



Biorrefinerías

Las grandes aliadas para una cadena alimentaria sostenible

✦ Miguel Carmona Cabello, M^a del Pilar Dorado Pérez y Sara Pinzi

*Departamento de Química, Física y Termodinámica Aplicada
Universidad de Córdoba*

Resumen: En este artículo, sus autores analizan nuestro sistema alimentario mostrando sus aspectos positivos, pero también los daños colaterales que provoca. Uno de ellos es el desperdicio de alimentos (más de un tercio de los alimentos producidos acaban en el vertedero). Sin embargo, los autores señalan que es posible crear una industria agroalimentaria más sostenible, y proponen para ello el modelo de las biorrefinerías. Este modelo, inspirado en las refinerías petrolíferas, se basa en dos principios: economía circular y química verde. El objetivo de este artículo es transmitir la necesidad de cambiar nuestro estilo de consumo y mostrar el potencial de la tecnología sostenible.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, Economía circular, Producción alimentaria, Residuos.

El desarrollo industrial, la globalización y nuestra capacidad logística ha convertido a la humanidad en una civilización próspera, cuya población crece a un ritmo exponencial. Parte de este logro se debe a la alimentación. La humanidad ha sido capaz de desligarse de la cadena alimentaria que los ecosistemas le imponían y ha transformado su ecosistema para crear su propia cadena. Sin duda, esto ha sido un paso adaptativo sin precedentes, pasando de “ser devorados” a literalmente “devorarnos el planeta”.

Nuestro sistema actual de alimentación es el más seguro de la historia. Las probabilidades de enfermar o morir son muy bajas, al menos en los países del “primer mundo”. Pero el afán de incrementar sin límite la capacidad de la cadena alimentaria tiene su *cara b*, su letra pequeña. En este artículo analizaremos los daños colaterales de nuestro modelo de bienestar y de producción de alimentos, y veremos cómo estos daños pueden verse como importantes oportunidades.

Para ello, debemos centrar el debate y discutir nuestro modelo de consumo. Para ello nos ayudará Homer Simpson” (icono de los años 1990), quien, sin duda, es un magnífico ejemplo del hombre moderno medio, cuya dieta, desde un punto de vista calórico, puede rondar entre las 2.500 y las 3.000 calorías. Ingiere gran cantidad de productos procesados, carne e hidratos de carbono, y, en menor medida, productos vegetales y frutas. Además, a Homer, como bien sabemos, le chifla ir a restaurantes y mejor aún si es a un buffet. Homer no lo sabe, pero su estilo de vida no sólo es peligroso para la salud, sino que supone un enorme problema de residuos.

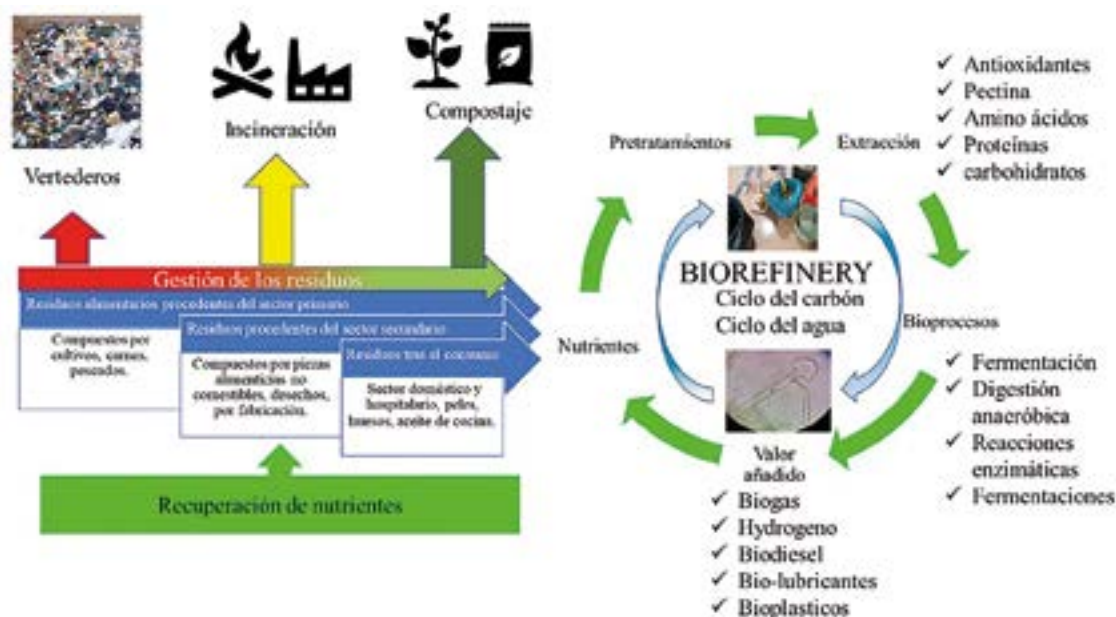
Según la FAO, más de un tercio de la producción anual de alimentos es desperdiciada, es decir, un total de 2.96 Giga toneladas por año (Priefer, Jörissen and Bräutigam, 2013). La suma de muchos “Homers” supone una huella ambiental de unos 3.3 Giga toneladas de CO₂ equivalentes, además de una pérdida de agua cercana a 250 km³ y la pérdida de 1.4 billones de hectáreas de tierra cultivable.

Además, estos alimentos vienen, en muchas ocasiones, envueltos en plásticos (Scialabba, 2016). En un estudio reciente se ha estimado que la producción total de residuos plásticos en el mundo asciende a 8.300 millones de toneladas, de las que solamente el 9% se recicla y el 12% se incinera, mientras que el 79% se suele acumular en vertederos o entornos naturales, con las consecuencias desastrosas que esto conlleva para el medio ambiente, sobre todo para los ecosistemas marinos. Con respecto a los residuos orgánicos podemos clasificarlos por su origen, es decir, si vienen del sector primario, de su distribución o de su consumo directo, o también podemos clasificarlos según su fase, es decir, si son sólidos o líquidos (Geyer, Jambeck and Law, 2017; Carmona-Cabello, 2018).

RESIDUOS ALIMENTARIOS

Los residuos alimentarios son definidos como todos aquellos alimentos comestibles o no comestibles, que se desechan en cualquier paso de la cadena alimentaria (Carmona-Cabello, 2018). Sin embargo, estos residuos no se generan de la misma forma a lo largo de la cadena, por lo que se debe estudiar cada una de las etapas y analizar las razones por las que se producen estos residuos. El conocimiento de dichos procesos nos ayudará a reducir su generación y a desarrollar modelos de

FIGURA 1 Valorización de residuos orgánicos en función de su composición a través del concepto de la biorrefinería



Fuente: Carmona-Cabello, 2018

valorización. La Figura nº 1 resume la cadena de generación de residuos y sus alternativas de reciclaje. En este artículo la generación de residuos se dividirá en tres eslabones (Carmona-Cabello, 2018; Kearney, 2010).

Primer eslabón: sector primario y sector de manufacturación

Aunque estos dos sectores tienen sus propios procesos y pueden ser disgregados, los incluimos en el mismo apartado desde un punto de vista del reciclado y la valorización. En lo que respecta a la logística, es un hecho que el aprovechamiento de los residuos procedentes de estos procesos puede servir para la creación de consorcios que permitan generar empleo en zonas rurales contribuyendo a mitigar los efectos de la despoblación en estas áreas.

Este primer eslabón incluye las producciones agroalimentarias, cuyos residuos están formados por los desechos de plantas y frutos (como cáscaras y hojas), los animales muertos, las aguas sucias procedentes de las explotaciones agrarias, y los plásticos de los invernaderos. También podemos incluir aquellos alimentos que son desechados por no llegar a un nivel máximo de calidad, así como los excedentes de la producción. Podemos diferenciar los residuos no comestibles (aquellos cuyo descarte para uso alimentario es inevitable, como cáscaras) y los comestibles (que son los que por algún motivo han tenido que ser descartados).

En este eslabón de la cadena, lo más importante es buscar la eficiencia e interconectar todos los procesos, de tal forma que el residuo de un proceso sea la materia prima del siguiente.

Segundo eslabón: el sector de la distribución y los modos de consumo

En este eslabón incluimos todo el residuo que se genera durante el transporte, distribución, almacenaje, adquisición del producto por parte del consumidor y su manipulación. Estos residuos se generan por dos factores concretos. El primero de ellos es la pérdida de calidad en sí misma del alimento, que al descomponerse pierde su capacidad de poder ser ingerido. Los alimentos son una matriz químicamente muy compleja, expuestos a múltiples reacciones químicas y a las acciones de los microorganismos. También los alimentos son muy sensibles a condiciones externas, tales como humedad, temperatura, exposición a la luz... Como sabemos, los alimentos poseen una fecha de consumo preferente, y la industria alimentaria procura que estas fechas sean conservativas, de tal modo que muchos alimentos que aún están en condiciones de ser consumidos, se consideran que no son fiables para su consumo, y son por ello desechados.

Otro factor es el cálculo de stock. Pongamos, por ejemplo, el caso de una gran superficie, que, al calcular de forma errónea que un determinado producto perecedero (verduras, frutas, carnes, pescados...) va a venderse más de lo que en realidad se vende, se ve obligada a desechar el sobrante.



La generación de residuos se puede combatir desde dos frentes diferentes: por un lado, desarrollando sistemas de control más eficientes, evitando pérdidas en los procesos de suministro y almacenamiento; y, por otro lado, educando nuestras actitudes como consumidores, ya que nuestro comportamiento ejerce una gran influencia en el mercado y tiene gran incidencia en la generación o reducción de residuos

En este factor influye, además, aspectos relacionados con la psicología del consumidor, y que puede hacer que se generen más residuos de los previstos. Pensemos que los alimentos, más allá de su calidad, poseen una serie de características asociadas a sus propiedades organolépticas, como el olor, el sabor, el color, la forma... Nuestra tendencia natural es ir a por las manzanas más rojas, con mejor imagen y sin ningún tipo de defecto, tendiendo a despreciar aquella fruta que no se asemeja a nuestro ideal. Esta búsqueda de la "miss manzana 2021", trae consigo la pérdida de otras muchas manzanas.

En este eslabón de la cadena, la generación de residuos se puede combatir desde dos frentes diferentes: por un lado, desarrollando sistemas de control más eficientes, evitando pérdidas en los procesos de suministro y almacenamiento; y, por otro lado, educando nuestras actitudes como consumidores, ya que nuestro comportamiento ejerce una gran influencia en el mercado y tiene gran incidencia en la generación o reducción de residuos.

Tercer eslabón: de la mesa a la basura

El último eslabón incluye a restaurantes, servicios de catering y nuestra propia cocina. En este punto, y si analizamos nuestro estilo de vida, resulta que, en los últimos 50 años, hemos cambiado la forma de vivir, pasando de convivir en unidades familiares numerosas e intergeneracionales (abuelos, padres e hijos) a hogares más individualizados. Al menos en Europa, cada vez los hogares familiares son más pequeños, las personas mayores viven solas o en residencias, y los jóvenes tienden a vivir solos.

Otro aspecto importante es la distribución demográfica. Las ciudades ganan población, mientras que el mundo rural se está vaciando. La vida moderna requiere ventanas de tiempo cada vez más pequeñas para dedicarlo a procesos como cocinar. Esto ha producido un gran cambio en nuestros hábitos alimenticios: cada vez más se come más en restaurantes o comida procesada y precocinada; nuevos términos como “fast food” o “take away” se han ido haciendo hueco en nuestro acervo cultural; nuestras comidas, al ser procesadas, han ganado mayor número de calorías y nuestros platos tradicionales han sido sustituidos.

Si analizamos las causas por las que se desechan los alimentos en este tercer eslabón, podrían clasificarse en los 4 tipos siguientes.

El tipo 1 contiene principalmente los alimentos caducados y no procesados, así como la comida y los alimentos que no consumimos. La causa del descarte puede ser un control logístico deficiente en los hogares. Esto implica una previsión y una planificación erróneas sobre la cantidad de alimentos que vamos a consumir. Por ejemplo, en casa, una compra de

ofertas 3x1 o un exceso de verduras o frutas que normalmente no se consumen, generan desecho de alimentos. Estos errores de cálculo son más habituales en personas solitarias. Sin embargo, también pueden producirse en restaurantes o servicios de catering, debido a un error en el número de clientes esperados o al hecho de adquirir más cantidad de alimentos del consumo real previsto. Ocurre especialmente con los productos altamente perecederos y de temporada (por ejemplo, pescado o comidas especiales incluidas en el menú).

El tipo 2 incluye el excedente de producción de los alimentos procesados. Este problema puede ocurrir en los restaurantes buffet, pero también en los servicios de catering o incluso en los hogares si cocinamos más de la cuenta y lo dejamos en el frigorífico durante algún tiempo sin consumir. Una forma de evitar la generación de estos residuos es reutilizarlos. La gastronomía tradicional es un gran ejemplo de economía circular. Permítannos como cordobeses que reivindicamos el salmorejo, un alimento que reutiliza el pan duro que ha sobrado y es un buen ejemplo de cómo se puede evitar la producción de residuos.

El tipo 3 está relacionado con la manipulación inadecuada de alimentos de acuerdo con los estándares de higiene, calidad y almacenamiento, así como las preocupaciones legales sobre el uso y manipulación de los alimentos frescos. Esta categoría puede contener muchos alimentos comestibles, como carnes de baja calidad, comidas mal procesadas y desechadas, o alimentos degradados y malolientes, entre otros

El tipo 4 está relacionado con el tamaño excesivo de la porción de comida que se le sirve a un comensal. Esto sucede mucho en el sector de la restauración. Normalmente el cliente quiere la mayor cantidad posible al menor precio, pero en la práctica



no consume todo lo que le ponen, lo cual implica generar residuos. En esto, el factor más importante es nuestra actitud, sin duda alguna, nuestra forma de cocinar, de consumir alimentos puede ayudar a reducir los residuos. Por ejemplo, preguntémonos: ¿es necesario comer todo aquello que lleve un “big” por delante? ¿es necesario llenar el plato en el buffet hasta que no pueda contener más comida? Nuestra actitud puede ayudar a mitigar la cantidad de residuos que producimos y nuestro sistema cardiovascular y el planeta lo agradecerá.

DEL VERTEDERO A LA BIORREFINERÍA

Generalmente, los residuos alimentarios se consideran residuos no peligrosos, con la excepción de los residuos animales, que están controlados por el reglamento europeo (CE) nº 1069/2009. Sólo en 2014, se generaron 2.503 millones de toneladas de residuos (Scialabba, 2016), derivados de actividades domésticas y económicas, en la UE-28, lo que supone una media por habitante de 4,9 toneladas/año. El 10% corresponde a residuos sólidos urbanos (RSU), que son alrededor del 45-55% de los residuos sólidos (Ravindran and Jaiswal, 2016).

Cabe mencionar que el control de los RSU es un objetivo crucial de la política medio-ambiental de la UE, ya que la mayoría de estos residuos acaban en los vertederos. En los últimos diez años, la gestión de residuos de la UE ha cambiado drásticamente. En 2005, el 63% de los RSU iban a los vertederos, mientras que, diez años después, este porcentaje se redujo al 24%. Además, en 2005, sólo se recicló el 11% de los RSU, mientras que en 2015 aumentó por encima del 25%. El objetivo de la UE es alcanzar el 60% de reciclaje para 2025 (Scialabba, 2016).

El reciclaje y el objetivo de evitar que los residuos acaben en los vertederos jugarán un papel económico y social de vital importancia, brindando nuevas oportunidades laborales y permitiendo el desarrollo de nuevas estrategias que ayuden a la viabilidad y diversidad de las economías rurales y urbanas. La recuperación de los residuos alimentarios puede, además, ayudar a reducir el impacto que generan en el medio ambiente, mejorando la seguridad alimentaria y reciclando nutrientes energéticos.

En este contexto, es donde cabe introducir el concepto de *biorrefinería*, cuyo proceso no difiere mucho del que se desarrolla en una refinería de petróleo. Así, al igual que en una refinería petrolífera entra la materia prima y es transformada en combustibles y componentes químicos básicos para producir bienes y servicios, en una *biorrefinería* la materia prima es la biomasa, mucha de ella proveniente de los residuos alimentarios. Por tanto, la *biorrefinería* es una industria basada en los principios de la “economía circular”.

Con respecto a los procesos utilizados en una *biorrefinería* para producir bienes y servicios, se persigue reducir el número de disolventes orgánicos, se procura utilizar técnicas innovadoras, tales como ultrasonidos, microondas, extracciones con fluidos supercríticos... es decir, se basan en los principios de la denominada “química verde”.

Además, un aliado de las *biorrefinerías* es el mundo de los microorganismos, como algas, hongos o levaduras, que son capaces de alimentarse de la basura y producir combustibles, bioplásticos, alcoholes... Estos microorganismos nos permitirán en un futuro no muy lejano convertir nuestras factorías en ecosistemas que estén en equilibrio con el medio ambiente. Se trata de aprovechar la sabiduría que la evolución ha desarrollado en el metabolismo de estos “bichitos” para generar una sociedad más sostenible (Carmona-Cabello et al., 2018).

Como puede verse en la figura 2, las *biorrefinerías* ayudan a “descarbonizar” la industria alimentaria, al tiempo que proporciona una alternativa a los vertederos, cuyas emisiones representan en la UE cerca de 99.372 toneladas al año (Dahiya et al. 2018; Teigiserova, Hamelin Thomsen, 2019).

El reciclaje y el objetivo de evitar que los residuos acaben en los vertederos jugarán un papel económico y social de vital importancia, brindando nuevas oportunidades laborales y permitiendo el desarrollo de nuevas estrategias que ayuden a la viabilidad y diversidad de las economías rurales y urbanas. La recuperación de los residuos alimentarios puede, además, ayudar a reducir el impacto que generan en el medio ambiente, mejorando la seguridad alimentaria y reciclando nutrientes energéticos

Por ejemplo, si nos centramos en el primer eslabón de la cadena, es decir, en el sector primario, los residuos pueden ser utilizados con múltiples objetivos, siendo uno de ellos que puedan ser usados como materia prima de otros procesos. Muchos de estos residuos pueden aprovecharse para producir fertilizantes o incluso para alimento del ganado, pero una de sus grandes aplicaciones puede ser de la ser utilizados como biomasa para la producción de energía (calor y electricidad). Gran parte de estos residuos agrarios son ricos en material lignocelulósico (fibras), como por ejemplo las ramas y hojas de los frutales, los sarmientos de la vid o los desechos de cultivos como paja, maíz, hueso de aceituna... Todos estos residuos tienen en común poseer un alto poder calorífico, que puede ser empleado en calderas para producir vapor de agua y utilizarlo en sistemas de calefacción o en el movimiento de turbinas para la producción de electricidad. La energía así producida es considerada como renovable.

Muchos de los residuos producidos pueden generar productos de alto valor añadido. La Tabla nº 1 muestra algunos de los potenciales usos que se están desarrollando en la investigación para la implementación de futuras *biorrefinerías*.

Para ilustrar mejor este potencial, pondremos un ejemplo concreto. En la producción de ketchup son descartadas la piel y la semilla del tomate. Sin embargo, estos residuos poseen un valor económico muy importante, ya que ambos están compuestos de sustancias tales como aceite, proteínas, fibras y colorantes. Su color rojo se debe a su contenido en carotenoides, fundamentalmente licopeno, entre cuyas propiedades figura la de tener un gran poder antioxidante. Se ha demostrado que estas moléculas tienen un gran impacto para reducir o ayudar a combatir enfermedades cardiovasculares o diferentes tipos de cáncer. Más allá de sus posibilidades en el campo de la medicina, lo cierto es que poseen gran aplicabilidad en la propia industria agroalimentaria o en la industria farmacéutica.

Respecto a los residuos generados en supermercados, casas o restaurantes, conviene que le dediquemos unas líneas a su composición. Como puede verse en la Figura nº 2, los residuos de este último eslabón están compuestos de agua en una elevada cantidad (63%), mientras que el restante 37% puede clasificarse como materia orgánica.

La materia orgánica está compuesta de carbohidratos, es decir, azúcares sencillos, como las glucosas, y complejos, como los almidones (el almidón es un polímero de glucosas que forma parte del pan, la pasta bollería...) Obsérvese que, más del 25% de estos residuos, son grasas e hidratos de carbono que nuestros organismos transforman rápidamente en esos kilos de más. Además, debemos sumarle una no despreciable cantidad de aceite usado que se genera en España (por ejemplo,

consumimos cerca de 8.500.000 tm de aceite al año, y unos 150 millones son aceite vegetal usado).

El gran potencial de estos residuos se debe a su capacidad para alimentar a los microorganismos, que tienen la enorme habilidad de convertirse en pequeñas micro factorías, como puede verse en la Tabla nº 1. En nuestro trabajo como investigadores, hemos aprendido a utilizar hongos para degradar la basura y hemos puesto a crecer levaduras para producir biodiesel y biopigmentos. Por ejemplo, existen bacterias que tienen la capacidad de metabolizar el aceite usado y transformarlo en bioplásticos. Y las algas, son organismos que toman la luz del sol y el CO₂ y son capaces de producir hidrógeno. Imagínese el potencial que tenemos en nuestras manos, ya que podemos captar los humos de una central de biomasa que produce electricidad y aprovechar las aguas sucias de la ganadería, y con la luz del sol cultivar algas que produzcan compuestos farmacéuticos que nos ayuden a combatir el cáncer.

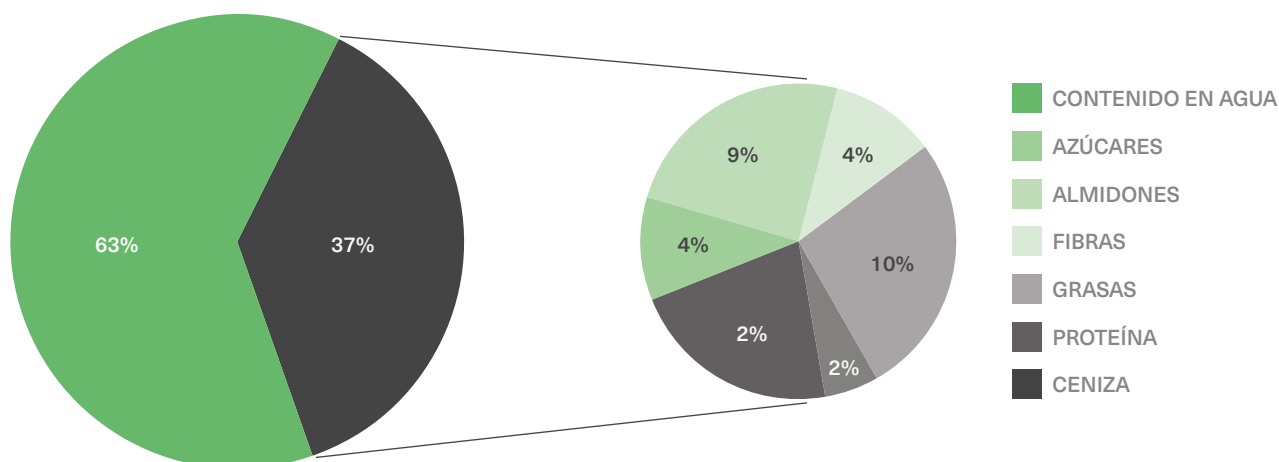
CONCLUSIONES

Cabe afirmar que nuestros residuos nos delatan y nos muestran la clase de sociedad en la que nos hemos convertido. Sin embargo, la historia de la humanidad y nuestra propia evolución nos ha enseñado que tenemos una enorme capacidad de adaptarnos a muchos entornos diferentes.

Aunque las dos últimas revoluciones nos han alejado de la naturaleza, la revolución tecnológica actual nos puede devolver al equilibrio con ella. El proceso de industrialización 5.0 incrementará nuestro control sobre los procesos, y el desarrollo del "Big data" nos puede servir para encontrar caminos más sostenibles.

CUADRO 1 Resumen de aplicaciones y productos desarrollados dentro del concepto de biorrefinería

TIPO DE RESIDUO	PROCESO	NOTA DEL PROCESO	PRODUCTO	REFERENCIA
Piel de naranja	Extracción		α-caroteno	Patsalou, 2019
Residuo de tomate	Extracción	Disolventes eco-amigables. Y técnicas renovables	Licopeno/ antioxidantes	Azabaou, 2020
Basura de restaurante	Extracción del aceite	Utilización de Ultrasonido	Biodiesel	Carmona-Cabello, 2018
Basura de restaurante	Fermentación	Aspergillus Awamory y Rhodosporidium Toruloides	Aceite microbiano- biocombustibles	Carmona-Cabello, 2021
Residuos lácteos	Fermentación	Candida tropicalis y Blastschizamytes capitatus	Bioetanol	Zou (2019)
	Fermentación	Rhodotorula glutinis	Bio-pigmentos	Frengova, (2004)
Residuos alimentarios	Digestión anaeróbica		Hidrogeno	Mahata (2021)
Residuos de pescado	Hidrolisis de proteínas		Compuestos bioactivos	Ishak and Sarbon (2018)
Residuos de patata	Extracción	Pectinas	Emulsionantes	Yang, Mu, and Ma (2021)
Aceite usado	Pirolisis		Bio-jet	Chiaromonti (2015)
	Fermentación	Cupriavidus necator H16	bioplásticos	Kamilah et al. (2018)

FIGURA 2 Composición de los residuos orgánicos procedentes de los restaurantes

Si a este cóctel añadimos las *biorrefinerías* en su concepto circular y sostenible, podremos conseguir no sólo paliar los efectos del cambio climático, sino ir más allá y conseguir un mundo más justo. Desde el grupo *Biosahe* liderado por la Dra. M^a del Pilar Dorado, trabajamos día a día para conseguir alternativas más sostenibles, y creemos que las *biorrefinerías* son un futuro para el desarrollo de la humanidad. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azabou, S., et al., *Towards sustainable management of tomato pomace through the recovery of valuable compounds and sequential production of low-cost biosorbent*. Environmental Science and Pollution Research, 2020. 27(31): p. 39402-39412.
- Carmona-Cabello, M., et al., *Valorization of food waste from restaurants by transesterification of the lipid fraction*. Fuel, 2018. 215: p. 492-498.
- Carmona-Cabello, M., et al., *Biodiesel production using microbial lipids derived from food waste discarded by catering services*. Bioresource Technology, 2021. 323: p. 124597.
- Carmona-Cabello, M., et al., *Valorization of food waste based on its composition through the concept of biorefinery*. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 2018. 14: p. 67-79.
- Chiaromonti, D., et al., *Bio-Hydrocarbons through Catalytic Pyrolysis of Used Cooking Oils: Towards Sustainable Jet and Road Fuels*. Energy Procedia, 2015. 82: p. 343-349.
- Dahiya, S., et al., *Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy*. Bioresource Technology, 2018. 248: p. 2-12.
- Du, C., et al., *A wheat biorefining strategy based on solid-state fermentation for fermentative production of succinic acid*. Bioresource Technology, 2008. 99(17): p. 8310-8315.
- Fregova, G., E. Simova, and D. Beshkova, *Use of Whey Ultrafiltrate as a Substrate for Production of Carotenoids by the Yeast Rhodotorula Rubra*. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2004. 112(3): p. 133-142.
- Geyer, R., J.R. Jambeck, and K.L. Law, *Production, use, and fate of all plastics ever made*. Science Advances, 2017. 3(7): p. e1700782.
- Hassan, S.S., G.A. Williams, and A.K. Jaiswal, *Lignocellulosic Biorefineries in Europe: Current State and Prospects*. Trends in Biotechnology, 2019. 37(3): p. 231-234.
- Ishak, N.H. and N.M. Sarbon, *A Review of Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides Deriving from Wastes Generated by Fish Processing*. Food and Bioprocess Technology, 2018. 11(1): p. 2-16.
- Kamilah, H., et al., *The Use of Palm Oil-Based Waste Cooking Oil to Enhance the Production of Polyhydroxybutyrate [P(3HB)] by Cupriavidus necator H16 Strain*. Arabian Journal for Science and Engineering, 2018. 43(7): p. 3453-3463.
- Kearney, J., *Food consumption trends and drivers*. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 2010. 365(1554): p. 2793-2807.
- Mahata, C., et al., *Effect of thermal pretreated organic wastes on the dark fermentative hydrogen production using mixed microbial consortia*. Fuel, 2021. 284: p. 119062.
- Patsalou, M., et al., *A Citrus Peel Waste Biorefinery for Ethanol and Methane Production*. Molecules, 2019. 24(13): p. 2451.
- Priefer, C., J. Jörisen, and K.-R. Bräutigam, *Technology options for feeding 10 billion people. Options for cutting food waste. Study for the European Parliament. Report no. IP/A/STOA/FWC/2008-096/Lot7/C1/SC2-SC4*. 2013, Science and Technology Options
- Ravindran, R. and A.K. Jaiswal, *Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products*. Trends Biotechnol, 2016. 34(1): p. 58-69.
- Scialabba, N., *Food wastage footprint and climate change*. 2016, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Teigiserova, D.A., L. Hamelin, and M. Thomsen, *Review of high-value food waste and food residues biorefineries with focus on unavoidable wastes from processing*. Resources, Conservation and Recycling, 2019. 149: p. 413-426.
- Yang, J.-S., T.-H. Mu, and M.-M. Ma, *Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp*. Food Chemistry, 2018. 244: p. 197-205.
- Zhou, X., et al., *Bio-utilization of cheese manufacturing wastes (cheese whey powder) for bioethanol and specific product (galactonic acid) production via a two-step bioprocess*. Bioresource Technology, 2019. 272: p. 70-76.



EL CAMINO
MÁS CORTO



ENTRE ORIGEN
Y DESTINO



LA RED DE
MERCAS



Servicio público sostenible y
eficiente para la cadena comercial
de los alimentos frescos



mercasa

