de soluciones que no comprometan, por ejemplo, el gusto por la sostenibilidad o la asequibilidad, enfatizando la necesidad de **equilibrar estos cinco factores clave para el éxito comercial y el impacto positivo**, dice [Beatriz Romanos](#), Fundadora y Consejera Delegada de TechFoodMagazine y Socia inversora en Peakbridge VC.

Para esta experta, lo fundamental es que los inversores realicen **inversiones de impacto con propósito**, es decir, que supongan **disrupciones en los sistemas alimentarios actuales buscando un efecto positivo en nuestro planeta y nuestra población**. Con un enfoque en la sostenibilidad y la innovación, este tipo de inversiones buscan abordar los desafíos globales relacionados con el cambio climático, la seguridad alimentaria y el desperdicio de alimentos. Al respaldar a startups que desarrollan tecnologías y soluciones disruptivas en la industria alimentaria, **las inversiones con propósito en Foodtech ayudan a crear un futuro más saludable y sostenible para todos**.

Romanos enfatiza que esta industria, aunque aún en formación, es crucial entenderla en toda su amplitud y propósito, abarcando lo que es, y además cómo, dónde, cuándo y, sobre todo, por qué existe. Subraya la importancia de que **todas estas tecnologías y esfuerzos tengan un propósito definido, más allá de simplemente ser modelos de negocio o nuevos productos y servicios**.

La agricultura regenerativa, por ejemplo, emerge como una solución prometedora dentro del sector Foodtech, con el potencial de restaurar ecosistemas, mejorar la biodiversidad, y secuestrar carbono, al mismo tiempo que produce alimentos nutritivos y accesibles. **Los inversores que apuestan por empresas que adoptan prácticas regenerativas buscan de manera simultánea retornos financieros y contribuir a una transformación positiva del sistema alimentario global**.

Oportunidades de inversión

La oportunidad de hacer inversiones en Foodtech que aceleren la I+D y la innovación viene dada por el, hasta ahora, **bajísimo nivel de inversión en innovación de esta industria**. Para hacerse una idea, si el sector de software dedica un 18% de sus ganancias a I+D y el sector farmacéutico, un 12%, iel sector alimentario dedica tan solo un 0,4%! **La industria alimentaria, al contrario que otras, opta más por adquirir innovaciones de startups una vez que estas han demostrado su efectividad.**

A pesar del potencial de crecimiento y la importancia crítica de la innovación en Foodtech, los inversores enfrentan desafíos significativos, como el **lento ritmo de adopción tecnológica desde la agricultura tradicional** y la necesidad de **modelos de negocio escalables y sostenibles**. Sin embargo, la creciente demanda de soluciones alimentarias sostenibles y la conciencia sobre los impactos ambientales de la producción de alimentos presentan oportunidades sin precedentes para aquellos dispuestos a liderar la transición hacia la producción de alimentos de

manera más sostenible, nutritiva, y a precios asequibles, sin sacrificar el sabor, ya que este último es fundamental para que los consumidores acepten los productos alimenticios.

Beatriz Romanos piensa que los fondos de capital riesgo mantendrán una postura precavida, especialmente en etapas avanzadas de financiación como las **rondas Serie A** en adelante. La rigurosidad en la evaluación persistirá, enfocándose en aspectos como evidencia de tracción, propuestas únicas, mínima inversión en capital (CAPEX) y tasaciones más ajustadas a la realidad. El escenario sigue siendo prometedor para aquellos inversores con recursos disponibles, **presentando oportunidades atractivas a precios competitivos**. La lentitud de algunas compañías alimentarias para innovar **impulsará las fusiones y adquisiciones**, marcando el camino más directo para la liquidación de inversiones en etapas más avanzadas.

Para más información sobre las oportunidades de inversión en Foodtech a corto plazo, se recomienda **[2024 OUTLOOK: WHAT TO WATCH & WHAT TO IGNORE](#)**.



Catalizando la inversión Foodtech en España

Nos encontramos pues en una situación muy interesante para invertir, para buscar inversión -si se trata de una startup-, y para buscar soluciones listas para escalar -si se trata de una empresa alimentaria-. En este contexto surgen **plataformas que impulsan la innovación en el sector agroalimentario, conectando a startups, empresas, inversores y gobiernos para crear ecosistemas colaborativos que buscan soluciones a los desafíos del sistema alimentario actual.** Un claro ejemplo es la española [Eatable Adventures](#), que se posiciona como un catalizador de innovación, facilitando la conexión entre emprendedores, inversores, y la industria alimentaria. Eatable Adventures se enfoca en **tecnologías emergentes como la agricultura de precisión, la biofabricación, y la producción de proteínas alternativas**, impulsando proyectos que prometen revolucionar el sector, afirma [Julia Espeso](#), Directora de Ecosistemas de la firma.

Julia Espeso

 Ver vídeo



Espeso presenta ejemplos concretos de innovación en acción:

- [Bio2Coat](#), con su revolucionaria solución para prolongar la vida útil de los alimentos mediante un recubrimiento comestible que reduce la pérdida de masa en los alimentos, mejora el aspecto visual y evita el ataque de hongos,
- la ya mencionada Cocuus, pionera en la producción de proteínas alternativas,
- [Ekonoke](#), que produce lúpulo en interiores y con métodos sostenibles,
- [Néboda](#), que ha desarrollado agricultura vertical altamente automatizada que permite cultivo de alta densidad y bajo coste.
- [Mmmico Eats](#), que combina fermentación, evolución dirigida e inteligencia artificial para el desarrollo de ingredientes naturales, saludables y seguros a partir de microorganismos.

Promoviendo la innovación ¿desde la regulación y las políticas?

Las administraciones públicas, a través de la regulación y las políticas, pueden actuar como catalizadores para la innovación, particularmente en la producción de proteínas alternativas, marcando un camino hacia un futuro alimentario más sostenible, apunta **Alex Holst**, Director de Políticas en GFI Europa ([The Good Food Institute](#)).

Como ya se ha mencionado, la búsqueda de alternativas más viables a la producción convencional de carne es más urgente que nunca. Las **proteínas alternativas, que incluyen opciones basadas en plantas, cultivos celulares y fermentación**, ofrecen una solución prometedora a los desafíos medioambientales, éticos y de salud asociados con los métodos tradicionales de producción de carne. Para fomentar la innovación en este campo, es crucial el desarrollo de un marco regulatorio y político favorable. Este marco debe promover la inversión en investigación y desarrollo (I+D), **facilitar la colaboración entre el sector privado y el público**, y garantizar que las nuevas tecnologías lleguen al **mercado de manera segura y eficiente**.

Las políticas públicas pueden desempeñar un papel crucial al proporcionar **financiación y recursos para la investigación**, reduciendo así las barreras de entrada para startups e innovadores en el sector. El objetivo final es desarrollar alternativas a la carne que:

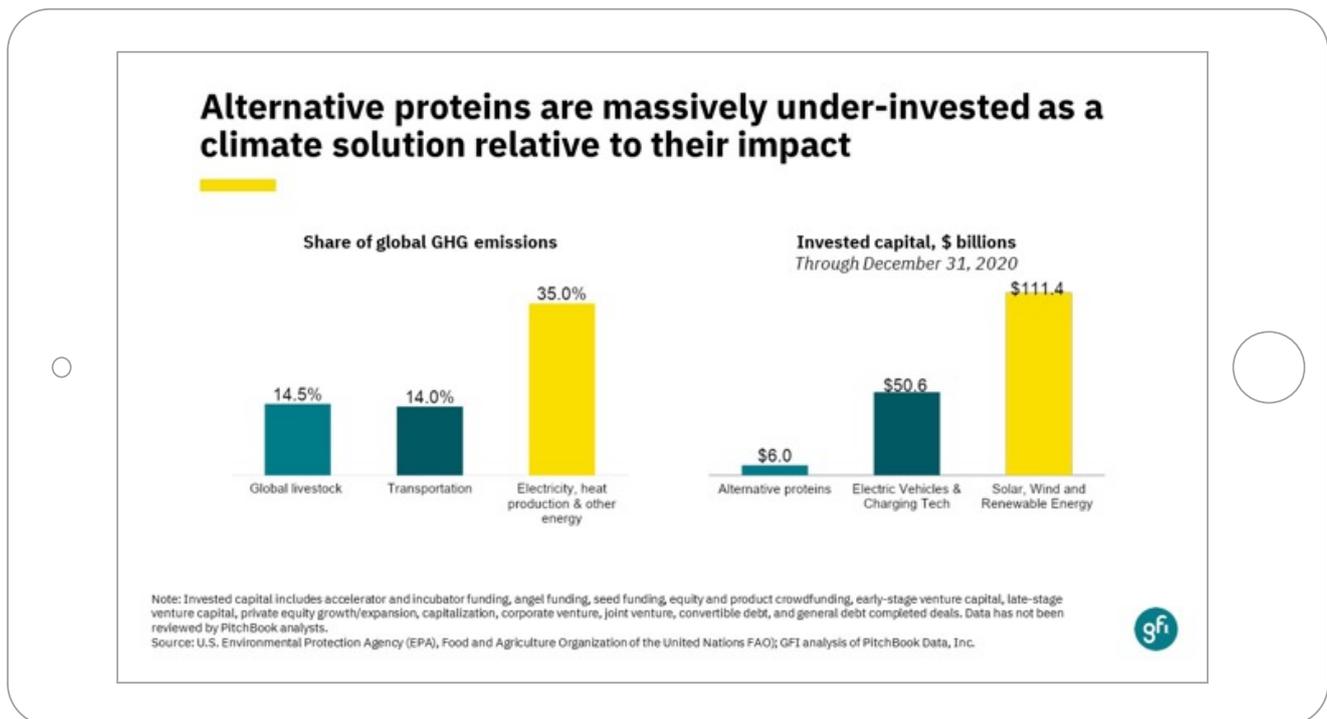
1. tengan igual o mejor sabor y textura que la carne,
2. cuesten igual o menos,
3. tengan el mismo o superior valor nutricional y
4. habiliten mecanismos de transición justos para los ganaderos.



Alex Holst

Director Senior de
Política en the Good
Food Institute Europe

[Ver vídeo](#)



Fuente: Foro Agricultura inteligente: el desafío de la alimentación sostenible – Alex Holst

Las políticas públicas pueden acelerar los tres primeros criterios, y son imprescindibles para lograr el cuarto. Además, La inversión pública desempeña un papel complementario al de la privada: tiene un horizonte a más largo plazo, por lo que puede financiar una I+D más prospectiva y puede abordar cuestiones de importancia social.

La colaboración efectiva entre el sector privado y los gobiernos es vital para crear un ecosistema de innovación potente. Esto incluye el desarrollo de **estándares regulatorios claros**, la creación de **incentivos para la adopción de prácticas sostenibles**, y el **apoyo a la educación** y el desarrollo de habilidades relacionadas con la producción de alimentos sostenibles.

Proteínas alternativas: deberían tener el mismo foco público que las energías renovables y la movilidad sostenible

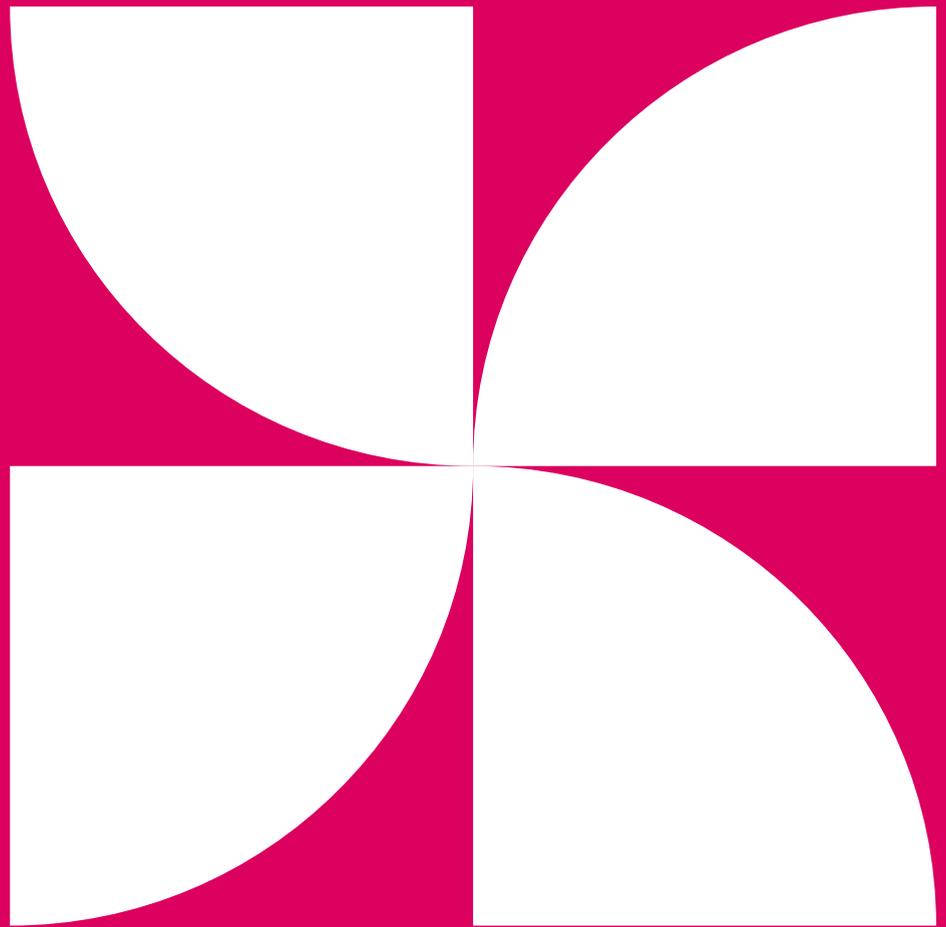
Alex Holst establece una analogía entre el avance hacia las proteínas alternativas en el sector alimentario y las transformaciones observadas en los sectores de las energías renovables y los vehículos eléctricos, subrayando su importancia crítica para mitigar el cambio climático y restaurar la naturaleza.

Esta comparación destaca varias áreas clave:

- la necesidad de diversificar las soluciones,
- el proceso gradual de transición,
- lo crucial de la innovación y la escalabilidad,
- la importancia del apoyo e inversión públicos, y
- el impacto global y estratégico de tales transiciones.

Al igual que las energías renovables y los vehículos eléctricos son esenciales para la descarbonización del transporte y la energía, las proteínas alternativas son fundamentales para un sistema alimentario próspero y viable. Sin embargo, no son la única solución; se requiere una diversidad de enfoques. **La inversión y el apoyo del sector público en I+D son vitales para facilitar estas transiciones, resaltando la función estratégica de las políticas públicas para la configuración de un futuro más verde y competitivo a nivel global.** Este enfoque estratégico, donde países como Singapur, Israel, China, Qatar, Países Bajos y Dinamarca ya están marcando el camino, evidencia la necesidad de una colaboración estrecha entre el sector público y privado para catalizar la innovación y asegurar una transición viable en el sistema alimentario, similar a lo visto en los sectores de energía y transporte.

6



**Cerrando el
círculo virtuoso:
minimizando
desperdicios
y reciclando**

6

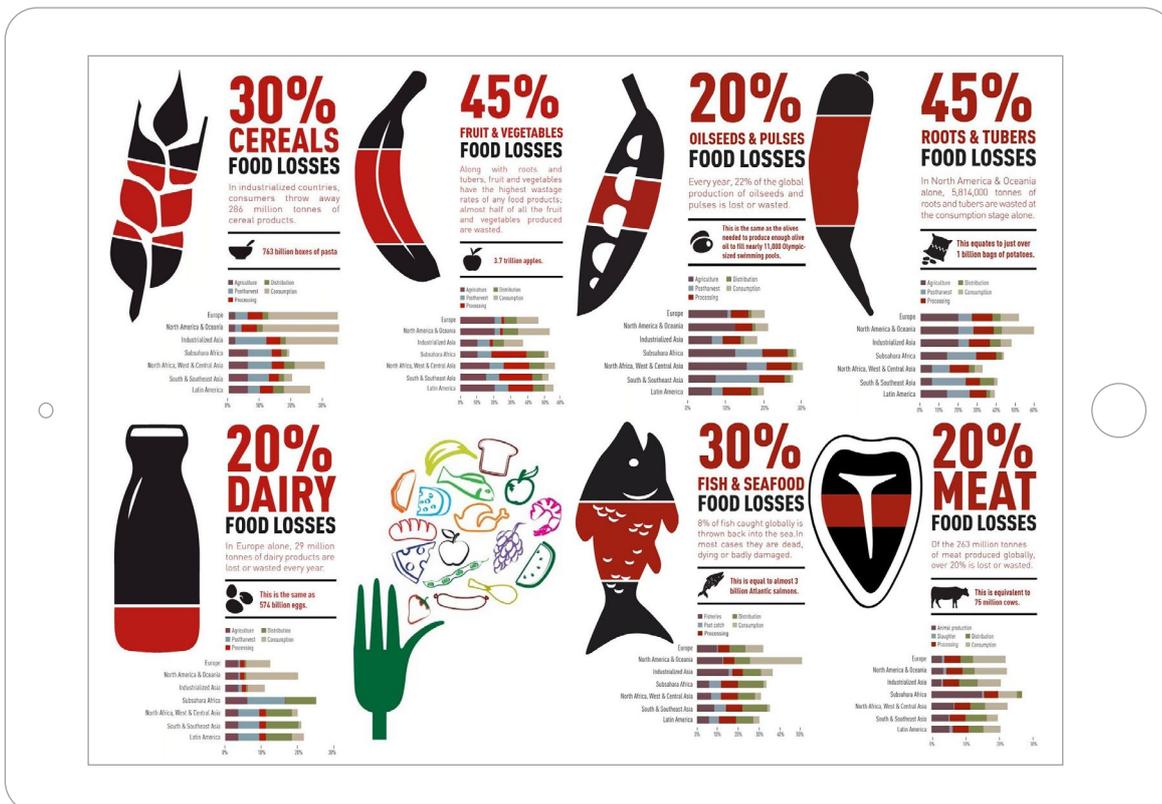
Cerrando el círculo virtuoso: minimizando desperdicios y reciclando

En la actualidad, la industria alimentaria enfrenta el formidable desafío del desperdicio de alimentos, una problemática que tiene severas implicaciones económicas, ambientales y sociales. En un mundo donde los recursos son finitos y la necesidad de minimizar nuestro impacto ambiental es más crítica que nunca, surgen soluciones innovadoras que buscan reducir el desperdicio de alimentos y mejorar el reciclaje de materiales. Desde la integración de **sistemas de trazabilidad** que permiten seguir el recorrido de alimentos desde su origen hasta el consumidor, e identificar oportunidades para redu-

cir residuos en cada etapa de la cadena de suministro, pasando por el desarrollo de sistemas para **evitar el desperdicio alimentario en origen** hasta el **desarrollo de materiales de embalaje biodegradables y comestibles**.

Así, se cierra un círculo virtuoso desde la agricultura, que persigue la eficiencia económica, la seguridad alimentaria y un futuro donde las personas y el planeta prosperen.

Las cifras del desperdicio de alimentos son alarmantes:



Fuente: Diskapang

Cada año, se desperdician 1.300 millones de toneladas. Para producirlas, se ha emitido el equivalente al 8% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero y se ha gastado alrededor de un billón de euros.

Trazabilidad de la cadena de alimentos

La trazabilidad en la cadena de suministro alimentario se está convirtiendo en una herramienta indispensable para **asegurar la sostenibilidad y la responsabilidad** en la industria alimentaria global. Frente a desafíos como la deforestación, el trabajo infantil y la ineficiencia en el uso de los recursos, los sistemas de trazabilidad avanzados ofrecen una solución innovadora para monitorizar y gestionar los impactos ambientales y sociales de la producción alimentaria.

La implementación de tecnologías como **blockchain** y los sensores **IoT** permite recopilar datos en tiempo real sobre el origen de los productos, las condiciones de trabajo y los impactos ambientales a lo largo de toda la cadena de suministro. Estos datos mejoran la transparencia, fomentan prácticas más éticas y ecológicas, ayudando también a las empresas a identificar ineficiencias, reducir desperdicios y mejorar la gestión de recursos.

La consultora independiente **Julie Sigles** destaca la importancia de combinar la tecnología con un compromiso genuino por parte de todas las partes involucradas, desde los productores hasta los consumidores finales, para lograr una cadena de suministro verdaderamente sostenible. La trazabilidad, argumenta, es más que un simple seguimiento; **es una estrategia integral que puede llevar a la industria alimentaria hacia un futuro más verde y justo.**



Julie Sigles

 Ver vídeo

Inteligencia artificial en la reducción del desperdicio de alimentos

Existe una preocupante estadística: de cada 19 piezas de vegetales y frutas producidas en la cadena alimentaria, solo 10 llegan a ser consumidas. Lo explica **Lior Schneidman**, Directora de Impacto en Neolithics. De las 19 piezas, 4 se desperdician en origen, 1 en la distribución, 1 en la tienda y 3 en el hogar. Esta cifra resalta el alto nivel de desperdicio y pérdida alimen-

taria en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumidor final, y también, las oportunidades para implementar mejoras significativas. Abordar este problema requiere una **estrategia multifacética que incluya innovación tecnológica, como la inteligencia artificial y la trazabilidad mejorada, junto con prácticas más sostenibles de producción, distribución, y consumo**. Reducir este desperdicio es crucial para combatir el hambre, preservar recursos y disminuir la huella ambiental de la industria alimentaria.

La inteligencia artificial (IA) está marcando un antes y un después en este ámbito, prometiendo transformaciones significativas en la manera en que producimos, distribuimos y consumimos alimentos frescos. Una de las aplicaciones más impactantes de la IA es en la **agricultura de precisión**. Esta tecnología permite a los agricultores tomar decisiones informadas sobre el uso del agua, la aplicación de fertilizantes y el momento óptimo de cosecha, basándose en datos precisos y análisis predictivos. El resultado es una producción más eficiente, que maximiza los rendimientos y minimiza el desperdicio de recursos. Según Lior Schneidman, **la IA puede ayudar a mejorar los rendimientos de los cultivos en hasta un 20% y mediante análisis predictivo puede reducir el uso de agua hasta en un 30%**.

A lo largo de la **cadena de suministro**, la IA permite optimizar los niveles de inventario en tiempo real, previniendo el exceso de stock o falta de stock. Además, se emplea para automatizar tareas en los almacenes, mejorando la eficiencia y minimizando los errores.

En el **sector minorista**, la IA está revolucionando la gestión de inventarios a través de sistemas inteligentes que predicen la demanda y optimizan

el stock de productos frescos. Por un lado, reduce el excedente de alimentos que termina en la basura y por otro, asegura que los consumidores tengan acceso a productos de mayor frescura y calidad. Además, la IA facilita la implementación de precios dinámicos, una estrategia que ajusta los precios en función de la proximidad de la fecha de caducidad de los productos, incentivando su compra y consumo antes de que se desperdicien.

Otro ámbito de aplicación es el desarrollo de **métodos de control de calidad no invasivos**. Utilizando IA (en concreto, algoritmos de aprendizaje automático), es posible **evaluar la frescura y calidad** de los alimentos sin necesidad de dañarlos, permitiendo una selección y distribución más eficiente de los productos. Este enfoque mejora la experiencia del consumidor y contribuye a reducir el desperdicio generado por productos descartados debido a estándares de calidad estrictos, pero a menudo subjetivos. Por otro lado, la IA es capaz de **predecir la vida útil** de un producto, permitiendo acelerar o retrasar su comercialización para que llegue en óptimas condiciones de consumo a su destino.



**Lior
Schneidman**

 [Ver vídeo](#)

Este enfoque tecnológico representa una promesa hacia un futuro en el que la producción, distribución y consumo de alimentos sea más consciente, responsable y respetuosa con nuestro planeta y sus habitantes.



La magia del envasado

Los envases alimentarios son fundamentales en la cadena de suministro de alimentos, desempeñando roles clave en la **protección, conservación y transporte** de productos. Aunque esenciales para mantener la seguridad y eficiencia alimentaria, su uso masivo genera importantes desafíos ambientales y de salud pública. La producción y el desecho de envases, especialmente los plásticos, contribuyen a la contaminación global, impactando negativamente los ecosistemas terrestres y marinos. Además, la migración de sustancias químicas de algunos envases a los alimentos presenta riesgos para la salud. Este contexto subraya la urgente necesidad de desarrollar soluciones de envasado que sean sostenibles y seguras, impulsando innovaciones en materiales, mejoras en los sistemas de reciclaje y la implementación de políticas que promuevan prácticas responsables por parte de productores y consumidores.

Los materiales que se han utilizado tradicionalmente en el envasado de alimentos son el plástico, el vidrio, los metales (aluminio, hojalata y acero sin estaño),

el papel y los cartones. Desde el boom del plástico a principios de la década de 1980, se han introducido nuevas variedades de este material, tanto en forma rígida como flexible, sustituyendo poco a poco a los materiales tradicionales debido a su versatilidad, fácil proceso de fabricación y precio barato. **De todos los plásticos que se producen hoy en el mundo, casi el 40% se utiliza para envasar alimentos y bebidas.** La mayoría de los envases actuales son de un solo uso, no compostables y difíciles de degradar.

La evolución hacia **envases activos e inteligentes** ofrece una oportunidad sin precedentes para mantener la frescura de los alimentos, controlando activamente la atmósfera interna del envase, inhibiendo el crecimiento microbiano y proporcionando indicadores visuales del estado de conservación. Esta tecnología representa un paso adelante en la reducción de conservantes químicos, alineándose con una demanda creciente por productos más naturales y seguros.

APTAR, presente en 20 países, trabaja en el desarrollo de soluciones de envasado activo que aplican ciencia de materiales para extender la vida útil de los alimentos, explica **Delia Pérez**, Vicepresidenta de Negocios emergentes y Aceleración tecnológica de la compañía. Estas soluciones, **derivadas de tecnologías utilizadas en la industria farmacéutica**, se enfocan en dos aspectos clave: **seguridad alimentaria y protección del alimento**. En el aspecto de seguridad, se trabaja en el **desarrollo de antimicrobianos** y en la **eliminación de conservantes perjudiciales** para la salud. Para la protección del alimento, se consideran factores como **la humedad, el equilibrio entre CO₂ y oxígeno, y la mejora del aroma**, todos cruciales para prolongar la vida útil de los productos.



Delia Pérez

Vicepresidenta de Tecnologías Emergentes de Aceleración Empresarial en Aptar Closures



Ver vídeo

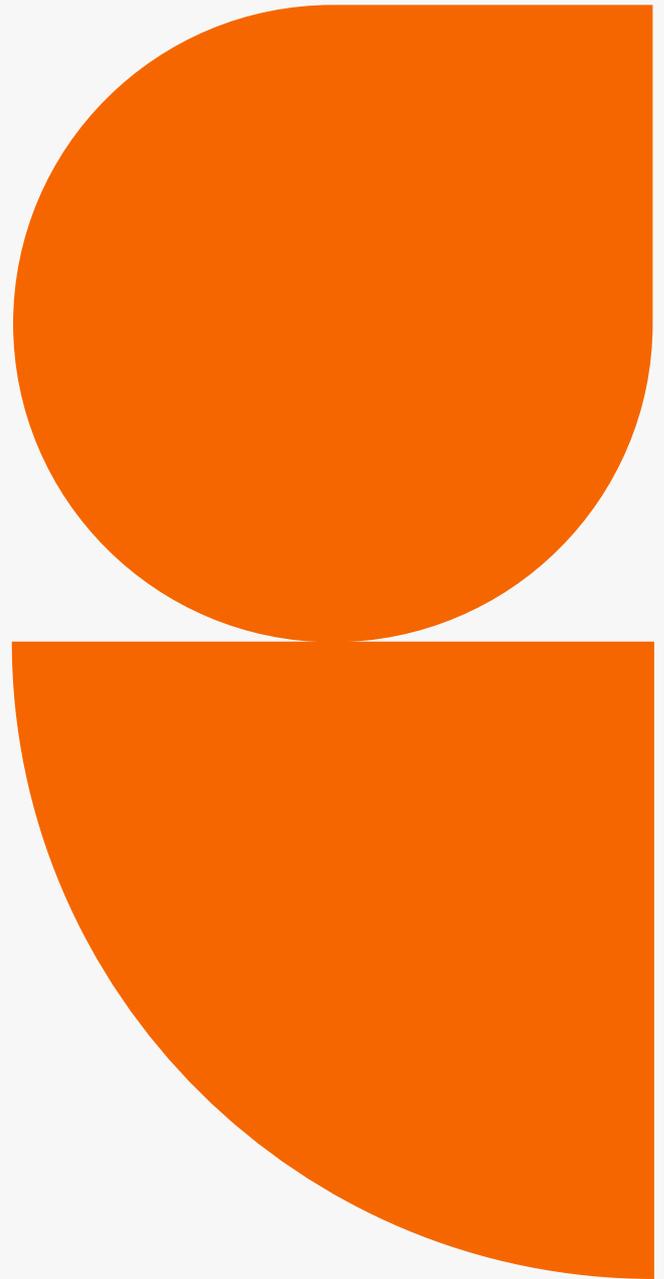
La compañía ha desarrollado tecnologías específicas como **InvisiShield™**, una solución de envasado anti patógenos que se integra perfectamente en envases sellados para proteger los productos frescos evitando bacterias, hongos y virus. Fácil de incorporar a las líneas de envasado de productos existentes o nuevas, esta tecnología mitiga el crecimiento de patógenos sin afectar negativamente al producto. Estos avances contribuyen significativamente a la extensión de la vida útil de los alimentos y, por lo tanto, a la reducción del desperdicio alimentario. Otro enfoque de APTAR es el desarrollo de envases con reducción del uso de plástico, buscando **soluciones reciclables y compostables**. Esta innovación se aplica a frutas y verduras, y a una amplia gama de

productos como hamburguesas a base de plantas y alimentos congelados. Otra tecnología desarrollada específicamente para pescado y marisco es **SEAWELL**, diseñada para aumentar la seguridad alimentaria, mejorar la calidad de los alimentos, reducir el desperdicio y prolongar la frescura. El sistema SEAWELL prolonga significativamente la vida útil del pescado y marisco fresco y congelado, en muchos casos hasta un 50% o más.

Para que funcionen de manera masiva, estas soluciones deben ser **escalables, rentables y atractivas para los consumidores**. La percepción del consumidor es clave, ya que estos envases activos deben ser percibidos como mejoradores de la calidad y facilidad de manejo de los productos.



7



**Agricultura
inteligente:
moldear el
futuro juntos**



Alimentar a la creciente población mundial de forma sana y sostenible exigirá una transformación de nuestro sistema alimentario, un cambio desde su origen, desde cómo producimos los alimentos hasta la forma en la que

consumimos. Para lograr este objetivo, necesitamos un cambio consciente y colectivo. Los expertos del Future Trends Forum proponen los pasos concretos para contribuir a esta evolución a través de los actores principales.



Reguladores: creando el marco para la sostenibilidad

Los reguladores tienen un papel crucial en la configuración del entorno para un sistema alimentario sostenible. Sus acciones podrían ser:

- Establecer políticas y regulaciones que incentiven prácticas agrícolas sostenibles, reduzcan el desperdicio de alimentos y promuevan la producción y el consumo de alimentos saludables.
- Fomentar la transparencia mediante sistemas de etiquetado claros que permitan a los consumidores tomar decisiones informadas.
- Invertir en investigación para desarrollar tecnologías y prácticas agrícolas productivas y sostenibles.
- Crear conciencia pública sobre la importancia de un sistema alimentario sostenible.
- Promover procesos regulatorios ágiles y transparentes que faciliten la rápida adopción de innovaciones.
- Establecer políticas que aseguren una distribución equitativa del valor en toda la cadena de suministro alimentario.
- Implementar regulaciones y penalizaciones para prevenir el desperdicio de alimentos.
- Facilitar la trazabilidad global de los alimentos mediante sistemas de acceso a datos.
- Introducir incentivos y penalizaciones basados en externalidades ambientales para promover prácticas sostenibles.
- Armonizar y simplificar las regulaciones entre países para permitir avances globales.





2

Educadores y Academia: sembrando las semillas del conocimiento

La academia y los educadores juegan un papel vital en la formación de futuras generaciones conscientes de la sostenibilidad. Podrían:

- Integrar la sostenibilidad alimentaria y la educación nutricional en los currículos escolares y universitarios desde los primeros grados.
- Fomentar la investigación en áreas clave como mejora de cultivos, sistemas agrícolas sostenibles, reducción del desperdicio de alimentos y tecnologías relacionadas.
- Colaborar con la industria y reguladores para desarrollar programas de capacitación, certificación y aprendizaje experiencial en prácticas agrícolas y alimentarias sostenibles.
- Impulsar un cambio de mentalidad en los estudiantes hacia estilos de vida y patrones de consumo más sostenibles y saludables.
- Ofrecer comidas escolares saludables y sostenibles como ejemplo práctico.
- Desarrollar programas creativos e innovadores utilizando juegos, influencers, modelos a seguir para promover conciencia sobre sostenibilidad alimentaria.
- Reestructurar programas de colegios/ universidades agrícolas enfocándose en la comprensión de sistemas ecológicos y agrícolas sostenibles.
- Invertir en programas que siembren una mentalidad de apoyo a la sostenibilidad alimentaria desde edad temprana.
- Fomentar la alfabetización alimentaria y desmitificar prejuicios sobre la industria.
- Aprovechar el carisma de chefs para educar al público sobre impacto y sostenibilidad de nuestras elecciones alimentarias.





Industria Alimentaria: Innovando para la Sostenibilidad

La industria alimentaria, desde los productores hasta los minoristas, tiene la capacidad de influir significativamente en la sostenibilidad del sistema alimentario. Podrían:

- Trabajar con agricultores para adoptar prácticas agrícolas regenerativas, producir ingredientes nutritivos de forma sostenible, aumentar la productividad en campos existentes y restaurar tierras degradadas, mejorando la salud del suelo y la biodiversidad.
- Minimizar el desperdicio de alimentos en toda la cadena de suministro, procesamiento y empaquetado.
- Desarrollar productos alimenticios nutritivos, sostenibles y accesibles para todos los consumidores.
- Invertir en tecnologías alimentarias innovadoras para reducir la dependencia de la agricultura intensiva.
- Colaborar con organizaciones centradas en nutrición para producción rentable de alimentos saludables.
- Hacer inversiones para transformar producción y procesos hacia indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Mejores canales con reguladores para agilizar adopción de innovaciones.
- Invertir en escalar producción de alimentos más saludables y sostenibles atractivos al consumidor.
- Fomentar la transparencia.
- Incluir el empaquetado en la ecuación de la sostenibilidad alimentaria.





Consumidores: adoptando hábitos alimentarios saludables y sostenibles

Los consumidores tienen el poder de impulsar el cambio a través de sus elecciones diarias. Podrían:

- Priorizar el consumo de productos locales y de temporada.
- Reducir el desperdicio de alimentos mediante una planificación adecuada.
- Optar por dietas basadas en plantas para disminuir el impacto ambiental.
- Educarse sobre la relación entre alimentación y salud para tomar decisiones informadas.
- Invertir en alimentos de calidad, producidos de manera social y ambientalmente sostenible.
- Continuar influyendo en el mercado a través de decisiones de compra conscientes.
- Explorar y adoptar proteínas alternativas para diversificar la dieta.
- Participar en clases de cocina para aprender a cocinar de manera más sostenible.
- Apoyar el etiquetado claro que destaque los peligros de los alimentos ultraprocesados y ricos en azúcar.
- Cambiar hábitos hacia un estilo de vida más consciente y responsable, abiertos a probar cosas nuevas y comprometidos con la salud y el bienestar del planeta.



5

Inversores: financiando el futuro de la alimentación

Los inversores pueden dirigir el flujo de capital hacia una transformación sostenible del sistema alimentario. Podrían:

- Invertir en startups que promuevan soluciones sostenibles en el ámbito alimentario.
- Fomentar la eficiencia y reducción del impacto ambiental mediante la tecnología.
- Elegir inversiones que ofrezcan retornos financieros y contribuyan positivamente a la sociedad y el medio ambiente.
- Apoyar empresas comprometidas con la sostenibilidad.
- Desinvertir en sectores que dañen el medio ambiente o la salud.
- Priorizar desarrollos que mejoren la nutrición de manera sostenible.
- Considerar el cumplimiento de los ODS como factor en el rendimiento financiero.
- Ser pacientes y especializarse, reconociendo que el capital es crucial en el sector alimentario.
- Invertir en tecnologías que promuevan prácticas agrícolas regenerativas.
- Invertir en empresas que promuevan prácticas empresariales transparentes y responsables.





6

Startup: Pioneros en la Revolución Alimentaria

Las startups tienen la agilidad para innovar y probar nuevas soluciones que pueden revolucionar el sistema alimentario. Deben:

- Centrarse en soluciones disruptivas para problemas críticos como el desperdicio de alimentos y la ineficiencia en la cadena de suministro.
- Trabajar con investigadores e industria alimentaria para acelerar la adopción de tecnologías emergentes.
- Buscar financiación de inversores conscientes de la sostenibilidad.
- Crear valor e impacto a través de nuevos modelos de negocio.
- Centrarse en la educación sobre la importancia de una alimentación saludable.
- Priorizar iniciativas con impacto positivo en nutrición y salud.
- Enfocarse en tecnologías que eviten rondas de financiación interminables.
- Interactuar con los reguladores.
- Innovar en insumos necesarios para hacer la agricultura regenerativa más rentable.
- Fomentar la colaboración para un mayor impacto y no intentar hacerlo todo solos.





Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a todos los miembros del Future Trends Forum (FTF) asistentes a la reunión, y a los colaboradores en la organización de la reunión:

A Frances Stead Sellers, por su liderazgo y moderación en las sesiones del foro, a Daniel Andreu y Christopher Upton por su experta ayuda en el proceso de organización del foro, a Antonio Gálvez, autor de este informe, y al equipo de Prodigioso Volcán por su contribución innovadora.

Y por último, agradecer el compromiso del equipo de la Fundación Innovación Bankinter en que la innovación ayude a adelantarnos al futuro.

Las opiniones expresadas en este informe son del autor y no reflejan la opinión de los expertos que participaron en la reunión del Future Trends Forum.

Participantes

Juan Gabriel Aguiriano

Director de Sostenibilidad y Emprendimientos Tecnológicos del Grupo Kerry, Irlanda/España

Pedro Álvarez

Cofundador y CEO de Ivoro Ventures. España

Nicolas Bemaman

Director de Marketing Automation en Tastewise. España

Alba Bernardino

Directora de Empresas en Pascual Innoventures. España

Martin Bloem

Director del centro Livable Future de John Hopkins. USA

Charles Bolden

Ex administrador de la NASA, fundador y consejero delegado emérito de The Charles F. Bolden Group LLC y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. USA

Ángel Cabrera

Presidente del Georgia Institute of Technology y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. España/USA

Miguel Calatayud

Ex Fundador de Iwi. España/USA

Pedro Carrillo

Director de Desarrollo de Negocio de Coxabengoa Infraestructuras y Consejero Delegado y Fundador de ec2ce Agtech. España

Dongmin Chen

Decano/Profesor de la Escuela de Innovación y Emprendimiento de la Universidad de Pekín y Patrono de la Fundación de Innovación Bankinter. China

Antonio Damasio

Catedrático Dornsife de Neurociencia, Psicología y Filosofía, y Director del Instituto Cerebro y Creatividad de la Universidad del Sur de California en Los Ángeles y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. USA

Hanna Damasio

Profesor, Cátedra Dana Dornsife de Neurociencia y Director del Centro Dana y David Dornsife de Neurociencia Cognitiva de la Universidad del Sur de California. USA

Alessio D'Antino

Co fundador y CEO de Forward Fooling. España

Luis T. de Arriba

Director General de Calidalia y Socio de Glocal. España

Gonzalo Delacámara

Director del Centro para el Agua y la Adaptación al Clima de IE University

Ana del Ramo

Directora de Bioinformática en MOA. España

Soumitra Dutta

Decano de la Said School of Business de la Universidad de Oxford y Patrono de la Fundación de Innovación Bankinter. India/Reino Unido

Bosco Emparanza

CEO y Fundador de MOA. España

Estefanía Erro

Directora de Marketing e Innovación en CNTA. España

Julia Espeso

Directora de Ecosistema en Eatable Adventures. España

Adrián Ferrero

Co fundador y Ceo de Biome Makers. España/USA

Ramón Gras

Investigador Innovación Urbana en la Universidad de Harvard. España/USA

Alex Holst

Director Senior de Política en the Good Food Institute Europe. Bélgica

Beatriz Jacoste

Directora de KM ZERO Innovation Hub. España

Richard Kivel

Director General de GrayBella Capital y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. USA

Philip Lader

Ex embajador de EE.UU. ante la Corte de St. James's y patrono de la Fundación Innovación Bankinter. USA

Julia Li

Fundadora y Directora General de HCD. China

José Francisco Martínez

Director General de Novagric. España

Emilio Méndez

Asesor Senior en el Departamento de Ciencia y Tecnología Energéticas del Brookhaven National Laboratory y Patrono de la Fundación para la Innovación Bankinter. España/USA

Dariush Mozaffarian

Director y Profesor Jean Mayer en el Food is Medicine Institute, Tufts University. USA

Tan Chin Nam

Ex Secretario Permanente del Servicio Público de Singapur y Asesor Corporativo y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. Singapur

María Naranjo

Directora Industria Alimentaria del ICEX. España

Josep Olivart i Llop

Consultor en EPS Works. España

Andrés Pascual

Director de Innovación en AINIA Centro Tecnológico. España

Delia Pérez

Vicepresidente de Tecnologías Emergentes de Aceleración Empresarial en Aptar Closures. España/Francia

Mark Post

Director Científico en MposaMear. Holanda

John Regefalk

Director de Innovación culinaria en el Basque Culinary Center. España

Roberto Ridolfi

Presidente de la red Link2007, miembro del Consejo Científico de la FEEM. Miembro asociado del CIRPS. Fundador de Finance Carbon s.a. Fundador de AWA ltd. Italia

Beatriz Romanos

Fundadora y CEO de TechFoodMagazine y Socia en Peakbridge VC. España

Ivo Sarjanovic

Miembro no ejecutivo del Consejo de Administración, profesor de materias primas agrícolas e inversor en AgTech. Argentina/Suiza

Lior Schneidman

Directora de Impacto en Neolithics. Israel

Rajiv J. Shah

Presidente Fundación Rockefeller. USA

Julie Sigles

Consultora independiente sobre trazabilidad y sostenibilidad de la cadena de suministro. España

Scott Simon

Escritor y locutor de radio NPR y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. USA

Paul Spiegel

Profesor y Director del Centro Johns Hopkins de Salud Humanitaria. USA

Sheila Stamps

Experta financiera y profesional de la gestión de riesgos y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter. USA

Gabriel Torres

CEO de Pascual Innoventures. España

Christopher Upton

Co fundador de Zerodig. Reino Unido

Wilfried Vanhonacker

Cofundador y exdecano de CEIBS (Shanghái) y MSM Skolkovo (Moscú) y Patrono de la Fundación de la Innovación Bankinter. Bélgica/China

Grace Xin Ge

Presidenta y CEO en funciones de Hyperganic y Patrono de Fundación Innovación Bankinter. China/Reino Unido

Fundación
innovación
bankinter.

