

ABRIL 2023

Agrifocus:

Nada se pierde,
todo se transforma

AgroBankTech

Digital INNOvation



AgroBank

INNSOMNIA
Innovators that dream



Este informe ha sido financiado con cargo al convenio de colaboración MAPA-CAIXABANK. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente la posición oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Nada se pierde, todo se transforma

Introducción: ¿Qué es la economía circular?	Pág. 04
01 Historia y legislación	Pág. 07
02 'Cerrar el círculo' en el sector primario	Pág. 13
03 Biotecnología, la gran aliada	Pág. 17
04 Por un <i>packaging</i> ecoeficiente	Pág. 24
05 Agua, el elemento más circular	Pág. 30
06 Agrivoltaica: energía y cultivos que se retroalimentan	Pág. 35
07 Conclusiones	Pág. 40
Referencias bibliográficas	Pág. 42

Introducción

¿Qué es la economía circular?



Nada se pierde, todo se transforma, como en el ciclo de la vida. La IV Revolución tecnológica, la digital, apuesta decididamente por la sostenibilidad. No sólo por convicción, sobre todo por necesidad. **Hay que producir más con menos recursos, que son caros y limitados.**

La economía circular promueve la producción de bienes y servicios de manera sostenible, reduciendo el consumo y los desperdicios. El objetivo final es conseguir que los residuos puedan transformarse en recursos para que inicien una nueva vida, **en un círculo permanente como el de la propia Naturaleza.**

“La economía circular ofrece un marco de soluciones para la renovación económica, la innovación y la transformación industrial”. Fundación Ellen MacArthur.

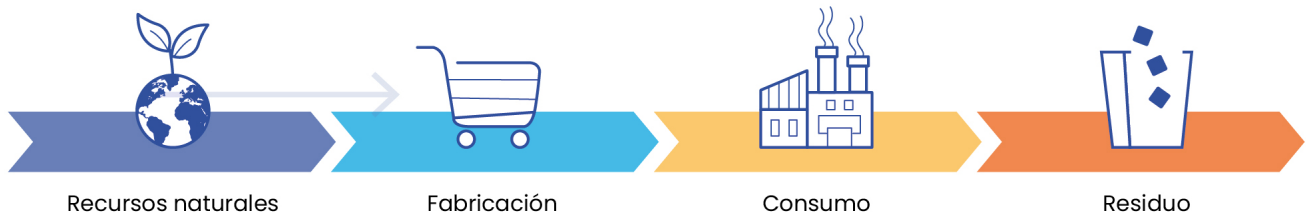
Aunque es una tendencia muy al alza en estos momentos ante el riesgo del cambio climático y por la incuestionable necesidad de promover un sistema económico eco-eficiente, en realidad la economía circular no está inventando nada nuevo. Se limita a replicar los flujos naturales biológicos: los organismos muertos sirven para nutrir la tierra y favorecer el surgimiento de nueva vida. De hecho, algunas de las manifestaciones de la economía circular siguen procesos similares, por ejemplo, aquellos en los que residuos orgánicos, como alimentos, algodón o madera, son sometidos a procesos de compostaje y devueltos al sistema productivo en forma de recursos renovables.

El término ‘circular’ se presenta en oposición a la economía lineal, es decir, aquella en la que se generan bienes a partir de materias primas, y luego de su consumo se transforman en residuos. Extraer, producir, consumir, tirar.

**Llegado el final de su vida útil,
los residuos deben convertirse en recursos.**

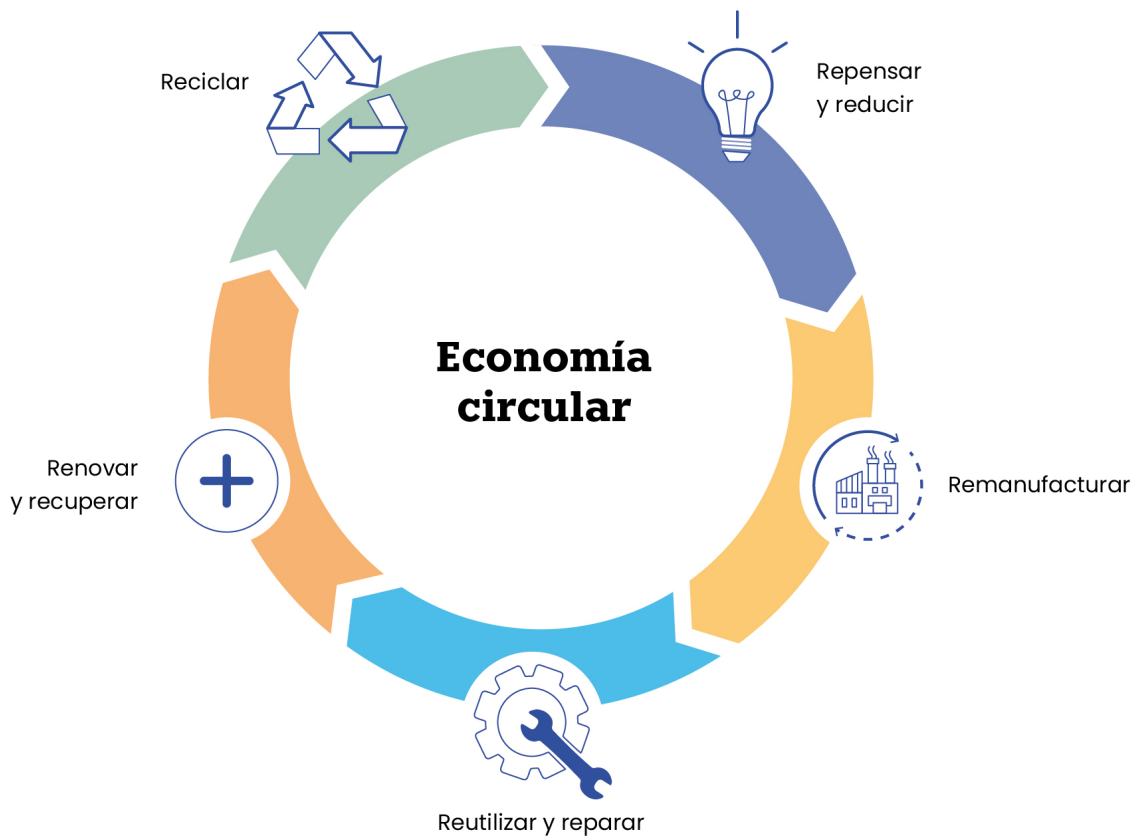
Economía lineal

Extracción de recursos para producir, consumir y tirar



Economía circular

Un círculo que une Reducir (recursos), Remanufacturar (cambiar el diseño), Reutilizar, Reparar, Recuperar y Recicla



Fuente: Elaboración propia

Frente a ello, la economía circular propone un cambio de paradigma y aboga por dotar de circularidad a todo el proceso (diseño, fabricación, consumo...). El principio básico de este modelo aplica la regla **Reducir, Remanufacturar, Reutilizar, Reparar, Recuperar y Reciclar** en un círculo continuo. **El residuo se convierte en recurso.**

Para ello es necesario alargar la vida útil de los productos, diseñándolos además de tal forma que sea posible repararlos y reutilizarlos. ¡No crear para producir, crear para transformar!

La economía circular es un nuevo modelo económico que pretende transformar los patrones de producción y consumo de la

sociedad para lograr un sistema productivo sostenible. Se propone reutilizar los bienes que hoy son considerados residuos para lograr un uso más eficiente de los recursos. De esta forma, se pueden **convertir los residuos en materias primas que reingresen al sistema productivo para luego generar un nuevo bien.**

La economía circular diferencia entre ciclos técnicos y ciclos biológicos. El primero busca que en el propio diseño de los bienes permita que sean reutilizables. El ciclo biológico, en tanto, se trata de regenerar los residuos de manera tal que se reincorporen a la naturaleza. De esta forma, la conjunción de ambos ciclos permite alcanzar una mayor eficiencia tanto a nivel económico como a nivel ecológico.



01

Historia y legislación

La reutilización o la economía de aprovechamiento es tan antigua como el propio ser humano. Las investigaciones ya apuntan hacia modelos cercanos a la economía circular en la antigua Roma. Las excavaciones en las ruinas de Pompeya, por ejemplo, sugieren que sus ciudadanos disfrutaban ya de un sistema de reciclaje de materiales por medio del cual los residuos se recogían, clasificaban y revendían para ser reutilizados. Pero eso pasaba más por ser economía de subsistencia.

El término “economía circular” se utilizó por primera vez en la literatura occidental en 1980 en el libro de dos ambientalistas británicos David W. Pearce y R. Kerry Turner *“Economics of Natural Resources and the Environment”* para describir un sistema cerrado de las interacciones entre economía y medio ambiente.

Hoy en día, la principal referente de la economía circular es [Ellen MacArthur](#), quien por medio de su Fundación Ellen MacArthur (creada en 2010) promueve la transición hacia una economía circular basándose en tres principios:

- **Conservar los recursos naturales**, en particular manteniendo control sobre el uso de los no renovables. Se debe promover la reutilización de los recursos y la sustitución de materias primas, a la vez se crean condiciones para la regeneración.
- **Optimizar el rendimiento de los recursos a través de la rotación**, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos. Se debería llevar a cabo una reestructuración en la etapa de diseño de los bienes, de modo tal que las materias primas empleadas sean reutilizables. De esta forma los componentes y materiales podrían recircular y contribuir nuevamente a la economía.
- **Alcanzar un sistema más eficiente** eliminando las externalidades negativas. De esta forma se lograría reducir el impacto negativo de la actividad humana en términos de contaminación.



La idea de una economía circular llegó a Ellen MacArthur en 2005 tras obtener el record mundial por realizar la vuelta más rápida al mundo en su barco. La necesidad de llevar una pequeña carga de recursos pero que a su vez le fuese suficiente para todo el trayecto le permitió tomar conciencia sobre la importancia de la reutilización.

En el informe [“Objetivos universales para políticas de economía circular. Habilitando una transición a gran escala”](#) la Fundación Ellen MacArthur señala que la naturaleza sistémica de la transición hacia la economía circular puede generar una serie de beneficios económicos, ambientales y sociales. “Los estudios muestran que la economía circular puede contribuir a abordar el 45 % restante de las emisiones de gases de efecto invernadero que no pueden resolverse simplemente con la transición hacia las energías renovables”, indican en el informe.

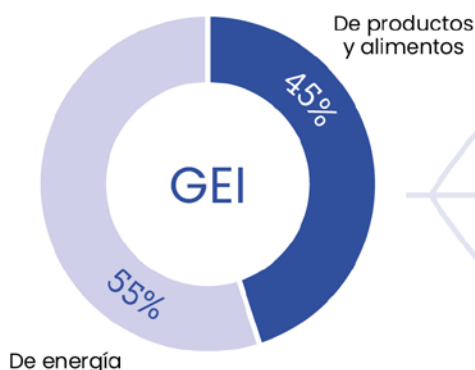
Hay datos para la esperanza. En su informe [“Financiamiento de la Economía Circular. Aprovechando la Oportunidad”](#), (septiembre 2020) la Fundación Ellen MacArthur des-

taca el **rápido crecimiento de la inversión y otras actividades de servicios financieros en la economía circular**. El informe expone las oportunidades para la inversión, la banca y los seguros, y pide al sector financiero que aproveche todo el potencial ampliando la economía circular en colaboración con gobiernos y empresas.


Según este estudio, alrededor del mundo, la banca privada, los bancos multilaterales de desarrollo y las instituciones de financiación del desarrollo han intensificado las inversiones en actividades de economía circular. En particular, **desde 2016, se ha multiplicado por diez el número de fondos privados vinculados a inversiones en actividades relacionadas con la economía circular**, y solo en 2020, los activos gestionados en fondos


Cómo contribuye la economía circular a abordar el cambio climático


Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en la actualidad, por su origen



Los principios de la economía circular y su acción sobre las emisiones de GEI

- 

Eliminar los residuos y la contaminación para reducir las emisiones de GEI en toda la cadena de valor
- 

Mantener los productos y materiales en uso para retener la energía incorporada en ellos
- 

Regenerar sistemas naturales para secuestrar carbono en el suelo y los productos

Fuente: Fundación Ellen MacArthur, Material Economics, Complementando la imagen: Cómo la economía circular ayuda a afrontar el cambio climático (2019)

de capital público relacionados con la economía circular se multiplicaron por catorce. El apoyo financiero a la economía circular incentiva la innovación y la inversión, tanto a nivel público como privado. De esta manera puede solventarse el problema del acceso a la financiación, esencial para el avance de la economía circular.

En una economía circular, debe fomentarse, cuando proceda, un uso en cascada de los recursos renovables, con varios ciclos de reutilización y reciclado.

La inevitable transición a una economía circular se pone de manifiesto por los importantes retos a los que responde, pero también por los potenciales beneficios económicos, medioambientales y sociales que promete generar al cambiar a modelos de producción y consumo más sostenibles. El éxito de esta transición –de la economía lineal a la circular– requiere medidas específicas para cada contexto, un fuerte compromiso del sector público y la participación del sector privado y la sociedad civil.

Cerrar el complejo trazo de la economía circular no es tan fácil. Y uno de los principales retos a los que se enfrentan quienes apuestan por él es que la defensa de un mundo más verde y respetuoso con el medio ambiente no puede ser únicamente una cuestión de voluntarismo.

Los reguladores tienen que impulsar los cambios necesarios para que los ciudadanos y las empresas cuiden más del medio, pero, además, en el caso de las últimas, es urgente demostrar que **la apuesta por la sostenibilidad puede ser también provechosa a nivel económico y de negocio.**

La transición hacia una economía circular no es uniforme y varía en función de una serie de factores como el grado de industrialización, el nivel de desarrollo tecnológico, la disponibilidad de recursos humanos cualificados y el acceso a la financiación, entre otros. Esto revela la importancia de las estrategias y los planes concebidos en función del contexto.

La **Comisión Europea** elaboró en 2015 un [*“Plan de acción de la UE para la economía circular”*](#) cuyo principal objetivo es lograr un crecimiento sostenible. Un plan de actuación que recoge propuestas legislativas sobre residuos y medidas concretas que abarcan todo el ciclo de vida de los productos: el diseño, el abastecimiento, la produc-



ción, el consumo, la gestión de residuos y el mercado de materias primas secundarias.

La comisión señala en este Plan de Acción que *“la innovación jugará un papel clave en este cambio sistémico. Para repensar nuestras formas de producir y consumir, y para transformar los residuos en productos de alto valor añadido, necesitaremos nuevas tecnologías, procesos, servicios y modelos de negocio que configuren el futuro de nuestra economía y sociedad”*.

En **España**, las directrices gubernamentales también apuntan hacia caminos circulares. La [Estrategia Española de Economía Circular “España 2030”](#) (EEEC) y de acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible, aprobada en Consejo de Ministros en de junio de 2020, marca el camino hacia un modelo de producción y consumo que alargue en el tiempo el valor de productos, materiales y recursos, reduzca la generación de residuos, aprovechando al máximo las materias y primando la reutilización de aquellos que resulten inevitables.

Además, la Estrategia marca una serie de objetivos concretos de cara al año 2030. Entre ellos, potenciar el consumo responsable, reducir en un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB respecto a los niveles de 2010; aminorar la generación de residuos un 15 % respecto ese mismo año, así como la de residuos de alimentos en toda cadena alimentaria en



un 50 % per cápita para los hogares y en un 20 % en el consumo minorista y las cadenas de producción desde 2020.

Una economía circular favorece las actividades que conservan el valor en forma de energía, trabajo y materiales. Esto significa diseñar para la durabilidad, la reutilización, la refabricación y el reciclaje para que los productos, los componentes y los materiales sigan circulando en la economía.

La economía circular ha suscitado mucho interés recientemente. Este enfoque, que cuestiona la forma en que las organizaciones abordan la eficiencia de los recursos, está ganando adeptos en todo el mundo. En nuestro país, muchas empresas han

Los escenarios y proyecciones realizados indican que de aquí a 2030 la Economía Circular puede generar un beneficio de 1,8 billones de euros en el conjunto de la Unión Europea, lo que supone 0,9 billones más que el actual modelo de economía lineal.

adoptado la idea de que los bienes de hoy pueden ser los recursos de mañana y que una economía que funcione en bucle puede suponer un ahorro de costes, la prevención de residuos, la creación de puestos de trabajo y oportunidades económicas.

CASOS DE ÉXITO

Oipfuel: generar energía de las aceitunas para la almazara

Un equipo de investigación de la [Universidad de Jaén](#) ha creado un sistema que genera la energía necesaria para la producción de aceite de oliva en las almazaras a partir de los propios residuos del proceso. Con este sistema, se produce biocarbón que mejora el rendimiento de cultivos y amplía la captación de gases en el suelo. La gasificación se ha probado con

éxito en una planta piloto y está en vías de aplicación en el norte de África. Los residuos que se generan en la producción de aceite de oliva en las almazaras suponen el 80% del peso total de la aceituna que se recibe. Este excedente es, normalmente, transportado a las orujeras para su aprovechamiento. Con este método se aprovecha en origen, por lo que, además de evitar el coste del transporte y las emisiones de gases al medio ambiente que conlleva, el sistema plantea una de las mejores opciones para que esta industria sea ejemplo de economía circular. El sistema consiste en una planta de gasificación que se alimenta de los residuos y genera el gas suficiente para la obtención de electricidad en la producción de aceite de oliva. El propio alperujo que se crea en la molienda de la aceituna, es el alimento para el generador que sirve energía a la planta.





John Deere ofrece repuestos en impresión 3D

Las impresoras 3D ya han dejado de ser un artículo de lujo para convertirse en aliados a la hora de encontrar recambios ‘originales’ de determinadas piezas. Y es que uno de los problemas más comunes a la hora de restaurar cualquier tipo de maquinaria es encontrar las piezas de repuesto. Por ejemplo, los nuevos tractores John Deere, de la serie 6R, que salen de la línea de fabricación en Mannheim (Alemania), incorporan una pieza de motor de metal, impresa en 3D. En realidad, John Deere ya venía utilizando la impresión 3D para hacer prototipos y accesorios, pero la válvula de acero inoxidable impresa en 3D ya forma parte de la Estrategia Industrial Inteligente de la compañía. Producir la válvula para el motor en 3D resulta más eficiente respecto a los métodos tradicionales porque es 50% más barato, aproximadamente. Pero, además, la parte impresa responde al desafío de garantizar que los tractores John Deere funcionen en ambientes fríos.

Batería biodegradable para dispositivos IoT

La agricultura de precisión se basa en la captación de datos. Mucha información recogida a través de dispositivos IoT que necesitan de baterías que proporcionen energía. Para evitar que estos dispositivos alteren el medio ambiente se puso en marcha el proyecto [Bideko](#) (Biodegradable and compostable batteries for precision agriculture and decentralized energy systems). El resultado es una batería con forma de flor capaz de imitar el ciclo de vida de una planta y generar energía. Inspirada en la naturaleza, y bautizada como Flower Battery (abreviatura del inglés evaporation flow redox battery), tiene raíz, tallo y hojas. Funciona siguiendo el principio de transpiración de una planta y “mueve los reactivos por su estructura microfluída hasta expulsarlos por evaporación”. Fabricada con elementos biodegradables, genera energía suficiente para alimentar los sensores inalámbricos que se instalan en los campos de cultivo.



02

Cerrar el círculo en el sector primario

La economía circular en el sector primario se centra en la obtención de productos agrícolas utilizando una cantidad mínima de insumos externos, cerrando los circuitos de nutrientes y reduciendo los vertidos negativos al medio ambiente (en forma de residuos y emisiones).

En la agricultura, el enfoque de la economía circular sugiere que **el sector puede lograr una mayor sostenibilidad manteniendo más recursos y materiales en uso durante el mayor tiempo posible**. Hay que conseguir que los productos duren más, que puedan ser reutilizados y que deban ser reciclados.

Esto significa que, como decíamos al principio, en lugar de la tradicional economía lineal de

hacer-usar-desechar, la economía circular se convierte en la **herramienta para reducir el consumo de energía, el agotamiento de los recursos y la contaminación**.

La producción agrícola y ganadera y sus industrias de transformación generan un importante volumen de subproductos y/o residuos que, en su gran mayoría, pueden ser aprovechados, creando un valor donde antes no lo había. Los sistemas circulares maximizan el uso de materiales con base biológica al final de su vida útil, extrayendo valiosos elementos bioquímicos, y haciendo que pasen a otras aplicaciones diferentes cada vez más básicas, en lo que se llama 'uso en cascada'. Optimizando el uso en cascada seguimos una gestión circular evitando la extracción de nuevos recursos, y minimizando el volumen de residuos.

En el sector agrario, los materiales reciclados son una categoría de materias primas secundarias, presentes en los residuos orgánicos y que pueden ser devueltas al suelo como fertilizantes. Su uso sostenible en la agricultura reduce la necesidad de fertilizantes minerales, cuya producción tiene efectos negativos en el medio ambiente y depende de la importación de recursos naturales limitados.

El mismo principio de reutilización de recursos puede aplicarse al uso del agua. La escasez de recursos hídricos se ha acentuado en los últimos años causando efectos perjudiciales sobre nuestro medio ambiente y nuestra economía. La reutilización del agua se presenta como una alternativa valiosa para aumentar el suministro de agua y reducir el consumo de un bien cada vez más escaso. Además, también se presenta como una modalidad de reciclado de nutrientes en la agricultura, reduciendo la necesidad de fertilizantes mi-



nerales. Una de las cuestiones más importantes en la industria agroalimentaria y su cadena de suministro es la existencia de subproductos, tratados como residuos y desechados inmediatamente a la basura. Este tratamiento puede hacer que se pierda la posibilidad de obtener valor económico de ellos. La aplicación de una economía circular podría evitar la pérdida de valor económico, ya que la economía circular utiliza dichos residuos como recursos para otros procesos.

Cuestiones como el volumen de residuos vegetales y de plásticos que se que generan en distintos tipos de producción agraria han dado lugar a planteamientos agrícolas y ganaderos sostenibles en consonancia con las tendencias en economía circular y eficiencia en el uso de los recursos.



Dos grandes proyectos de economía circular con marchio europeo

GLOPACK

Proyecto de investigación financiado por la Comisión Europea para promover el envasado sostenible de alimentos. El objetivo del proyecto es facilitar el acceso a envases alimentarios innovadores y ecoeficientes tanto para los consumidores como para las empresas.

NoAW

Impulsado por la exigencia de una sociedad de residuos casi nulos, el objetivo del proyecto es generar enfoques innovadores y eficientes para convertir los crecientes problemas de residuos agrícolas en oportunidades de productos ecoeficientes de base biológica con beneficios directos para el medio ambiente, la economía y los consumidores de la UE. Para lograr este objetivo, el concepto NoAW se basa en el desarrollo de un pensamiento holístico del ciclo de vida y la gestión circular de los residuos agrícolas.

CASOS DE ÉXITO

Biotecnología para mejorar la seguridad de los envases alimentarios

[Aimplas](#) trabaja en el proyecto Biotools, en el que está aplicando nuevas herramientas de biotecnología para mejorar, por un lado, la valorización de residuos en la producción de bioplásticos biodegradables, y por otro, la seguridad de los envases alimentarios. Este proyecto persigue optimizar los procesos de transformación de residuos agrarios y orgánicos domésticos, a través de procesos de hidrólisis y fermentación, para convertirlos en recursos, como el ácido láctico y el PHB, para la producción de bioplásticos biodegradables, consiguiendo así una menor dependencia de los recursos fósiles. Además, Biotools permitirá mejorar la seguridad alimentaria, gracias a nuevos sistemas de alerta toxicológica, basados en cultivos y técnicas in vitro, para evaluar la toxicidad por sustancias no añadidas intencionadamente (NIAS) en envases plásticos. Se consigue



así un aumento directo en la seguridad para el consumidor, ya que permite poner en el mercado materiales y objetos plásticos para contacto con alimentos que son más seguros, cubriendo el vacío que existe actualmente en cuanto al control y a la evaluación de las NIAS.



New Holland alimenta sus tractores con energía producida a partir de excrementos

La firma neerlandesa de maquinaria agrícola [New Holland Agriculture](#), se ha asociado con la británica Bennamann, para desarrollar el primer tractor impulsado por GNL. Se trata del T7 Methane Power LNG, que emplea el gas que se obtiene directamente del metano que produce el estiércol del ganado. Los restos de excrementos de los animales son transportados hasta unas lagunas cubiertas

donde una serie de microorganismos son los encargados de transformar estos restos en gas metano que puede purificarse o comprimirse y licuarse. La tecnología de Bennamann mantienen el metano como líquido a -162°C , produciendo una nueva fuente de energía limpia para el tractor. Además, esta tecnología permite transportar el combustible GNL, mucho más ecológico que el diesel, donde sea necesario. Es decir, el propio ganadero puede producirlo o adquirirlo de otra granja.

Convertir el CO2 en proteína para alimentar el ganado

La startup británica [Deep Branch Biotechnology](#) ha desarrollado una tecnología escalable que transforma el CO2 en nuevos productos alimenticios para el ganado. Generan proteínas unicelulares limpias, nu-

tritivas y sostenibles directamente a partir del dióxido de carbono presente en los gases residuales industriales, reduciendo así la huella de carbono de los emisores y proporcionando alternativas sostenibles a la soja y la harina de pescado para la industria de piensos. El proceso Deep Branch convierte el dióxido de carbono en un polvo, llamado Protón, que tiene alrededor del 70% de contenido de proteínas. En el proceso emplean gas proveniente de una planta de bioenergía que quema madera de desecho. El dióxido de carbono se coloca en un tanque de fermentación como gas, con hidrógeno agregado para servir como fuente de energía. Una vez que se completa el proceso celular, la proteína se seca en un polvo para ser utilizado como ingrediente en una alimentación animal sostenible. El producto resultante contiene casi el doble de proteínas que el que se obtiene a partir de soja o harina.



03

Biotenología, la gran aliada

Como el sector primario, la biotecnología tiene tanto pasado como futuro. Los antiguos egipcios aprendieron de la fermentación para elaborar la cerveza o el pan. Hoy los biotecnólogos utilizan organismos vivos, o sus productos, para la elaboración y mejora de alimentos, medicamentos y otros productos. Emulan el comportamiento de la Naturaleza para desarrollar una tecnología que puede considerarse la 'reina de la economía circular'.

Y es que la biotecnología permite sustituir procesos químicos por nuevos procesos más respetuosos con el medio ambiente, más eficientes y sostenibles, basados en la utilización de materias primas renovables. Así, el uso de la ciencia y la ingeniería permiten desarrollar procesos industriales para impulsar una química más verde, tanto en la obtención de productos químicos como de biocombustibles.

Como ejemplo, la biorremediación podría ser la cura para nuestro planeta contaminado; consiste en el uso de organismos vivos para eliminar o neutralizar los agentes contaminantes del medio ambiente. Hay seres microscópicos que pueden degradar el petróleo, los hidrocarburos y los insecticidas.

Metales pesados como el mercurio no son biodegradables, sin embargo, existen bacterias que pueden concentrarlos para después eliminarlos de la zona afectada.

CASOS DE ÉXITO

El probiótico que 'brota' del hueso de la aceituna

Investigadores del Instituto de la Grasa (IG-CSIC), perteneciente al [Consejo Superior de Investigaciones Científicas \(CSIC\)](#), la empresa emergente Oleica y la compañía cordobesa La Salmoreteca han desarrollado, tras más de dos años de estudios, una nueva gama de bebidas vegetales probióticas con una bacteria procedente de la aceituna de mesa, el fermento con potencial probiótico *Lactiplantibacillus pentosus* LPGI. Las bebidas, que están fortificadas con minerales y vitaminas, se lanzan al mercado con el nombre de BeWellDrinks. Contienen componentes de alto valor biológico como los antioxidantes, la fibra, las vitaminas y los minerales, cuya concentración depende del tipo de vegetal. Y no han sufrido ningún tipo de proceso de fermentación, no contienen lactosa y tampoco grasas o proteína de origen animal.





Convertir el pasto en gas

El grupo tecnológico [Wärtsilä](#) ha puesto en marcha un innovador proyecto llamado "Green Gas Mill" en el Reino Unido con el que anuncia que va a convertir el pasto en gas que se puede usar para calentar hogares. El proyecto está encabezado por Ecotricity, una empresa energética británica dedicada a luchar contra el cambio climático poniendo fin al uso de combustibles fósiles. Cuando la nueva planta esté operativa en 2023, se convertirá en el primer molino de gas verde en el Reino Unido, dando un paso importante hacia la creación de una economía verde. El proceso de tecnología probada funciona con hierba que se ha descompuesto en un contenedor de ensilaje durante aproximadamente dos meses. A continuación, se introduce en un

digestor, donde emite un gas rico en metano que se alimenta a la red de gas doméstica.

Prebióticos para la población senior producidos con restos alimentarios

El centro tecnológico [Leartiker](#) ha puesto en marcha el proyecto colaborativo PREBI60+. El objetivo principal de esta iniciativa, dirigida al consumidor senior, es la creación de una nueva empresa de base tecnológica para la obtención de compuestos prebióticos a partir de residuos procedentes de la cadena alimentaria y su integración en los alimentos de los menús senior, con el fin de mejorar su salud o inmunidad. A lo largo del proyecto se han estudiado diferentes procesos de extracción de fructooligosacáridos (FOS) y galactooligosacáridos (GOS) de la pulpa de manzana y lactosuero respectivamente, que puedan incorporarse a diferentes matrices alimentarias manteniendo su bioactividad. Se trata de una buena manera de aprovechar residuos alimentarios perfectamente comestibles y que se convierten en residuos sin tenerlos en cuenta lo que aumenta el desperdicio alimentario. Además la iniciativa contribuye a la mejora de la alimentación del colectivo de mayores de 65 años, en la conocida como 'silver economy'.



Moscas para convertir residuos alimentarios en piensos y fertilizantes premium

La startup tecnológica africana [Magofarm](#) ha desarrollado una tecnología que aprovecha el potencial natural de los insectos para ofrecer una alternativa beneficiosa para el medio ambiente al desperdicio de alimentos mediante la creación de ingredientes para piensos y fertilizantes orgánicos, que puedan compensar el uso de la harina de pescado como ingrediente en la acuicultura, el ganado y los piensos para mascotas. Así, emplea moscas y otros insectos que convierten los residuos orgánicos de las principales ciudades de África, como única materia prima, en ingredientes proteínicos. Además, como subproducto también producen fertilizantes orgánicos que se distribuyen a pequeños agricultores rurales a precios asequibles en comparación con los fertilizantes sintéticos.



Otra técnica que utiliza las plantas para la limpieza de suelos contaminados es la llamada Fitorremediación, la cual aprovecha la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular o tolerar sustancias tóxicas como los metales pesados.

Ejemplos perfectos de estas plantas limpiadoras son el girasol, la mostaza de la India, los nabos, la cebada, el lúpulo, las ortigas, los dientes de león, el álamo o los sauces, por mencionar algunos.

CASOS DE ÉXITO

Bacterias para fijar el nitrógeno a los cultivos

El nitrógeno es esencial en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis de las plantas. Pero el uso abusivo de fertilizantes no sólo afecta al terreno de cultivo, sino que puede afectar incluso al consumo de los

productos. Por ello es importante conseguir formas más sostenibles de fertilizar las plantaciones. Y en ello trabaja el Grupo de Bioquímica y Biotecnología de la [Universitat Jaume I de Castellón](#) que estudia el papel que algunas bacterias endófitas pueden jugar para fijar el nitrógeno en determinados cultivos como es el caso de los cítricos. Los estudios en los invernaderos de la universidad pública de Castellón se están realizando en plantones de cítricos, a los que se les ha inoculado la endófito vía radicular. Se están testando más de 10 especies distintas de bacterias y los resultados conseguidos hasta ahora están demostrando que algunas de ellas ayudan a superar la carencia de nitrógeno. Los resultados conseguidos, una vez puesto a punto el

inóculo, permitirán mantener en buen estado productivo los cultivos, a pesar de la reducción de la cantidad de fertilizantes nitrogenados que se prevé vendrá regulada por normativa. Los cultivos, en este caso los cítricos, una vez colonizados por este tipo de bacterias conseguirán obtener los nutrientes que necesitan y se reducirá la dependencia de la fertilización química y los problemas relacionados con ella.

Aplican residuos del vino para eliminar metales pesados de aguas

Un equipo de investigación de la [Universidad de Cádiz](#) ha confirmado la capacidad de ciertos residuos agrícolas, como los de la uva, para la absorción de metales en aguas. Concretamente, proponen el uso de restos de esta fruta, las vainas de algarroba y haba, así como tallos de brócoli, entre otros, por su alto rendimiento como absorbentes y ser subproductos de bajo aprovechamiento. Los métodos normalmente utilizados para la retención de este tipo de sustancias presentes en las aguas contaminadas requieren de reactivos químicos y procesos que a veces pueden tener un elevado coste y requerir un alto gasto energético. El uso de residuos agroalimentarios puede representar una alternativa más económica y sencilla de implementar. Los



datos obtenidos en los ensayos indican que se logran rendimientos de hasta el 90% en la eliminación de plomo, el 60% de cadmio y un 40% de níquel y cobalto con el uso de vainas de haba y algarrobo, tallo de brócoli y semillas de uva.

Biotecnología para desarrollar plantas con propiedades de fitorremediación

Científicos internacionales trabajan de forma continuada para desarrollar plantas capaces de limpiar ambientes contaminados a través de la fitorremediación y la fitominería. Su objetivo es el de ayudar a aliviar las amenazas para el medio ambiente y la salud humana mientras que se preservan los metales críticos que están comenzando a agotarse. Un artículo publicado por Science destacó la riqueza de la diversidad de plantas bioquímicas para ayudar a desintoxicar sustancias extrañas en el ecosistema terrestre. Aunque una planta tiene actividades enzimáticas limitadas, esto puede compensarse con una amplia variedad de enzimas microbianas que pueden procesar incluso los contaminantes más complejos. La combinación de sus habilidades a través de la modificación genética puede producir plantas con enzimas microbianas que degradan xenobióticos para extender su fisiología para desintoxicar contaminantes orgánicos.



Uno de los problemas que tiene la agricultura intensiva es el volumen de residuos vegetales que genera. Además, el calendario para la generación de estos residuos está ligado a los ciclos de producción de los diferentes cultivos. Y de igual forma, a lo largo de todo el año, en los invernaderos se generan residuos vegetales que están formados por destallados, deshojados y frutos no comerciales.

¿Sería posible utilizar estos subproductos agrícolas para elaborar productos de valor, tales como biofertilizantes, que pudiéramos utilizarlos en la producción agrícola?

Con los subproductos agrícolas y ganaderos, y mediante los diferentes procesos de tratamiento de residuos agroindustriales, se pueden transformar en bioproductos que puedan reutilizarse en explotaciones hortofrutícolas.

Los nutrientes reciclados son una categoría distinta e importante de materias primas secundarias, respecto de las cuales es necesario elaborar normas de calidad. Están presentes en los residuos orgánicos, por ejemplo, y se pueden devolver al suelo

como fertilizantes. Su uso sostenible en la agricultura reduce la necesidad de fertilizantes minerales, cuya producción tiene efectos negativos para el medio ambiente y depende de la importación de roca fosfatada, un recurso limitado.

Actualmente con los restos vegetales se puede conseguir nueva materia orgánica para mejorar la calidad del suelo. Es lo que se conoce como enmienda orgánica. Pero podemos mejorar esta enmienda con una mezcla apropiada de diferentes restos vegetales que mejoren las propiedades nutricionales, e incluso que le confieran propiedades biocidas (es lo que denomina compost funcional).

De esta manera, utilizando mezclas de restos vegetales de la actividad en horticultura intensiva, junto con sus frutos no comercializables o restos de industrias agroalimentarias (zumos, conserveras, etc.), y añadiendo una fuente de carbono como poda de frutales (vid, aguacate, etc.), se obtendría una enmienda orgánica más funcional, mejorando las propiedades del suelo agrícola a nivel físico, químico y biológico. sitivos sobre la producción de los cultivos. Es decir, para conseguir suelos con más nutrientes.



CASOS DE ÉXITO

Microalgas como bioestimulantes para el tomate y el trigo

[Microclimatt](#) es un Grupo Operativo Supraautonómico que pretende contribuir de manera eficiente a combatir el cambio climático demostrando la eficacia y sostenibilidad de soluciones bioestimulantes derivadas de las algas en su aplicación a cultivos como el tomate o el trigo. Esta demostrado que las microalgas son una de las fuentes más prometedoras para el desarrollo de bioestimulantes para la agricultura gracias a su rica y diversa composición bioquímica. Si tenemos en cuenta que además son organismos fijadores de CO₂, se entiende su importancia en la mitigación del cambio climático. El proyecto desarrollará dos derivados de microalgas con actividad bioestimulante demostrando su eficacia a la resistencia al estrés hídrico y la reducción del uso de fertilizantes químicos en la agricultura.



Nutrición desde la raíz a base de hongos

La empresa palentina [Rooteco Agriculture](#) trabaja para descubrir, desarrollar y producir fertilizantes biológicos en base a hongos y bacterias que evitan patologías. El 95% de las plantas sobre la tierra tienen hongos en sus raíces que forman simbiosis y ayudan a las plantas a absorber agua y nutrientes del suelo de una manera más eficiente. Esta 'medida preventiva' de la Naturaleza es la que ha emulado esta biotecnológica para producir fertilizantes capaces de solubilizar nutrientes del suelo, como el fósforo. El producto se basa en la biotecnología y en reproducir de forma eficiente lo que la naturaleza ya realiza de manera habitual en los bosques. Esta tecnología, tal y como señala el cofundador y director científico de Rooteco Agriculture, se basa en gestionar los suelos y los microorganismos existentes en ellos, con la meta de naturalizar los terrenos agrícolas y hacerlos más sostenibles. En concreto, los productos de Rooteco no se asientan en aportar nutrientes a los suelos, sino en conseguir que las plantas sean más eficientes en la absorción de agua y minerales mediante los hongos.



Las algas y el plancton como bioestimulantes

La compañía de biotecnología [AlgaEnergy](#) ha presentado en la última edición de Fruit Attraction sus nuevas marcas DynaMix y ResilBio, las nuevas gamas de la firma centradas en su propuesta de bioestimulación a base de fitoplancton para aplicación foliar y al suelo, respectivamente. Una respuesta a los principales retos que enfrenta el sector agrícola, como la degradación de los suelos, el encarecimiento de los insumos y los episodios de estrés abiótico entre los que tienen especial relevancia la sequía y las altas temperaturas. La empresa asegura que “este es solo el principio de este nuevo planteamiento” ya que de cara al 2023 incorporará nuevas innovaciones de cara a seguir apoyando a sus clientes.



Producen bioestimulantes a partir de grasa animal

El Instituto Tecnológico [AIJU](#) coordina el proyecto LIFE Superbiodiesel cuyo objetivo es producir bioestimulantes o fertilizantes agrícolas a partir de la grasa animal procedente de residuos cárnicos, que no pueden ser utilizados ni para alimentación humana ni animal. Una de las principales ventajas de este proyecto, además de la diversificación de fuentes de obtención de la materia prima, es la utilización de un proceso alternativo para obtener aminoácidos, que reduce al menos en un 96% el consumo de agua, con respecto al proceso convencional. Además, otra de las ventajas del proyecto, es que, para obtener la misma estimulación de la planta, con los bioestimulantes obtenidos se requiere entre 2 y 10 veces menos cantidad que con las disoluciones comerciales.



04

Por un *packaging* ecoeficiente

Desarrollar y aplicar una buena estrategia logística mediante soluciones de envasado y de embalaje sostenible que faciliten el *packaging* a lo largo de toda la cadena de distribución, y que además aceleren la economía circular será, sin duda, uno de los principales retos industriales a lograr en los próximos años.

Por tanto, añadir el valor de la sostenibilidad en el *packaging* se convierte en una prioridad tanto para la industria del envasado, como para los fabricantes, sin olvidarnos del propio consumidor, que demanda cada vez más este tipo de soluciones sostenibles.

Las empresas ven, así, la necesidad de abordar la implantación de un nuevo modelo productivo basado en la economía circular, donde los materiales usados para la fabrica-

ción de envases y embalajes promuevan la aceleración de la circularidad para una mayor sostenibilidad.

Hay, por tanto, que buscar materiales más sostenibles. En el caso de los envases, se están desarrollando nuevos materiales compostables, que una vez utilizados se pueden descomponer para obtener productos aptos para la agricultura. Existen también soluciones, como los envases activos y los inteligentes, que contribuyen reducir el desperdicio alimentario.

La [normativa europea](#) establece que para 2030 todos los envases deberán ser reutilizables, reciclables o compostables. Administración, empresas y consumidores debemos ser conscientes de que la economía debe imitar los procesos cíclicos de la naturaleza.



Hay, por tanto, que buscar nuevos materiales biodegradables como los bioplásticos. Desde los nuevos biodegradables a los compostables; de los funcionalizados con nanopartículas para mejorar sus propiedades y limitar sus capas, a los inteligentes que consiguen dotar de un valor diferencial al producto. En todos los casos, sostenibilidad y seguridad se barajan como las dos caras que están interrelacionadas y que permiten avanzar en las soluciones del plástico del futuro

Cada vez el ciudadano valora más y exige a los productores la utilización de menos plásticos y empaquetados más ecológicos.

Fabricar, usar y tirar es una línea que hay que romper. Y para eso, el ecodiseño se convierte en la primera gran necesidad: pensar en cómo adaptar fácilmente el producto de hoy a todas las vidas que tendrá mañana.



CASOS DE ÉXITO

Envase biodegradable producido a partir de algas

Se llama AlgaEcopack y es el primer prototipo de envase sostenible para frutas y verduras hecho con algas. Este nuevo embalaje es fruto de un proyecto de investigación impulsado por investigadores de la [Universidad de Cádiz](#) y la empresa spin off de la UCA Futuralga. Un proyecto de economía circular que permite reciclar un residuo vegetal como son las algas (arribazones), que se acumulan en las playas gaditanas y que suponen un grave perjuicio para los ayuntamientos, y transformarlas en bandejas totalmente biodegradables para el transporte y la comercialización de productos hortofrutícolas, sustituyendo el poliestireno expandido y cumpliendo los estándares normativos europeos. En definitiva, estos envases hechos a base de algas supondrán un valor añadido para la agroindustria gaditana, además de cumplir con una importante labor medioambiental y, asimismo, aportar una solución al problema de las algas acumuladas en las playas de la provincia, que perjudican a otro pilar socioeconómico de Cádiz como es el sector turístico.



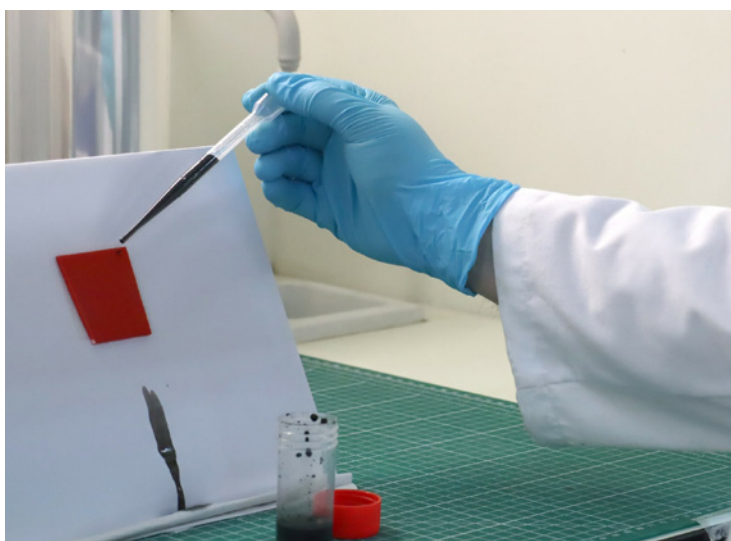
Una resina de restos de tomate protege el interior de las latas de conserva

Un equipo de investigadores del [CSIC, junto a la Universidad de Sevilla](#) ha desarrollado resinas de orujo de tomate para recubrir la parte interior de envases metálicos de alimentos, latas de conservas y bebidas, entre otros. Para ello, han reutilizado los subproductos que se producen después de procesar el tomate para hacer gazpachos, salsas o zumos y que está formado por semillas, pieles y pequeños restos de ramas. Hoy día, el orujo de tomate se elimina como residuo sólido, se quema, o, en una pequeña proporción, se destina para alimentación animal por su bajo valor nutricional. Entre sus principales características, esta resina biológica e inocua para el medio ambiente procedente de los residuos del tomate repele el agua, se adhiere firmemente al metal de la lata que recubre y presenta propiedades anticorrosivas frente a la sal y cualquier líquido. Tras realizar pruebas con comida simulada, el próximo paso es probar su eficacia en latas y envases que contengan alimentos reales y evaluar su aplicación industrial.



Embalajes que repelen la suciedad para poder ser reutilizados

El centro tecnológico [ITENE](#) ha desarrollado tratamientos superficiales que reducen la adhesión de materiales y permiten mejorar el vaciado de envases de plástico y evitan que se manchen, lo que contribuye a mejorar su reciclabilidad y reutilización y a reducir el desperdicio alimentario. Estos desarrollos se han alcanzado en el proyecto BIOSURFINK 2022 con el objetivo de desarrollar un tratamiento de superficies mediante modificación superficial para obtener soluciones de fácil limpieza o autolimpieza y fácil vaciado. Se ha trabajado con materiales aptos para contacto alimentario para desarrollar superficies con propiedades de alta repelencia". De este modo, se ha conseguido obtener poliolefinas con propiedades de autolimpieza y/o fácil limpieza para su uso en cajas de transporte reutilizables. Además mediante tratamientos en vía húmeda, se trabajó sobre PET (tereftalato de polietileno) para disminuir la adhesión de fluidos viscosos, lo que ha permitido aumentar la repelencia a agua y aceites de este material plástico.





Recubrimiento vegetal para frutas y hortalizas que evita el plástico

La firma valenciana [Citrosol](#), en colaboración con la neerlandesa Jaguar Fresh Company, ha desarrollado PlantSeal, la alternativa 100 % vegetal a la envoltura de frutas y hortalizas con films plásticos. El PlantSeal es el recubrimiento vegetal certificado para la agricultura orgánica (UE) y apto para el consumo vegano, como mejor solución para reemplazar el film plástico. Este recubrimiento no contiene ningún componente plástico y tiene un elevado control de la pérdida de peso y de los manchados por daño por frío, retrasando el envejecimiento de la fruta por reducción de la transpiración y la respiración, de manera que la calidad del fruto queda totalmente intacta. Actualmente ya se está aplicando a nivel industrial y están llegando los primeros contenedores a su destino y es que, "gracias a este recubrimiento, se evita el uso de más de 4.000 kilos de plástico cada 100 contenedores de fruta y permite el acceso de las frutas a todos aquellos mercados que cuentan con limitaciones y exigencias en el uso de plásticos", señalan desde la firma valenciana.

Bio2Coat, embalajes comestibles para evitar el plástico

La startup catalana [Bio2Coat](#) ha desarrollado unos recubrimientos y envases comestibles para la conservación y el empaquetado de productos alimenticios. Elaborados a partir de ingredientes y excedentes de la cadena alimenticia como vegetales, fruta, hortalizas o tubérculos, junto con ingredientes minoritarios procedentes de fuentes naturales; obtiene un material de fuente biológica en forma de filme que tiene las propiedades para conservar los alimentos y, al mismo tiempo, ser comestible. De esta manera, el producto generado por Bio2Coat permite reducir el despilfarro alimentario y la generación de residuos como el plástico. Este nuevo recubrimiento crea una barrera ante el oxígeno y la humedad para mantenerlas más tiempo en buen estado y mejorar su aspecto visual, dotándolas de una segunda piel totalmente comestible y que no es apreciable con respecto al sabor o su olor.

Este nuevo recubrimiento crea una barrera ante el oxígeno y la humedad para mantenerlas más tiempo en buen estado y mejorar su aspecto visual, dotándolas de una segunda piel totalmente comestible y que no es apreciable con respecto al sabor o su olor.





DESPERDICIO ALIMENTARIO

Los residuos alimentarios constituyen una creciente preocupación en Europa. En la producción, la distribución y el almacenamiento de alimentos se utilizan recursos naturales que repercuten en el medio ambiente. Tirar alimentos que aún son comestibles aumenta dicha repercusión y provoca pérdidas financieras para los consumidores y la economía. Los residuos alimentarios también pueden verse desde un importante ángulo social: debe facilitarse la donación de alimentos que aún son comestibles pero que, por razones logísticas o de comercialización, no pueden ser comercializados.

En septiembre de 2015, en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible de 2030, la [Asamblea General de las Naciones Unidas](#) adoptó un objetivo de reducir a la mitad los residuos de alimentos por habitante a nivel de los consumidores y de los minoristas, así como de reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de las cadenas de producción y de suministro.

Los residuos alimentarios se producen a lo largo de toda la cadena de valor: durante la producción y la distribución, en tiendas, restaurantes, establecimientos de comidas para colectividades, y en casa.

CASOS DE ÉXITO

Aditivo antibacteriano basado en las abejas para alargar la vida útil de los alimentos

Avanzar en soluciones innovadoras para reducir las toneladas de comida que se tiran a diario en el mundo, y así restaurar y construir mejores sistemas alimentarios con capacidad de resiliencia, es el propósito de la startup chilena científica [BeeTechnology](#), la joven compañía desarrolló un biosanitizante que puede aplicarse en todo tipo de alimentos, capaz de eliminar las bacterias que causan la descomposición de la comida. Inicialmente desarrollaron esta tecnología para controlar la presencia de bacterias en la crianza y



cuidado de abejas. Pero con estudios bioinformáticos, han conseguido aplicarlo en granos, semillas, verduras e incluso en proteína animal. Se trata de un aditivo alimentario que funciona como un antibacteriano orgánico que no deja residuos en los alimentos, y se aplica en formato líquido (spray) o sólido (polvo), para controlar la contaminación bacteriana. Aseguran que su desarrollo en carne, “observamos un mejor desempeño que otros ácidos orgánicos, aumentando en 6 días la vida útil del alimento, y controlando la presencia de Salmonella y E. coli”

Aimplas obtiene un film plástico a partir de residuos de café

El Instituto Tecnológico del Plástico [Aimplas](#) ha obtenido un film plástico a partir de posos de café usados, gracias a un proyecto europeo que busca convertir residuos orgánicos urbanos en aditivos alimentarios, condimentos, proteínas de insectos, bioetanol, biosolventes y bioplásticos para envases. Los posos de café usados también se están transformando en aceites y aditivos de comida y piensos, tres vías para valorizar el residuo



del café, según un comunicado de la entidad tecnológica. El film plástico biobasado producido por Aimplas se ha conseguido a partir de PHA procedente de posos de café de restaurantes recogidos por Biobean (UK). En primer lugar, Aimplas ha formulado el PHA para que sea procesable mediante extrusión y, después, ha fabricado el film que servirá para conformar distintos tipos de envases flexibles.

Un sensor inteligente que ‘huele’ la vida útil de los productos

[Altered Carbon](#) es una startup británica que ha desarrollado un sensor multimatriz, utilizando grafeno que ha combinado con IA para identificar determinados grados de olor que componen lo que llaman ‘huella digital’. Así puede detectar mezclas complejas de olores que se pueden utilizar para monitorizar la vida útil y así evitar el desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de valor. Su tecnología de sensores escalables se puede adaptar rápidamente a aplicaciones específicas y detectar mezclas de gases complejos y COV. Necesita muy poca energía. Se puede integrar en equipos cotidianos, como un dispositivo inteligente.



05

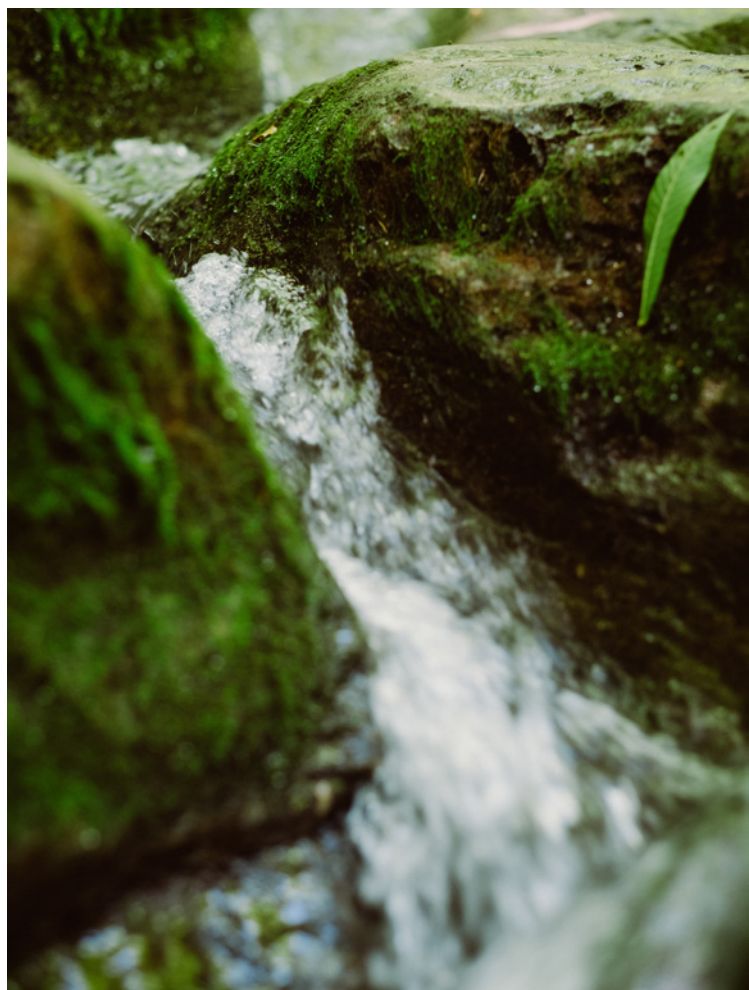
Agua, el elemento más circular

El impacto sobre el recurso agua como consecuencia del cambio climático va a provocar serios problemas de escasez en el futuro a corto plazo. El [proyecto Impressions](#) de la UE pronostica una fuerte disminución de la precipitación, al menos, en la mitad sur Península Ibérica como consecuencia del cambio climático.

“Esta nueva repercusión en el ciclo hidrológico produce un aumento de las temperaturas lo que supone un incremento de la evaporación, la evapotranspiración y disminución la humedad del suelo, todo ello incidiendo en la disminución de la disponibilidad del agua, que se ve agravada por las variaciones de la demanda procedentes de la acción antrópica, pudiendo quedar mermada la disponibilidad del recurso hídrico en cantidad y calidad suficiente, fenómeno que se agrava en los países con clima mediterráneo como España”.

Es imperativo, por tanto, **mejorar la eficiencia del uso del agua en los ciclos productivos, para reducir su demanda mediante los instrumentos de la política del agua, como la planificación hidrológica y la gestión sostenible de los recursos hídricos**, pero también a través de los instrumentos propios de una economía circular. Y, de esta forma, abordar la pérdida de biodiversi-

La reutilización del agua para riego agrícola puede ayudar a promover la economía circular al recuperarse nutrientes de las aguas.



dad en los ecosistemas acuáticos, evitar su contaminación y reducir los impactos asociados al cambio climático.

Como en tantos sectores clave, la circularidad ofrece un horizonte de posibilidades presentes y futuras para garantizar el suministro de agua. La regeneración de este recurso es una de las estrategias clave en todas las agendas de transformación. Este proceso supone someter el agua depurada a un nuevo tratamiento, para que pueda ser devuelta a ríos y acuíferos, donde comienza de nuevo, en óptimas condicio-



nes, el ciclo de captación, o se puede emplear para nuevos usos, desde el suministro urbano (por ejemplo, para el riego de jardines y parques o la limpieza de calles) a la industria pasando, por supuesto, por la agricultura (riego de campos).

A esto se le debe unir el empleo de otras fuentes de agua, como por ejemplo la recarga de acuíferos, los humedales o la obtenida en la mejora de los caudales ecológicos de los ríos. La reutilización del agua es fundamental en el proceso de implantación de la agricultura circular.

CASOS DE ÉXITO

Mejorar el riego por goteo con el agua residual de las almazaras

Uno de los residuos que generan las almazaras es el agua residual que procede del lavado del fruto en patio y de la limpieza de la propia industria, así como del lavado del fruto en centrifugas verticales. Ahora el Grupo Operativo (G.O.) [Subalma](#) trabaja para generar alternativas que favorezcan una mejora sustancial de las prácticas sostenibles y de la economía

circular en la industria del olivar, permitiendo el aprovechamiento de los subproductos líquidos de la producción de aceite en los sistemas de riego de precisión, en concreto, en los sistemas de riego por goteo subterráneo (RGS). Es decir, aprovechan el residuo de almazaras como fertilizante gracias al uso combinado de nano burbujas con alpechín como fertilizante natural en sistemas tecnificados de riego por goteo subterráneo, con el principal objetivo de evitar la obturación de los goteros. El objetivo del proyecto es favorecer estas estrategias apostando por modelos más eficientes en el uso de recursos que aplican los productores para conseguir una agricultura más resistente al cambio climático.



Lechugas más grandes y sostenibles gracias a la bioponía

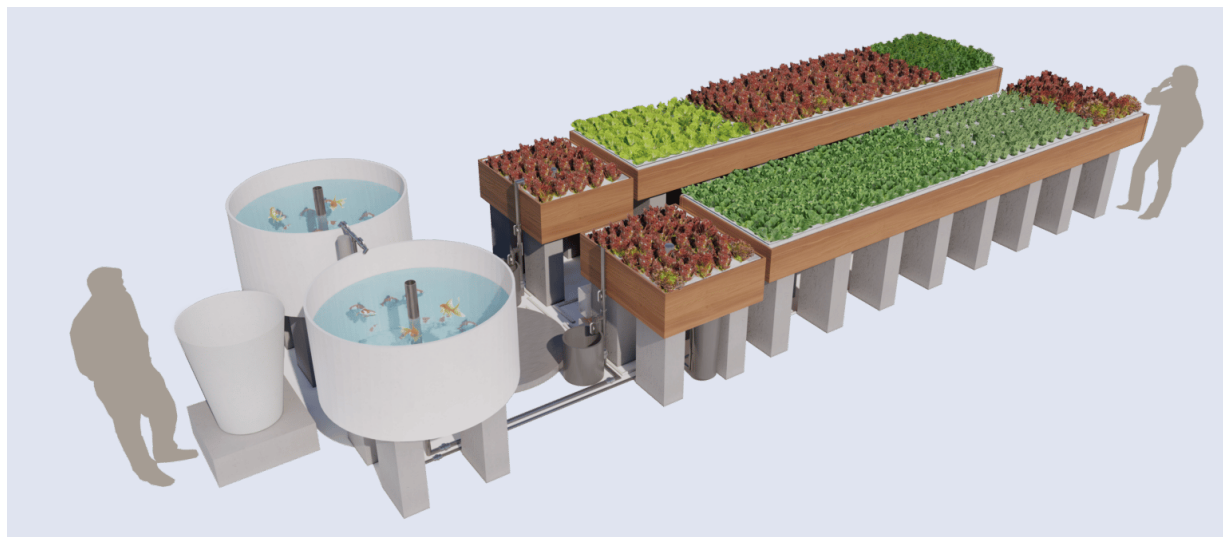
El centro tecnológico [Neiker](#) ha logrado, gracias a la bioponía, un sistema que combina la hidroponía -cultivos sin suelos- con fertilizantes orgánicos en lugar de minerales, lechugas un 20 % más grandes que las obtenidas mediante cultivos hidropónicos. Con la bioponía se sustituyen los fertilizantes minerales por orgánicos, reduciendo así la emisión de CO2 a la atmósfera. Este sistema es más respetuoso con el medio ambiente ya que libera nutrientes orgánicos y genera una solución rica en bacterias, levaduras y hongos, microorganismos que favorecen el crecimiento de las plantas. Además de generar productos de mayor tamaño, este método permite sustituir por completo los fertilizantes creados a base de reacciones químicas por los naturales y, por lo tanto, reducir la huella de carbono e incrementar la sostenibilidad de la producción de vegetales.

Primera granja de acuaponía: cultivar verdura y criar peces

[Green in Blue](#) es la primera empresa de Cataluña dedicada 100 % a la acuaponía, un ecosistema de producción innovador y sostenible que combina el cultivo de peces y ve-



getales. Se basa en un proceso biológico que transforma los desechos de los peces en un fertilizante natural y permite cultivar plantas de alta calidad, más rápido y usando menos recursos que los métodos convencionales. Además de reducir considerablemente la huella de carbono, y con un consumo de agua 10 veces menor, sin fertilizantes ni nutrientes de origen inorgánico, aseguran que este sistema de producción potencia las características de los vegetales dotándoles de mayor textura y frescura. Con la visión de acelerar el desarrollo de esta alternativa de cultivo circular, Green in Blue ofrece servicios de diseño, implementación y asesoría para proyectos de acuaponía a nivel internacional.



INVERNADEROS INTELIGENTES

El control, tratamiento, aprovechamiento y circularidad de los recursos hídricos obtienen su más claro exponente en los invernaderos inteligentes. España puede y debe presumir de los grandes avances que ha desarrollado en esta materia.

Los invernaderos inteligentes son ‘espacios’ que crean y controlan el ambiente adecuado para el desarrollo de los cultivos de manera autónoma, mediante el uso de sensores, actuadores y sistemas de

monitoreo. Estos invernaderos mejoran los resultados de la cosecha, ahorran tiempo y disminuyen los costes de la mano de obra. Además, los invernaderos inteligentes pueden integrar tecnología con inteligencia artificial y biotecnología, usando productos biológicos como biofungicidas, biobactericidas o biofertilizantes, para producir hortalizas de forma sustentable e inocua. Gracias a esos sistemas se puede reducir el consumo de agua hasta en un 40%. En muchos casos el agua, además de para regar, puede emplearse para refrigerar la estructura aumentando el ahorro energético.



CASOS DE ÉXITO

Novagric: invernaderos para cultivo en vertical

Vertical Sunning es un nuevo proyecto de investigación para la producción de alimentos en vertical sin iluminación artificial de [Novagric](#) en colaboración con Tecnalía. Su objetivo principal es el desarrollo de un nuevo modelo de producción de alimentos en vertical sin iluminación artificial, que priorice el acceso y distribución de la radiación solar, con sistemas de climatización de bajo consumo energético y utilizando el agua y la luz solar como base para reducir la huella de carbono. Utiliza materiales modulares y ligeros en forma de Rack móviles que se desplazan para aprovechar el espacio, variando la disposición de los cultivos siguiendo la trayectoria de la luz del sol. El sistema de riego es mediante hidroponía, reduciendo hasta un 50 % el consumo de agua frente a otros sistemas de riego en cultivos en sustrato. Ya han comenzado a producir no solo plantas aromáticas o lechugas sino incluso fresas, pimientos y tomates.



Sensores e IA para optimizar el rendimiento en invernaderos

El uso de la tecnología digital y la inteligencia artificial piden paso para abrirse camino en el trabajo de los invernaderos. Un ejemplo lo encontramos en la empresa almeriense [“Invernadero Inteligente \(Smart Inver\)”](#), que cuenta con un equipo de sensores capaces de recoger niveles de radiación, concentración de CO₂, humedad o temperatura. Una ingente cantidad de información que se actualiza cada 15 minutos y que permite determinar con precisión la posibilidad de la aparición de plagas y enfermedades; o saber cuándo hay un nivel de radiación óptimo para que las plantas realicen la fotosíntesis y facilitar así su crecimiento. Toda la información se recoge a través de una app que permite controlar el invernadero a distancia desde el móvil. Cuenta con sistema de control remoto de riego y dispone de más de 30 alarmas para tener monitorizado en tiempo real los cultivos.

06

Agrivoltaica: energía y cultivos que se retroalimentan

Otro aliado para la agricultura circular son las energías renovables, por lo que el sector agrícola debe adaptar sus fuentes de energía para incorporar opciones que procedan de fuentes renovables.

En este sentido, el riego solar fotovoltaico se erige como un potente aliado para la agricultura de regadío. Este tipo de riego, muy implantado ya en nuestro país, aprovecha la energía solar para alimentar los sistemas de bombeo y eléctricos de las instalaciones de riego de las explotaciones. También la energía eólica (considerando especialmente

la minieólica) puede ser una buena opción para estos planteamientos.

CASOS DE ÉXITO

Módulos fotovoltaicos transparentes que permitirán a cada cultivo una absorción de luz a medida

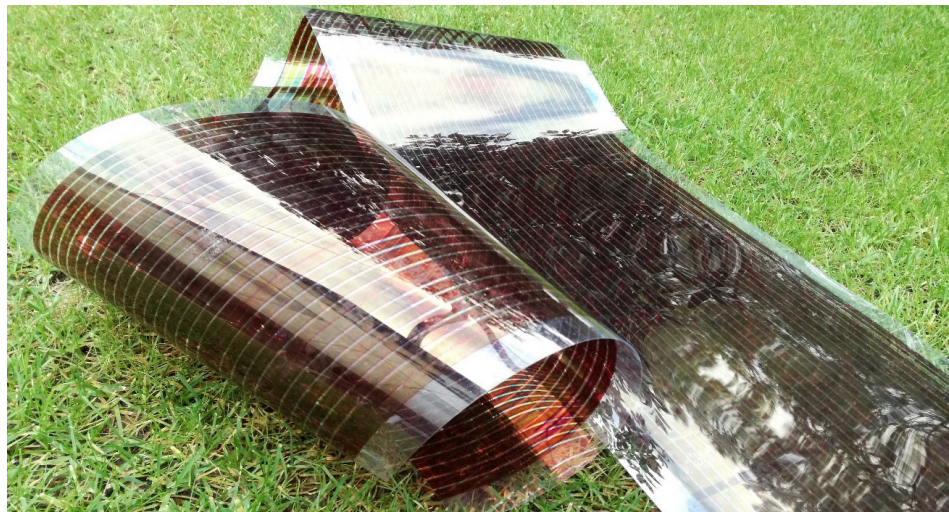
El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) participa en un proyecto para compatibilizar la instalación de campos fotovoltaicos y la producción agrícola gracias al desarrollo de módulos orgánicos semitrans-



parentes. Se trata del proyecto [Synatra \(Synergistic architectures for next gen agrivoltaics incorporating Transparent organic solar modules\)](#), que emplea materiales orgánicos que permiten una tecnología semitransparente en la que la planta recibe la parte del espectro solar que necesita para crecer, y el resto se emplea para generar electricidad. Trata de proporcionar las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas: intensidad luminosa, difusión de la luz y composición de la luz (espectro) controladas, cobertura homogénea de las zonas de cultivo y protección mecánica contra elementos agresivos como el granizo, el viento o la lluvia.

Paneles solares en el viñedo para generar energía fotovoltaica

El Grupo Operativo (G.O.) Integración fotovoltaica simbiótica en viñedos ([Enovoltaics](#)) han puesto en marcha un proyecto que plantea la instalación de paneles solares integrados en espalderas de la vid, generando así un valor añadido a través de un doble uso del suelo, en la producción de uva de vino y, al mismo tiempo, de energía solar fotovoltaica. La pretensión es “obtener una producción de unas 150 botellas de vino en cada una de las plantaciones bajo las condiciones previstas en el proyecto de integración de los paneles solares en los viñedos, evaluando las diferencias en la producción con otros



en condiciones normales”. Para ello se plantea una segunda fase de monitorización en la que se obtendrán diversos parámetros, tanto los eléctricos de potencia generada, como de sensorización del máximo de variables que se puedan recopilar: temperatura de panel y de suelo, humedad de suelo, temperatura cercana a la vid por sus posibles efectos sobre las heladas y otros interesantes, previendo la instalación de estaciones meteorológicas en cada una de las plantaciones.



AGRICULTURA Y ENERGÍA SOLAR = AGRIVOLTAICA

La agrivoltaica es la solución que busca la máxima sinergia entre la energía fotovoltaica y la agricultura instalando paneles solares en terrenos de cultivo. El agricultor no debe optar por dedicar sus terrenos a construir un huerto solar abandonando la producción, sino que puede mantenerla e incluso optimizarla con la colaboración de la fotovoltaica. La agrivoltaica se posiciona, así, como uno de los referentes para hacer más sostenible un sector que no quiere quedarse atrás en la lucha contra el cambio climático.

La energía agrivoltaica, también conocida como agrofotovoltaica, consiste en aprovechar una misma superficie de terreno tanto para obtener energía solar como productos agrícolas. Es decir, los paneles solares conviven con los cultivos sobre la misma superficie. Esta técnica fue concebida originalmente por Adolf Goetzberger y Armin Zastrow en 1981, pero el concepto no comenzó a popularizarse hasta la década pasada.

La sombra que los paneles producen en los cultivos puede afectar a su productividad, ya que reciben algo menos de luz —aunque esto puede beneficiar a ciertos cultivos—, pero la producción de energía se encarga de compensar esta pérdida. Según un estudio publicado por [Nature](#), con que solo un 1 % de los terrenos cultivables se dedicaran a la producción de electricidad solar, sería posible compensar la demanda mundial de energía.

Con la agrivoltaica se puede conseguir dar una segunda vida a terrenos abandonados, degradados o de productos de baja rentabilidad, ya que, al colocar las placas solares a una determinada altura del suelo, debajo de ellas se puede sembrar un nuevo cultivo, beneficiándose así de la sombra que proporcionan las placas solares, y de la protección que estas dan a los cultivos frente a animales salvajes o a las condiciones meteorológicas adversas, así como también beneficiarse de su energía para abastecer las necesidades energéticas de las explotaciones.

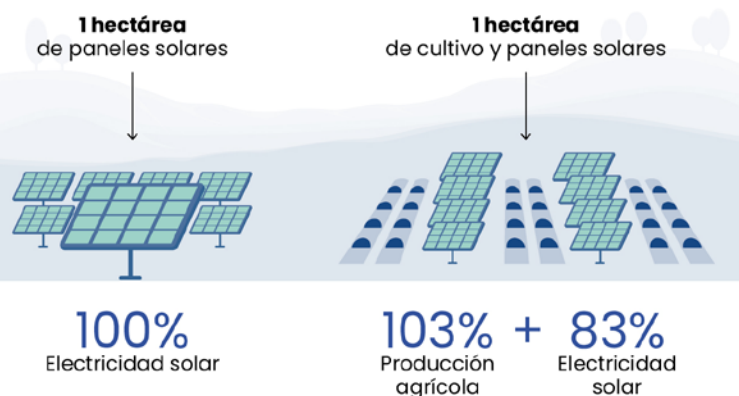
La energía agrivoltaica y su eficiencia

Gracias a la aplicación combinada de agricultura y energía fotovoltaica, la eficiencia del uso de la tierra con el sistema agrovoltaico es del 186%

Uso separado del terreno de cultivo



Uso combinado del terreno de cultivo



Fuente: Iberdrola



Por ejemplo, en terrenos que antes no eran aptos para el cultivo, con la instalación de paneles solares sí pueden serlo, ya que estos paneles modifican las condiciones de luz reduciendo la radiación solar excesiva, el calor, la sequía, así como también protegiendo el cultivo de las fuertes lluvias, granizo o nieve.

CASOS DE ÉXITO

Agrivoltaicas, las instalaciones doble propósito

[Powerfultree y Repsol](#) se han aliado para explorar proyectos con tecnología agrivoltaica en España. Se trata de una rama que trata de conciliar el objetivo de desarrollo de las renovables, en concreto la fotovoltaica, sin que cambie el uso principal del suelo sobre el que se asienta, el uso agrario y ga-

nadero, en suma, la producción de alimentos. Los parques agrivoltaicos son un nuevo concepto de parque en el que se combinan las explotaciones agrícolas y los parques fotovoltaicos en un mismo emplazamiento. Es decir, se intermedia en la competencia por la ocupación del suelo entre las explotaciones agrícolas y los parques fotovoltaicos, combinando las dos actividades. La ubicación de los paneles fotovoltaicos sobre el cultivo genera una sombra inteligente que puede ser modificada mediante un seguidor solar para proporcionar la cantidad de radiación necesaria para el cultivo que se encuentra debajo. Estos paneles también pueden proteger de condiciones meteorológicas extremas, como el granizo o las lluvias torrenciales. Además, reducen la variación de temperatura bajo ellos, protegiendo de las altas temperaturas durante el día y de las bajas durante la noche.

WINESOLAR, las viñas agrovoltai- cas

En Guadamur, Toledo, Iberdrola ha puesto en marcha un proyecto que unirá el sector vitivinícola con las energías renovables. Se trata de [Winesolar](#), una iniciativa para adaptar los módulos de un parque fotovoltaico a las necesidades de los viñedos de González Byass y Grupo Emperador, y que se ha llevado a cabo gracias al programa de startups Perseo y a Techedge y PVH, diseñadores del proyecto. Winesolar funciona así: los módulos pueden adaptarse, regulando la sombra de los paneles solares para aplicar mejor la incidencia del sol y la temperatura a las viñas. De este modo, se podrá mejorar la calidad de la uva, se obtendrá un mejor uso del terreno, se reducirá el consumo de agua de riego y se mejorará la resistencia de los viñedos toledanos a las olas de calor. El proyecto, "la primera planta agrovoltaica inteligente de España", según Iberdrola, contará para realizar estos objetivos con una serie de seguidores que serán controlados por diferentes algoritmos de inteligencia artificial. Estos, a su vez, lo harán determinando en cada



momento la mejor posición para las placas solares encima de las viñas.

Desde cultivos subtropicales a setas

Transición Energética Solar ([Tranesol](#)), empresa centrada en el desarrollo de proyectos fotovoltaicos, y [Sapiens Energía](#), cooperativa sin ánimo de lucro especializada en la creación y gestión de comunidades energéticas, han creado una Comunidad de Energía Renovable Agrivoltaica, con el objetivo de combinar cultivos agrícolas con paneles solares en altura para mejorar la eficiencia en el uso de terrenos, al tiempo que se genera ener-

gía que permite abastecer no solo las necesidades de los agricultores, sino de usuarios ubicados en un radio de 50 kilómetros de la planta productora. Las placas están a unos 4 metros de altura en algunas zonas, de tal manera que no ejerce de impedimento en las tareas de cultivo. En la tierra se está trabajando con cultivos innovadores que proporcionen una mayor rentabilidad, como por ejemplo productos subtropicales, y cultivos de setas. Al tratarse de cultivos que no necesitan excesiva luz, los agricultores pueden techar el campo con paneles solares.



07

Conclusiones

Al ritmo actual, se estima que para 2050 serán necesarios dos planetas para satisfacer las necesidades de consumo, y que el uso de materiales se duplicará para 2060, según [OECD, Global Material Resources Outlook](#).

La economía circular se propone, por tanto, como un camino para crear procesos de producción y consumo sostenibles para la economía mundial. Sin embargo, **alcanzar ese objetivo será un reto que deberán atravesar de la mano el sector público, el sector privado y la sociedad civil.**

La transición hacia una economía circular no es uniforme y varía en función de una serie de factores como el grado de industrialización, el nivel de desarrollo tecnológico, la disponibilidad de recursos humanos cualificados y el acceso a la financiación, entre otros. Esto

destaca la importancia de las estrategias y los planes concebidos en función del contexto.

Este tipo de economía cuenta aún con significativas trabas para su desarrollo. Para favorecer su expansión se necesita que se lleve adelante una regulación que promueva estas iniciativas, y se otorguen financiaci-ones para la implementación de proyectos sustentables de economía circular, principal-mente para las pequeñas y medianas em-presas. Al mismo tiempo, existe en muchos casos una barrera tecnológica que superar para poder transformar los residuos en ma-terias primas.

Es necesario un modelo que desvincule el desarrollo económico global del consumo de recursos finitos y que permita el desarro- llo de procesos productivos más eficientes.





Establecer instrumentos normativos, financieros y fiscales, de innovación y desarrollo, de educación y sensibilización, así como estrategias y planes de acción son fundamentales para impulsar un nuevo modelo de producción y consumo más sostenible.

La transición hacia una economía circular constituye un cambio sistémico, para toda la cadena de valor. Además de las acciones específicas que afectan a cada una de las fases de la cadena de valor y los sectores clave, es necesario crear las condiciones en que la economía puede prosperar y los recursos pueden movilizarse.

La innovación es un elemento clave de este cambio sistémico. A fin de reconsiderar nuestra manera de producir y consumir, y de transformar los residuos en productos de alto valor añadido, necesitaremos **nuevas tecnologías, procesos, servicios y modelos empresariales** que conformarán el futuro de nuestra economía y nuestra sociedad. Por lo tanto, el apoyo de la investigación y la innovación será un factor importante para alentar la transición y, además, contribuirá a la competitividad y a la modernización de la industria.

Referencias bibliográficas

Economics of Natural Resources and the Environment

<https://www.jstor.org/stable/3146419>

Fundación Ellen MacArthur

<https://ellenmacarthurfoundation.org/>

Objetivos universales para políticas de economía circular. Habilitando una transición a gran escala (Fundación Ellen MacArthur)

<https://emf.thirdlight.com/file/24/LfW5VnN-LkHmazSLfaw6LVTICE/%5BES%5D%20Univer-sal%20circular%20economy%20policy%20goals.pdf>

Financiamiento de la Economía Circular: Aprovechando la Oportunidad (Fundación Ellen MacArthur)

<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/finance/overview>

Plan de acción de la UE para la economía circular

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>

Estrategia Española de Economía Circular “España 2030” (EEEC)

https://www.miteco.gob.es/images/es/180206economicircular_tcm30-440922.pdf

Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los envases y los residuos de envases

<https://www.boe.es/doue/2018/150/L00141-00154.pdf>

Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Proyecto Impressions (UE)

<https://cordis.europa.eu/article/id/255169-analysing-complex-socioeconomic-interactions-to-improve-our-ability-to-tackle-climate-change/es>

El potencial de energía solar fotovoltaica es mayor en las tierras de cultivo (Nature, 2019)

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-47803-3>

OECD, Global Material Resources Outlook

<https://www.oecd.org/env/global-material-resources-outlook-to-2060-9789264307452-en.htm>

AgroBankTech

Digital INNOvation

ABRIL 2023

Agrifocus:

Nada se pierde,
todo se transforma



AgroBank

INNSOMNIA
Innovators that dream

