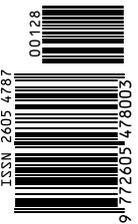


nº 128 | junio 2021

ambienta



Economía Circular



La mascarilla es para ti, no para la naturaleza



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MINISTERIO
DE CONSUMO

- 04** **Entrevista:** Jorge Barrero. Director General de *Fundación Cotec*
- 10** La futura Ley de Residuos, un gran paso adelante en la economía circular. Por **Ismael Aznar Cano** y **Margarita Ruiz Saiz-Aja**
- 22** El potencial de la economía circular en el sector energético. Por **Joan Batalla**, **Manuel Villa-Arrieta** y **Elisenda Jové Llopis**
- 30** Nuevos materiales, nuevas tecnologías y nuevos retos de la transición ecológica. Por **Antonio Valero**, **Guiomar Calvo** y **Alicia Valero**
- 42** Impactos económicos de la economía circular. Por **Gemma Durán Romero**
- 48** Residuos municipales. El reto: mejorar la eficacia y eficiencia en la gestión. Por **Ángel Fernández Homar**
- 56** Reciclaje de paneles fotovoltaicos en España: obligación legal, reto logístico y oportunidad industrial. Por **Alejandro Labanda**
- 64** El valor de la educación en la transición de lo lineal a lo circular. Por **Brais Suárez**, **Lorena Reboledo**, **Cristina Míguez** y **Débora Lorenzo**
- 70** La importancia del compostaje en la economía circular de los residuos ganaderos. Por **Salustiano Mato** e **Iria Villar**



- 80** Formación y servitización, fundamentales para lograr el cambio. Por **Sònia Llorens** y **Mar Isla**
- 88** Moda y reciclaje. Por **María Rodríguez Sánchez**
- 96** Hay que ver: Parque Nacional de Garajonay. Por **Ángel B. Fernández López**
- 102** **Iniciativas:** Proyecto Life Refibre. Por **Alicia Aguado Pesquera**
- 108** **En peligro:** oso pardo cantábrico
- 114** **Es Historia:** Josefina Castellví Piulachs
- 116** **Unión Europea**
- 119** **Publicaciones**



Edita:

Subsecretaría
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Portada: Aries Grupo de Comunicación

Consejo Asesor:

Presidente: Miguel González Suela. Subsecretario MITERD

Vocales:

Araceli Acosta. Directora de Comunicación MITERD
Maribel del Álamo. Directora de Ambienta

Francesc Boya. Secretario General para el Reto Demográfico. MITERD
Miriam Bueno. Consejera Técnica. S. E. de Energía. MITERD
Antonio Gómez Sal. Catedrático de Ecología. Universidad de Alcalá
Raquel González Pico. Asesora Gabinete S.E. Medio Ambiente
Lourdes Lázaro. Coordinadora Desarrollo Corporativo UICN
Cristina Linares. Científica titular. Instituto de Salud Carlos III
Antonio Lucio. Presidente WWF España
Carlos Mataix. Director itd.UPM
Pepa Mosquera. Codirectora revista Energías Renovables
José Manuel Naredo. Doctor en Ciencias Económicas
Marta Nieto. Vocal Asesora Gabinete del Subsecretario. MITERD

Jorge Barrero

Director general de Fundación Cotec



"La economía circular es la mayor de las innovaciones posibles; no solo afecta a un producto, a una empresa, a un sector, a un país, sino al conjunto de las reglas que rigen la economía"

Desde la madrileña calle de Velázquez, donde se ubica la sede de Fundación Cotec, Jorge Barrero dirige, desde hace siete años, una entidad con más de tres décadas de historia convertida en toda una referencia de la innovación. Este asturiano, licenciado en bioquímica y experto en transferencia tecnológica, fue la mano derecha de Cristina Garmendia como director general del Ministerio de Ciencia e Innovación y, si algo tiene hoy claro, es que los datos hay que acompañarlos con hojas de ruta. "Entendemos la innovación como todo cambio (no solo tecnológico) basado en el conocimiento (no solo científico) que genera valor (no solo económico) y la economía circular es la mayor de las innovaciones posibles porque no afecta a un solo producto, empresa o sector sino al conjunto del sistema, y lo hace aplicando cambios de todo tipo –tecnológicos, de proceso, de conducta– basados en todo tipo de conocimiento– además de la ciencia, será muy útil el conocimiento informal que aporten otras culturas y estilos de vida", señala, al tiempo que se enorgullece de que

Cotec haya sido "la primera institución en introducir, en 2015, la economía circular en la agenda política: Hicimos la primera cumbre de jefes de estado sobre el tema, hemos producido el audiovisual más visto del mundo sobre economía circular y en colaboración con la Cátedra Unesco de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) hacemos periódicamente una radiografía precisa de la situación y presentamos casos de éxito. Todo combinando diferentes canales y lenguajes para tratar de influir en la agenda política, mediática, empresarial o cultural. Porque no es lo mismo poner los datos encima de la mesa de un ministro que hacerlo en una conversación de adolescentes".

A sus 46 años, Barrero reconoce que ha vivido una infancia circular, "de croquetas, rodilleras y envases retornables de gaseosa" que, sin embargo, es muy distinta de la que están viviendo sus hijos. Y deja claro que el modelo circular tiene que implicar una recuperación de las tradiciones y valores que se han perdido con las herramientas innovadoras que proporciona el presente.



Según los informes, los vertidos representan en España el 54 % del volumen total de residuos, más del doble de la media de la Unión Europea, la situación de partida parece preocupante...

—No estamos siendo capaces de desacoplar el crecimiento económico del consumo de energía y de materia prima. Cuando hicimos el primer informe de situación, recogiendo datos de la incipiente recuperación económica en 2015 creímos que estábamos en el buen camino, porque España estaba avanzando hacia un uso más eficiente de sus recursos, pero resultó ser un espejismo que recogía todavía los efectos que tuvo la crisis en sectores muy intensivos en el uso de materia y energía, como el de la construcción. Pero según avanzaba la recuperación volvíamos a caer en los vicios del pasado. Ahora, con la pandemia y aunque todavía no tenemos datos, ocurrirá algo parecido, mejorará la

foto de eficiencia por los efectos del confinamiento, ojalá no sea un espejismo en esta ocasión y cuando lo volvamos a crecer con fuerza lo hagamos de forma más sostenible.

Nos preocupa que se confunda economía circular con reciclaje, porque es solo una de las muchas herramientas y, además, de las últimas a la que habría que recurrir. El objetivo es seguir creciendo económicamente sin consumir por ello más energía y materia prima, prolongar la vida económica útil de los materiales y los recursos tanto como sea posible, reduciendo al mínimo la generación de residuos. Por supuesto que nos preocupa el residuo que deja un electrodoméstico, pero también el hecho de que todos tengamos un taladro que usamos con suerte una vez al año en lugar de solo uno en el descansillo de la escalera para compartir todos los vecinos, o el hecho de que salga más barato comprar una nueva batidora que repararla. Hay que integrar muchos elementos dentro del ecosistema circular y aunque se ha avanzado, España tiene un amplio margen de mejora.

Los datos e indicadores siguen siendo escasos y poco fieles porque es una cuestión compleja, pero tenemos que ser capaces de construir un modelo mucho más holístico que recoja qué material y energía utilizamos, la ‘reparabilidad’ de los productos, su uso compartido, el reacondicionamiento y otros muchos parámetros.

¿Será uno de los nuevos retos de Cotec crear ese estándar?

—Somos muy atrevidos, pero no temerarios. Aunque nos centramos en economía circular antes que otros, en Europa ya había mucho trabajo previo y mucha reflexión. Pensamos que era cuestión de meses que se generara una batería de indicadores consensuada, pero todavía no acabamos de ver esa foto completa. Este estándar es responsabilidad de las autoridades europeas, porque si empezamos a hacer mediciones parciales por países o regiones serán poco útiles. Nos encontramos en un momento emergente y estamos convencidos que de aquí a dos o tres años empezará a rodar mucho más este modelo circular. Los cambios grandes requieren tiempo.

¿La pandemia nos ayudará a ir más deprisa?

—La sociedad va a salir de esta pandemia muy noqueada, pero muy consciente de que estamos en un cambio de épo-

“La economía circular es una oportunidad de repensar el equilibrio territorial con una industria nueva, más digital y circular”

ca y que en muchos sentidos nada volverá a ser como antes. Acabamos de hacer un estudio muy robusto sobre en qué quieren gastarse los españoles sus impuestos y primero está la sanidad, seguida de la educación, la ciencia y las pensiones. En quinto lugar, el medio ambiente. Esto nos confirma que la crisis sanitaria ha apantallado temporalmente a la ambiental, para la que no hay vacuna, pero volverá a colocarse en primera línea del debate político y social muy pronto. Saliremos de la pandemia con una mayor consciencia de vivir en un mundo frágil e interconectado, que puede cambiar de la noche a la mañana por una amenaza externa. Nos ha servido para tomar conciencia de nuestras limitaciones y también del poder de la civilización cuando suma esfuerzos. De igual manera que la vacuna no funcionará si no tomamos una decisión a nivel global, porque da igual que nos vacunemos aquí mientras en la India están produciéndose mutaciones, las decisiones que se tomen a nivel medioambiental en Europa serán irrelevantes si no conseguimos un modelo que sea exportable al resto del mundo.

Además, la pandemia ha puesto de manifiesto el fracaso de la producción lineal y globalizada. El primer *shock*, antes de que se llenaran las UCIS, fue darnos cuenta de nuestra dependencia de las fábricas asiáticas. Fuimos incapaces de ofrecer mascarillas a los ciudadanos y esto tiene que ver con un modelo en el que priman el acceso a energía barata, a materia prima barata y a mano de obra barata. La economía circular y digital –automatizada– cambiará esas reglas de juego.

Hablamos de nuevos paradigmas...

—Tenemos que redefinir la industria para que todos los territorios tengan la oportunidad de hacerlo usando modelos circulares y digitales; y tendrá que buscar su modelo de negocio. Tal vez hay que fabricar menos y más caro. ¿La industria del taladro se hundiría porque no todos tuviéramos uno? A lo mejor hay que incrementar su coste y tener uno por comunidad de vecinos. Hay que ajustar: en economía circular la palabra más importante es economía, si no es economía no funcionará. Hay que cambiar el chip. Y existe una receptividad por parte de los sectores productivos que no podemos desaprovechar. Además, contamos con un elemento adicional para hacerlo: los fondos europeos. Las empresas están en el momento en el que pueden asumir la disrupción y las administraciones públicas tienen herramientas para facilitarla con inversión y regulaciones adecuadas.

¿Esa disrupción será más fácil para las grandes compañías que para las pymes?

—Cuando hay cambios a tan gran escala y velocidad el tamaño no tiene por qué ser una gran ventaja. Esto es algo

que no solo ocurre en la innovación, también en la evolución. Por ejemplo, a los grandes dinosaurios no les sirvió de nada ser grandes para evitar una extinción que sortearon mejor los pequeños mamíferos. Pero tampoco podemos olvidar que los pájaros actuales son también dinosaurios que no se extinguieron. Las estrategias de adaptación son muchas, cada uno ha de encontrar la suya.

El 56 % de los empresarios reconoce que ve una oportunidad en la economía circular. ¿Hay convencimiento, obligación o interés económico?

—Todo ello. No todo el mundo está cómodo, pero son conscientes de la velocidad a la que está cambiando el entorno. A una empresa petrolera puede no gustarle lo que va a pasar, pero sabe que los combustibles fósiles tienen una fecha de caducidad. Y no tiene un compromiso con la extracción de petróleo, sino con sus accionistas. Las empresas tienen la capacidad de adaptarse porque están guiadas por la necesidad de obtener un beneficio y en este nuevo escenario en el que muchas costuras se van a romper tienen que tomar decisiones valientes, antes de que consumidores o administraciones las tomen por ellos.

Para ser circulares, tendríamos que remendarlas... ¿Todos los sectores van a poder?

—Habrá ganadores y perdedores. Los accionistas jugarán sus bazas y apuestas, y lo que unos pierdan otros lo ganarán, ese es el juego del riesgo empresarial. El problema son las personas que se quedan sin empleo o territorios que pierden la capacidad de retener población. Yo procedo de una aldea minera de Asturias donde hablar del final del carbón era tabú hasta hace muy poco tiempo, pero incluso ellos son conscientes de que el mundo no es su aldea. Hay que acompañar de manera justa a esos perdedores, que serán pocos y a corto plazo, porque a largo todos seremos ganadores de la transición ecológica.

“La pandemia ha puesto de manifiesto el fracaso de la producción lineal y globalizada”



¿Hay oportunidad en la circularidad para la España vaciada?

—La economía circular, en la que se fabricará menos y los productos durarán más, ofrece oportunidades de trabajo. Hay nichos de empleo en la reparación, en el reciclaje, en modelos energéticos locales... Está más distribuida y tiene la posibilidad de generar y retener empleo en cualquier lugar y no solo donde estaban las ventajas competitivas en el modelo lineal, es decir, cerca de la materia prima y de la energía. Los territorios rurales son excedentarios en energía, bien porque tienen sol, viento o disponen de residuos agrícolas y ganaderos que pueden ser reutilizados para generar combustibles, pero también para producir todo tipo de biomateriales. Cualquier cosa que sale del petróleo puede salir también, al menos en teoría, del purín de los cerdos o de la paja del cereal. Para ello se han de implementar modelos de fabricación y logísticos distintos a los que conocemos. Esas fábricas no podrán competir por precio con China, si no se corrigen los precios con los costes ambientales, pero precisamente ese es el modelo que tenemos que poner en cuestión. La economía circular es una oportunidad de repensar el equilibrio territorial.

¿Crear territorios rurales inteligentes?

—La inteligencia de los territorios es como la de las personas, múltiple. Para uno puede ser inteligente aprovechar su patrimonio histórico, para otro su entorno natural y para otro beneficiarse de su situación logística. Estamos en un momento en el que se ha roto la baraja y se han vuelto a repartir cartas y cada uno tiene que estudiar la baza que le ha tocado para plantear su juego.

Y en esta nueva partida... ¿Hay voluntad política para favorecer la transición hacia una economía circular?

—Los cambios legales son necesarios, pero es importante que sean estables en el tiempo. Para ello hay que lograrlo con amplios consensos porque estamos en un mundo abocado al multipartidismo y a la inestabilidad en los gobiernos. O generas consensos o cualquier avance que puedas hacer puede deshacerlo el siguiente. Las empresas necesitan un escenario predecible y prefieren un futuro difícil pero estable, que uno fácil pero impredecible e inseguro. Pero a la par, las leyes han de ser flexibles para encajar retos o cuestiones no pueden verse en el presente. Y para eso hay un concepto, el de 'sand box regulatorio', que en Cotec estamos intentando introducir en la legislación española a todos los niveles.

¿En qué consiste?

—Ningún legislador puede ver el futuro y a día de hoy puede no tener en cuenta aspectos que más tarde pueden ser relevantes. Si la ley no anticipa esa posibilidad, el gestor público dirá que hay cosas que no se pueden hacer porque no están contempladas en norma, pero el 'sand box' permite probar innovaciones de una manera supervisada. Sin esa idea de flexibilidad habría que cambiar la ley para abrazar cada nuevo escenario.

Hablando de leyes... Europa está marcando el rumbo, ¿en España seremos capaces de seguirlo con la nueva Ley de Residuos y Suelos Contaminados?

—Europa ha dejado muy claro en sus leyes y programas de inversión lo que quiere para sus próximos veinte años y entendemos que la norma española está alineada con ese marco. Hay cosas que se nos van a hacer muy cuesta arriba al principio, pueden ser discutidas e incluso puede haber retrocesos legislativos, pero habrá un momento en el que todo precipite. Tendremos que ir paso a paso subiéndolo peldaños y el cambio se producirá a medida que las empresas vayan encontrando modelos de negocio circulares que les permitan seguir generando empleo y riqueza. Cuestiones que ahora parecen muy transgresoras se van a acercar a una velocidad rápida. Pensemos en el coche eléctrico: la idea empezó hace décadas, hubo experiencias puntuales, legisladores que se adelantaron a su tiempo, pero llega un momento en el que el paradigma cambia y todo se precipita. En un momento no muy lejano descubriremos que todos los coches son eléctricos y nos pregun-

“Las empresas necesitan un escenario predecible y prefieren un futuro difícil pero estable, que uno fácil pero impredecible e inseguro”

taremos cuándo ha pasado. Con la economía circular va a pasar lo mismo.

Para precipitar la economía circular... ¿Hace falta más inversión?

—Siempre hay problemas de inversión, y en sentido más amplio de financiación. Porque puede haber más o menos inversores dispuestos a participar en modelos circulares, pero la financiación no solo se obtiene a través de inversores. Es fundamental el papel del crédito bancario. En toda gran transformación hay problemas de inversión, de talento, de regulación... Pero ninguno tan grande como para que nos sirva de pretexto para seguir parados.

En esto de la circularidad, ¿lo local tiene mucho que decir?

—Hablamos de materia y sus flujos que hay que gestionar de una manera local. Me consta que los ayuntamientos están haciendo esfuerzos y que algunos han conseguido colocar a la economía circular como una bandera de la acción municipal. De nuevo la palabra clave vuelve a ser economía. Muchas de estas localidades están viendo que apostar por modelos circulares no solo es más sostenible, sino que puede suponer un ahorro importante para el gasto público, o incluso ingreso; pero hay que adaptar el modelo en cada municipio. Los retos de la economía circular para una ciudad como Benidorm, que tiene que gestionar muy bien sus recursos hídricos, no son los mismos que los de una población de La Mancha que produce muchos residuos vitivinícolas que pueden ser fuente de energía, o los que tienen grandes ciudades como Madrid o Barcelona. El modelo circular es muy dependiente del clima y del tipo de economía que hay en cada territorio.

Gobiernos, ayuntamientos, empresas... ¿Los ciudadanos nos hemos puesto también en marcha?

—El ciudadano es un actor protagonista en tres sentidos: por un lado, con su voto puede cambiar las cosas eligiendo a sus representantes y, por otro, como consumidor tiene un gran papel en la transformación de las empresas de las que es cliente. Además, en el caso de la economía circular, tiene una responsabilidad individual con su conducta. Su manera de comportarse día a día hará posible o impedirá la economía circular, porque por mucho que investiguemos no va a haber

ninguna tecnología que elimine los plásticos de los océanos, tendremos robots que lo limpien o botellas que se degraden, pero el gesto de elegir plásticos de un solo uso o de tirarlos a la calle es responsabilidad de cada uno. En los últimos tres años se ha triplicado el grado de conocimiento sobre economía circular entre la población y, aun así, en 2020 tan solo el 32% de las personas sabía de qué se trataba.

¿Hay que compensar a los ciudadanos por reciclar?

—De alguna manera tenemos que compensar o dar a entender a los ciudadanos las consecuencias de su comportamiento. Hay múltiples fórmulas: que pague menos impuestos, compensarle económicamente, recompensas ‘reputacionales’. Lo que no está claro es qué es lo que mejor funciona y hay que entender mejor qué estimula al ciudadano a actuar de la manera adecuada. Hay que tener en cuenta que las normas modifican la cultura y la cultura modifica las normas. Hay comportamientos que hace 30 años eran aceptables, como tirar desde la ventanilla del coche basura o dejar frigorífico abandonado y ahora no lo son. Puedes hacerlo, pero tienes que esconderte y no solo porque te multen, sino porque te señalen. Lo que hoy nos parece moralmente aceptable, en el futuro igual nos resulta suficiente y estoy seguro de que nuestros nietos se avergonzarán de cómo hacemos ciertas cosas, como del hecho de que casi todo el mundo tenga un coche cuando el 95 % de ellos está parado en la calle la mayoría del tiempo.

Entonces... ¿Tendremos un futuro de usuarios de servicios en vez de consumidores de producto?

—Las nuevas generaciones tienen otra visión, muy influenciada por la economía digital que, en este caso, retroalimenta a la economía circular de manera positiva. Acceden a plataformas donde tienen productos que no necesitan en propiedad: películas, música, juegos..., haciendo que el consumo de materia sea menor que con los CD o los casetes, aunque habría que analizar el de energía. La sociedad digital ha ayudado a este proceso de ‘servitización’ de productos y no necesitarán tener un coche en propiedad o un taladro en su armario.

¿El pasado era más circular?

—Hay que recuperar conductas que tenían nuestros abuelos. Hay mil ejemplos de economía circular en el mundo

rural: se reutilizaban envases, se reparaban las cosas, no había desperdicio alimentario... Pero lo perdimos con la cultura del todo a cien. El transporte de materia y energía a largas distancias nos hizo caer en la ilusión de que no había límites, con productos para occidente a un precio razonable gracias a una mayoría que trabaja para nosotros y a costa de comprometer su Medio Ambiente –y en realidad el de todos-. Tenemos que despertar de ese sueño y darnos cuenta de que vivimos en una gran isla que es el planeta tierra, que tiene recursos y energía limitados y que estamos estresándolo de una manera tal que en pocos años podemos entrar en una distopía. No obstante, soy optimista: estamos a tiempo de cambiar. No hace tanto que hemos adquirido esa conducta tan derrochadora y podemos recuperarla si miramos nuestra infancia, a cómo se comportaban nuestros abuelos y si somos capaces de transmitirla a los más jóvenes para que aprendan de ella. Quienes mejor podrían impartir talleres de economía circular son las personas mayores y en entornos rurales.

La apuesta por la economía circular es urgente, pero no es lo mismo poner datos encima de la mesa de un ministro que en una conversación de adolescentes...

—En Cotec tenemos como principio de trabajo que hay que adaptar el mensaje a cada audiencia; no se puede llegar con uno único a todo el mundo. El mismo slogan no funciona para un empresario, un chaval o un científico y hay que trabajar cada audiencia, darle las cosas como las espera y entiende, y activar los correspondientes disparadores emocionales. Lo que emociona a un científico no es lo mismo que emociona a un futbolista.

¿Y a Jorge Barrero qué le emociona?

—A mí lo que me emociona es conectar cosas que parecen alejadas y que sólo encuentran sentido cuando dialogan entre ellas. La tradición con el futuro. La empresa con la ciencia. Lo urbano y lo rural. La sociedad con la política. Es eso lo que he hecho toda mi vida.

¿Es posible economía circular sin innovación?

—Desde Cotec entendemos la innovación como todo cambio basado en el conocimiento que aporta valor, no solo cambio tecnológico, no solo conocimiento científico y no solo valor económico. La economía circular es la mayor de las innovaciones posibles, porque no solo afecta a un producto, ni a una empresa, ni a un sector, ni a un país, sino al conjunto de las reglas que rigen la economía. Hay cambios

tecnológicos, de procesos, de conducta, regulatorios... Es fascinante. Como civilización somos muy buenos generando innovaciones, cada vez más rápido, pero fallamos en las políticas de difusión y acceso a la innovación. Y hay muchos problemas, en particular los sanitarios y los climáticos, para los que una solución parcial no es solución. Hay que tener el radar activo y con amplitud para rastrear la innovación porque surge allá donde hay problemas y a veces de forma poco predecible. Las soluciones pueden llegar desde cualquier lugar, en el garaje del vecino, en un grupo de chavales de instituto desarrollando una idea sostenible o en la tienda de la esquina.

“Existen miles de ejemplos de economía circular en el mundo rural. Hay que recuperar conductas que tenían nuestros abuelos y que perdimos con la cultura del todo a cien”

Para cerrar el círculo, ¿qué y quiénes hacen falta?

—La economía circular es un ‘mix’ en el que no pueden faltar innovación y tradición. No se trata de hacer las cosas como hace cincuenta años, porque tenemos oportunidades diferentes, pero sí de recuperar los valores que había detrás de muchos comportamientos. Hay que rescatar tradiciones con la mirada de un mundo nuevo, teniendo en cuenta la circularidad de las materias, con herramientas nuevas, innovadoras y tecnológicas. Y para girar la rueda hace falta la acción conjunta de tres actores: ciudadanos, empresas y administraciones. Los primeros han de entender el concepto e integrarlo en su conducta habitual, las segundas han de alinearse con modelos de negocio circulares y rentables, y se necesita la tracción del sector público a través de regulaciones y otros muchos elementos que tiene para influir como la compra pública, la fiscalidad... ¿Cuál hay que mover antes para que la rueda gire, coja velocidad y logre vencer las resistencias? Esa es la pregunta del millón, pero yo no tardaría mucho en responderla: movamos todo a la vez.

❖ Charo Barroso

Fotos cedidas por COTEC.

La futura ley de residuos, un gran paso adelante en la economía circular

Ismael Aznar Cano

Director General de Calidad y Evaluación Ambiental

Margarita Ruiz Saiz-Aja

Subdirectora General de Economía Circular

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Fotos: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.

El pasado 18 de mayo el Consejo de Ministros aprobó el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, una norma llamada a sustituir la vigente ley de 2011 y que prefigurará el marco regulatorio en esta materia en los próximos años. La Ley llega a las Cortes Generales casi un año después de la aprobación, en junio de 2020, de la Estrategia Española de Economía Circular, España Circular 2030, y sin duda contribuirá a alcanzar los objetivos que recoge para lograr superar el modelo lineal de producir, consumir y desechar e implantar un esquema circular más eficiente

en el empleo de los recursos y más sostenible desde una perspectiva ambiental.

Nos encontramos en la actualidad sumidos en un modelo de crecimiento que ha tocado techo por su insostenibilidad económica, ambiental y social, que ha comenzado a resquebrajarse, y cuyas debilidades se han acentuado más si cabe con la crisis sanitaria ocasionada por la COVID-19. Las predicciones apuntan a que, con el ritmo de incremento de población, su concentración en torno a las ciudades y los ritmos de consumo actuales, en 2050, ne-



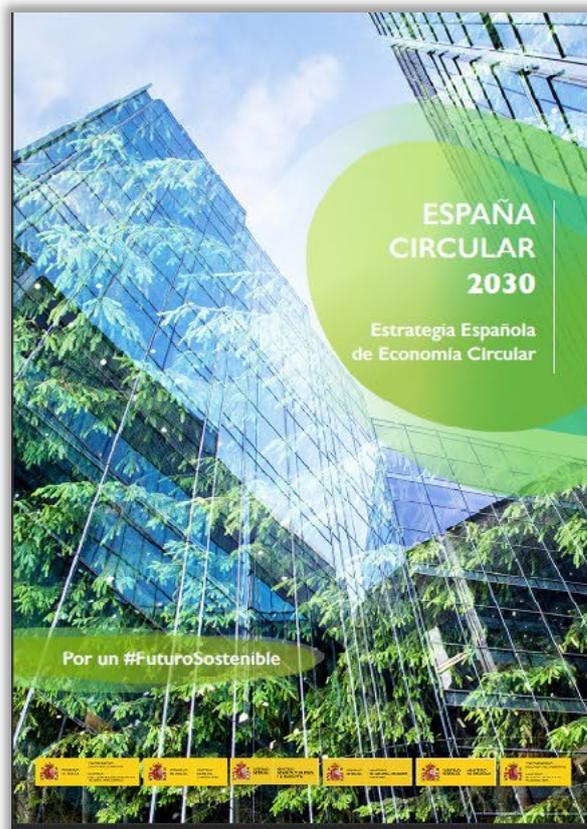
cesitaremos tres planetas como la Tierra para satisfacer nuestras necesidades.

Resulta claro que es necesario un cambio de paradigma donde la transición ecológica se presenta como un elemento clave para salvaguardar nuestra prosperidad y respetar los límites planetarios. Además de los cambios estructurales en nuestro modelo energético para alcanzar la neutralidad climática, es imprescindible acometer una reconversión profunda de nuestro modelo de producción y de consumo hacia un modelo más circular, sostenible y eficiente en el uso de recursos, y justo y solidario para toda la población.

A nivel europeo, el cambio de modelo recibió un impulso notable con la aprobación en 2015 del I Plan de Acción en materia de Economía Circular –COM(2015)614–. Dicho plan supuso una reorientación de la política de residuos de forma que se introdujeran los cambios necesarios para abundar en la prevención de residuos y en el mejor aprovechamiento de las materias primas y recursos contenidos en ellos, de forma que se incremente la disponibilidad de materiales para reincorporarlos a los ciclos productivos y reducir así el consumo de materias primas vírgenes y la dependencia de aquellas que son más críticas.

En 2020 la Comisión adoptó un segundo plan de economía circular –COM(2020)98–, enmarcado en el Pacto Verde Europeo, que incide esta vez en otras etapas que son clave para garantizar el círculo: la producción y el consumo. Solo si los productos que se ponen en el mercado son más sostenibles y se diseñan con criterios energéticos y de economía circular (reparables, durables, reutilizables y reciclables), y el consumidor tiene información sobre los mismos, de forma que pueda decidir en el momento de su adquisición, el cambio será posible. El nuevo plan identifica nuevas cadenas de valor como el textil, los productos

El pasado 18 de mayo el Consejo de Ministros aprobó el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, que sin duda contribuirá a superar el modelo lineal de producir, consumir y desechar e implantar un esquema circular más eficiente en el empleo de los recursos y más sostenible desde una perspectiva ambiental

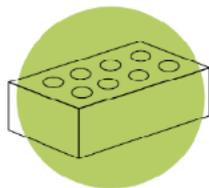


TIC o electrónicos, para proponer medidas que permitan que la circularidad sea un hecho en esos sectores.

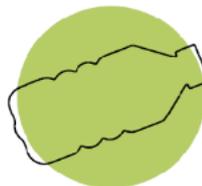
En este contexto, España aprobó en junio de 2020 su Estrategia Española de Economía Circular: España Circular 2030. Con ella se sientan las bases para impulsar un nuevo modelo de producción y consumo en el que el valor de productos, materiales y recursos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, en el que se reduzca al mínimo la generación de residuos y se aprovechen con el mayor alcance posible los que no se pueden evitar. El documento contribuye así a los esfuerzos de España por lograr una economía sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, al incorporar horizontalmente la economía circular en las diferentes políticas.

La Estrategia establece una serie de objetivos para el año 2030 entre los que se encuentra reducir en un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010, reducir la generación de residuos un 15 % respecto de lo generado en 2010, incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10 % de los residuos municipales generados o reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂eq, entre otros.

Reducir la emisión de **gases de efecto invernadero** por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂ equivalente



Reducir en un **30 %** consumo nacional de **materiales** en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010

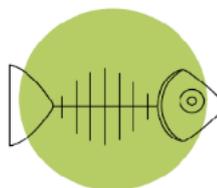


Reducir la generación de **residuos** un **15 %** respecto de lo generado en 2010

Mejorar un 10 % la **eficiencia en el uso del agua**



Incrementar la **reutilización** y preparación para la reutilización hasta llegar al **10 %** de los residuos municipales generados



Reducir la generación **residuos de alimentos** en toda cadena alimentaria: 50 % de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20 % en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020, contribuyendo así a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Asimismo, la Estrategia Española identificó seis sectores clave en la economía española donde se han de adoptar medidas de forma prioritaria: el sector de la construcción y demolición; el agroalimentario, pesquero y forestal; el industrial; el sector de bienes de consumo; el de textil y confección y el turismo.

Como marco estratégico que es, la Estrategia prevé su desarrollo mediante planes de acción trienales donde se concreten las medidas que pondrá en marcha la Administración General del Estado en cada período. En este marco, el I Plan de Acción de Economía circular para el período 2021-2023, contiene más de cien medidas a desarrollar por una treintena de unidades de doce ministerios. Y dado que la transición a la economía circular requiere de la participación de todos, administraciones, empresas y ciudadanos, la Estrategia incluye un modelo de gobernanza articulado a través de una Comisión Interministerial con los ministerios implicados, un Grupo de trabajo de la Comisión de coordinación de residuos con las comunidades autónomas y entidades locales y un Consejo de Economía Circular con los agentes económicos y sociales.

Directivas de la Unión Europea

Alcanzar nuestros objetivos en materia de economía circular requiere revisar en profundidad la política de residuos.

Por ello, la Unión Europea abordó en 2018 la revisión de tres directivas clave en esta materia: la Directiva Marco de Residuos, la directiva de vertederos y la directiva de envases y residuos de envases. A ello se suma en 2019 la adopción de la Directiva 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente, más conocida como Directiva sobre plásticos de un solo uso o Directiva SUP.

En el último año y medio se ha hecho un esfuerzo notable para abordar la transposición de todo este compendio normativo a nuestro ordenamiento jurídico interno. Así, la Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos, se incorporó a nuestro Derecho mediante el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Por su parte, la Directiva (UE) 2018/849 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, por la que se modifican la Directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos al final de su vida útil, la Directiva 2006/66/CE relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y la Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, han sido transpuestas a través de dos Reales Decretos: el Real Decreto 27/2021, de 19 de enero,

La futura norma establece la obligación de adoptar medidas para reducir los residuos alimentarios un 50 % en los hogares y en la venta minorista y un 20 % en el resto de la cadena, para identificar los productos que contengan materias primas fundamentales a fin de prevenir que se conviertan en residuos o para frenar la basura dispersa, entre otros

por el que se modifican el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos, y el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; y el 265/2021, de 13 de abril, sobre los vehículos al final de su vida útil y por el que se modifica el Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre.

Pero, sin duda, la pieza clave para hacer posible el cambio que necesitamos en nuestra política de residuos será la nueva Ley de Residuos y Suelos Contaminados. Mediante esta ley se procederá a incorporar a nuestro ordenamiento jurídico tanto la Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos como la Directiva de plásticos de un solo uso.

El proceso de transposición del paquete comunitario se completará en los próximos meses con la transposición de la Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases mediante un nuevo real decreto de envases y residuos de envases, adaptando también la normativa existente para este flujo de residuos que data de 1997.

Sentado lo anterior, es importante destacar que la futura ley no solo incorpora los nuevos principios comunitarios, sino que también se ha aprovechado para revisar algunos aspectos de la regulación vigente que se han visto necesarios tras más de diez años de vigencia de la ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados

El proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados tiene como fin último proteger la salud humana y el medio ambiente en la gestión de los residuos, contribuir a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de este sector (responsables del 4,4 % del total en 2019), reducir el impacto que determinados plásticos tienen sobre el medio ambiente y promover la economía circular.

La futura ley incorpora **nuevas definiciones**: por un lado las que proceden de la revisión de la directiva marco de residuos, como son la definición de régimen de responsabilidad ampliada del productor, relleno, valorización material para diferenciarla de la valorización energética o la de residuo municipal a efectos de los nuevos objetivos para estos flujos. Por otro, se incorporan las definiciones de la Directiva SUP como plástico, artes de pesca o productos del tabaco a efectos de esa Directiva. También se aprovecha para incorporar definiciones en relación con el traslado de residuos o incluir otras que ya están presentes en la vigente ley.

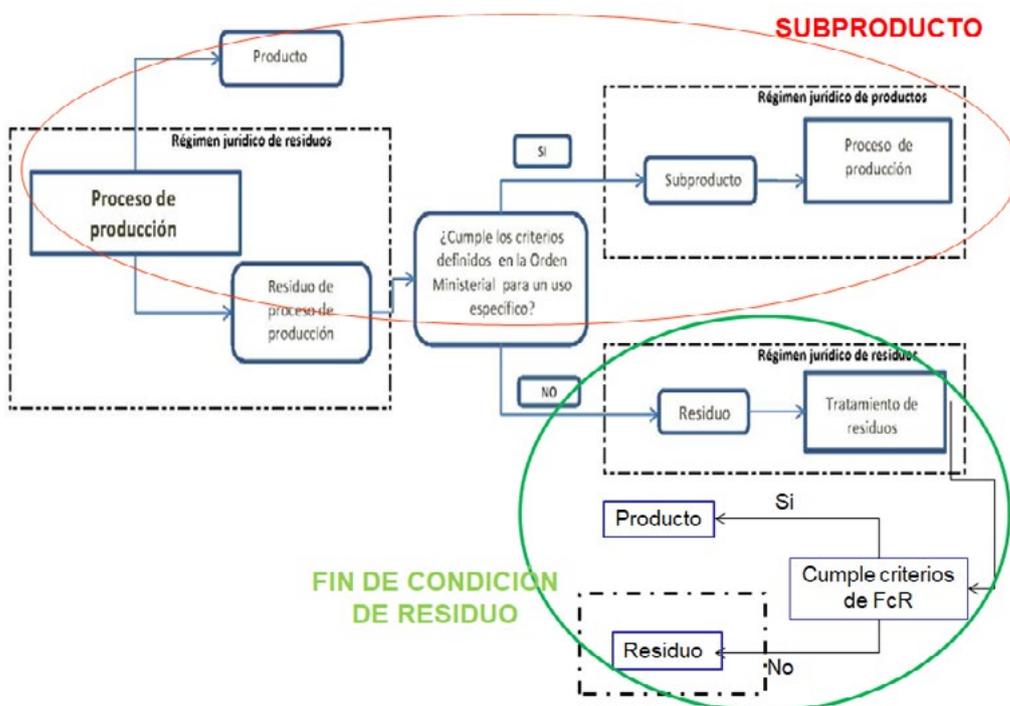
El **ámbito de aplicación** prácticamente no se ha modificado, pues la Ley se aplicará a todo tipo de residuos excepto los afectados por exclusiones totales, como por ejemplo las emisiones a la atmósfera, residuos radiactivos, o cuando cuentan con normativa propia, en cuyo caso es de aplicación supletoria si la normativa específica no contempla aspectos de gestión, como es el caso de las aguas residuales o de los subproductos animales no destinados al consumo humano (SANDACH). Por supuesto, la ley re-

gula también los suelos contaminados y los productos de plástico de un solo uso.

En los conceptos de subproducto y de fin de condición de residuo, elementos clave para acelerar la transición hacia la economía circular, se introducen cambios importantes.

Debe recordarse que el concepto de **subproducto** está vinculado a residuos de producción no generados intencionadamente en los procesos productivos que se pueden destinar directamente, sin transformación previa, a otros procesos o usos, siempre que haya seguridad en el uso y se cumpla con todos los requisitos de los productos, garantizando la protección de la salud humana y del medio ambiente en el uso o aplicación que se prevea. Si bien la

ley vigente de 2011 contemplaba su desarrollo a nivel nacional mediante orden ministerial, la futura ley permite su aplicación también al nivel autonómico, a la luz de la experiencia ganada, pues buena parte de las solicitudes recibidas están relacionadas con supuestos concretos, “caso a caso”, que no son de aplicación general en todo el territorio. La aplicación a nivel autonómico se contempla no solo cuando la empresa productora y usuaria está en una misma comunidad autónoma, sino que también cuando la empresa usuaria esté en otra comunidad, previo informe favorable de la misma. La declaración con alcance nacional, mediante orden ministerial, se reserva a la iniciativa del ministerio, o para casos en que lo solicite una comunidad autónoma.



En el caso del concepto de **fin de la condición** de residuo, vinculado a los residuos sometidos a un proceso de valorización, la ley recoge las cuatro condiciones que deben cumplirse y prevé el desarrollo a nivel nacional mediante orden ministerial. Pero, de nuevo, se contempla la posibilidad de un desarrollo a nivel autonómico

para supuestos caso a caso. El desarrollo a nivel nacional se prevé para aquellos flujos de residuos para los que el ministerio considere oportunos por su relevancia a nivel estatal o a la luz de los casos que vayan declarando las comunidades autónomas, al objeto de su armonización.



Respecto a los principios generales para que se aplique de forma efectiva la jerarquía de residuos, las autoridades ambientales deben introducir instrumentos económicos como por ejemplo tasas y restricciones al vertido e incineración, sistemas de pago por generación o regímenes de responsabilidad ampliada del productor, entre otros. En esta línea, se han incluido en la ley el impuesto al vertido de residuos, la incineración y la co-incineración de residuos y el impuesto especial sobre envases de plásticos no reutilizables, que más adelante veremos. Y por otro, en lo relacionado con los costes de gestión de residuos, aplicación del principio de “quien contamina paga”, ya que se ha previsto que las entidades locales habrán de establecer una tasa o una prestación patrimonial de carácter público no tributaria, diferenciada y específica para los servicios que deben prestar en relación con los residuos de su competencia, tasas que deberían tender hacia el pago por generación. Las entidades locales tendrán un plazo de dos años para desarrollar la citada tasa o prestación de forma que cuenten con financiación para la correcta gestión de los residuos de competencia municipal.

En lo que respecta a las competencias de las tres administraciones implicadas en la política de residuos se mantiene el esquema vigente, si bien se precisan algunas de ellas, por ejemplo, las asociadas a la vigilancia y puesta en el mercado. Además, dada la importancia y la necesidad de coordinación entre las tres administraciones implicadas en la política de los residuos, y tras el buen funcionamiento de la Comisión de coordinación en materia de residuos creada en 2011, se han ampliado sus competencias, añadiendo la elaboración de informes preceptivos en

relación con el régimen de responsabilidad ampliada del productor.

Prevención y gestión

Dada la importancia de la prevención en la jerarquía de residuos y, por ende, en la economía circular, la futura ley refuerza esta primera opción al objeto de que se desvincule el crecimiento económico de los impactos sobre la salud humana y el medio ambiente asociados a la generación de residuos. Para ello la ley establece nuevos objetivos, dando continuidad al lo previsto en la Ley 22/2011 que establece que, en 2020, se debía alcanzar una reducción en peso del 10 % de los residuos generados en ese año respecto de los generados en 2010. Así, en 2030 habrá que lograr un 15 % de reducción como también contempla la Estrategia Española de Economía Circular. Pero no solo eso, sino que la futura norma establece la obligación de adoptar medidas para reducir los residuos alimentarios un 50 % en los hogares y en la venta minorista y un 20 % en el resto de la cadena, para identificar los productos que contengan materias primas fundamentales a fin de prevenir que se conviertan en residuos o para frenar la basura dispersa, entre otros. Incorpora también la ley una serie de medidas concretas, como la prohibición de destruir los excedentes de productos no perecederos no vendidos como textiles, juguetes, etc., la prohibición de liberación intencionada de globos, la obligación de proporcionar agua del grifo tanto en las dependencias de las administraciones públicas como en espacios públicos, y de forma gratuita en el sector de la restauración y hostelería, reduciendo así el consumo de envases de un solo uso.



Stop destrucción
no vendido

En lo que respecta al régimen jurídico de la producción de residuos, el productor de residuos sigue siendo el obligado a asegurar un tratamiento adecuado del mismo. No obstante, se pasa de una responsabilidad delegada a una responsabilidad compartida cuando este entrega sus residuos a tratamientos intermedios o a un negociante, teniendo también responsabilidad de que se lleve a cabo el tratamiento completo. Con ello se evitan sucesos como los incendios de acopios de neumáticos que hemos padecido en el pasado, provocados por almacenamiento de residuos sin que se sometían a tratamiento. También se aclara que el productor del residuo es el que debe identificar los residuos, determinar si son peligrosos.

En lo que respecta al régimen jurídico de la gestión de residuos, la futura norma precisa el régimen de autorización en el caso de los gestores que realizan recogidas, de los que gestionan residuos en el suelo o de las instalaciones móviles. A ello hay que añadir una mejor y más precisa codificación de las operaciones de tratamiento que pueden llevar a cabo los gestores, lo que influirá en una mayor armonización entre las autorizaciones otorgadas por las autoridades autonómicas y en una mayor precisión a la hora de obtener información de los tratamientos de residuos en España.

Pero es el ámbito de la gestión donde se introducen las novedades más importantes. En primer lugar, se inclu-

ye la obligación de separar nuevos flujos de residuos: los biorresiduos (materiales vegetales de parques y jardines y materia orgánica de alimentos) a comienzos de 2022 para las entidades locales con más de 5000 habitantes y a comienzos de 2024 para el resto. Una vez separados en origen, el tratamiento de los biorresiduos podrá ser *in situ*, mediante el compostaje doméstico y comunitario, o bien en plantas específicas. La recogida separada de esta fracción, la mayoritaria de nuestros residuos, si se realiza adecuadamente, va a contribuir “por un lado” a obtener enmiendas orgánicas de calidad que puedan aportarse de forma segura a los suelos españoles, muy deficitarios en carbono en buena parte de nuestro país, y, por otro, a reducir las emisiones de GEI procedentes del depósito de residuos biodegradables en vertedero.

También deberán recogerse desde comienzos de 2025 los residuos textiles, los residuos voluminosos, los residuos domésticos peligrosos y los aceites de cocina. La mayoría de estos residuos ya se vienen recogiendo en muchos municipios por iniciativa propia mediante contenedores específicos o en los puntos limpios; se trata ahora de extender, con carácter general, tales obligaciones. Además, se aclara que estos flujos de residuos y aquellos para los que ya estaban vigentes recogidas separadas desde 2015 (plástico, metal, vidrio y papel y cartón), se han de separar no solo en los hogares, sino también en el sector comercial o el industrial.

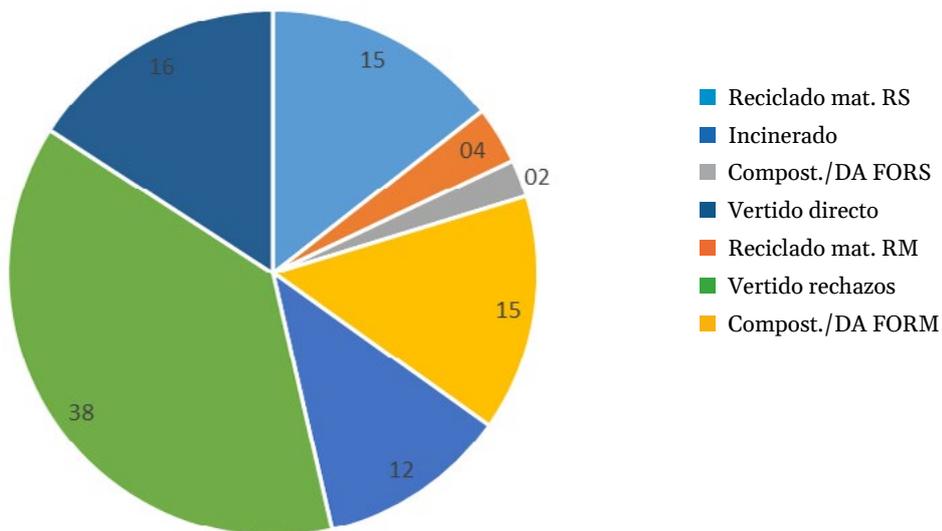


Otra de las novedades es la incorporación de los nuevos objetivos de preparación para la reutilización y el reciclado que la directiva de 2018 establece para los residuos municipales. Si en 2020 teníamos que destinar a estos tratamientos el 50 %, ahora tendremos que alcanzar el 55 % en 2025, el 60 % en 2030 y el 65 % en 2035. Esos porcentajes, además, habrá que alcanzarlos con una contribución

de la preparación para la reutilización de 5, 10 y 15 puntos porcentuales, respectivamente.

Lograr cumplir con todos estos objetivos es el gran reto de la política de residuos al que se enfrenta España. Si tenemos en cuenta nuestra situación con los últimos datos disponibles, correspondientes a 2018, el reciclado se sitúa en un 35 % y el vertido en más del 52 %.

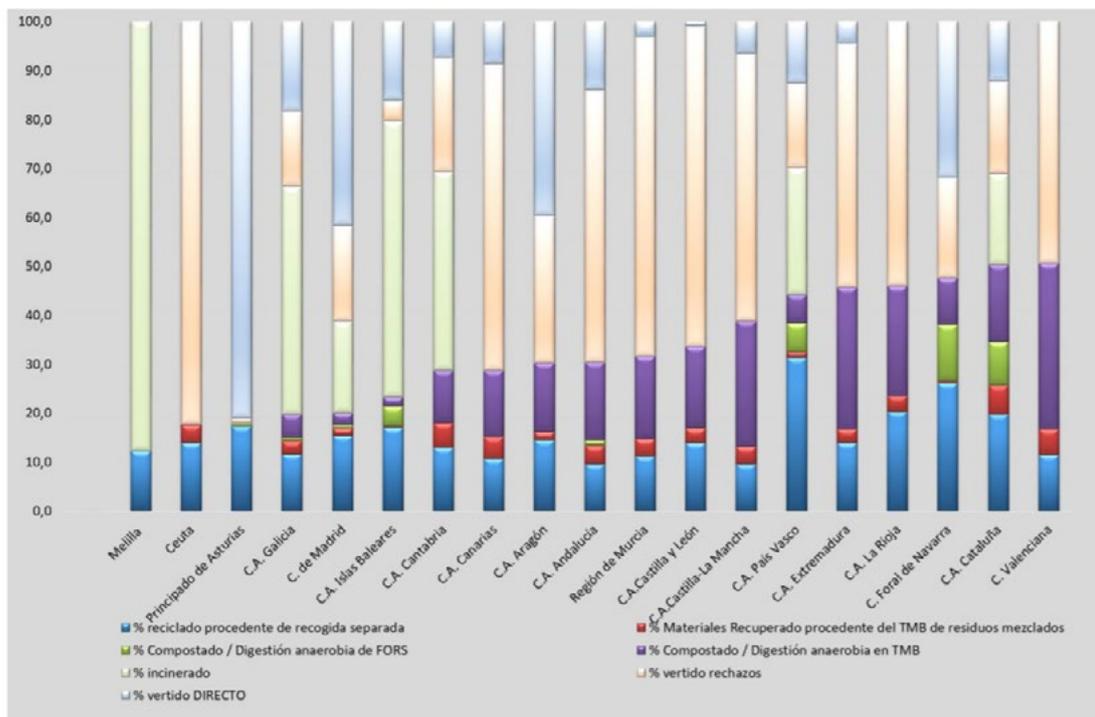
Gestión residuos municipales 2018



La situación es aún más compleja si cabe porque ahora estamos incluyendo en nuestro porcentaje de reciclado la materia orgánica que se recupera de nuestra fracción resto, lo que suponen 15 puntos porcentuales. Sin embargo, a partir de 2027 estas cantidades no podrán contabilizarse como reciclado, por lo que debemos considerar, de cara a planificar las actuaciones en materia de

recogida y reciclado, que nuestra situación de partida es de un 20 %.

En el siguiente gráfico podemos ver la situación a nivel de comunidad autónoma. Aunque algunas están próximas a cumplir el objetivo del 50 %, teniendo en cuenta las nuevas reglas vigentes a partir de 2027, como se ha mencionado, todas las CCAA deben acometer un esfuerzo adicional.



Fuente: Información proporcionada por las CCAA.

En definitiva, si España quiere lograr alcanzar los objetivos establecidos para los residuos municipales, los cambios a aplicar en su recogida y gestión, por las comunidades autónomas, pero sobre todo por las entidades locales, tanto municipios como sus agrupaciones, deben ser profundos. Es clave en ese cambio la recogida separada de las fracciones mencionadas anteriormente, que habrán de realizarse en cantidad y calidad suficiente (con bajo contenido de material no solicitado), entrando en juego nuevos modelos de recogida separada como el puerta a puerta, o la implantación de contenedores cerrados o con acceso restringido, que eviten el depósito indiscriminado de residuos. Para ello, no cabe duda, será necesaria también la implicación del ciudadano, que debe conocer con claridad qué debe depositar en cada contenedor y la frecuencia de recogida asociada en su caso. Las entidades locales deberán por su parte, facilitar información clara sobre las recogidas, llevar a cabo las correspondientes campañas de información y también la vigilancia para garantizar que la separación se ejecuta adecuadamente, corrigiendo desviaciones cuando se detecten. Todo ello requerirá la elaboración de unas nuevas ordenanzas que se ajusten a lo dispuesto en esta nueva legislación. Por supuesto, también deberán estar operativas en los plazos adecuados las plantas de tratamiento necesarias para gestionar los residuos recogidos separadamente.

Financiación

Dado que el reto al que nos enfrentamos es de suma importancia, el pasado 22 de marzo el Gobierno dio luz verde a la aprobación del reparto de una dotación de 421 M de € para subvenciones en materia de gestión de residuos. De ellos, 416,25 M€ proceden del Plan de apoyo a la implementación de la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) y a la normativa de residuos, incorporado en el componente 12 sobre Política Industrial del Plan de recuperación, transformación y resiliencia de España. Todos esos fondos, tras ser territorializados en Conferencia Sectorial el pasado 14 de abril, están destinados a la financiación de actuaciones como la implantación de nuevas recogidas separadas, especialmente biorresiduos, y mejora de las existentes; la construcción de instalaciones específicas para el tratamiento de los biorresiduos recogidos separadamente o de nuevas instalaciones de preparación para la reutilización y el reciclado de otros flujos de residuos recogidos separadamente y a inversiones relativas a instalaciones de recogida como puntos limpios, o a plantas de triaje y clasificación (envases, papel, etc.), o de tratamiento mecánico-biológico existentes.

La ley también incorpora nuevas obligaciones para los residuos de construcción y demolición, como son la clasificación en fracciones a partir de 2022, y la obligación

Incorpora también la ley una serie de medidas concretas, como la prohibición de destruir los excedentes de productos no perecederos no vendidos como textiles, juguetes, etc., la prohibición de liberación intencionada de globos, la obligación de proporcionar agua del grifo tanto en las dependencias de las administraciones públicas como en espacios públicos, y de forma gratuita en el sector de la restauración y hostelería, reduciendo así el consumo de envases de un solo uso

de que las obras de demolición se lleven a cabo de forma selectiva a partir de 2024. Todo ello al objeto de recuperar más materiales y de más calidad, de forma que se puedan aprovechar más fácilmente en el ciclo productivo.

Relacionado con ese tipo de residuo, y considerando los efectos que el amianto tiene en la salud de las personas, la futura ley incluye una disposición que obliga a los ayuntamientos a que antes del 1 de enero de 2023 elaboren un censo de instalaciones y emplazamientos con amianto con un calendario para su retirada, que comunicarán a las autoridades sanitarias y ambientales de forma que estas puedan inspeccionar para verificar que se han retirado y que finalizan en un gestor adecuado.

Otro elemento muy destacable para mejorar la gestión de los residuos es la incorporación del impuesto sobre la incineración, coincineración y el depósito en vertedero, con el objeto de disminuir estas opciones menos favorables desde el punto de vista del principio de jerarquía de residuos. Con esta figura se cumple con una de las recomendaciones que ha hecho la Comisión Europea a España al analizar nuestro riesgo de incumplimiento de objetivos y se armoniza la situación en todo el territorio del Estado, ya que no todas las CCAA tienen implantado un impuesto de este tipo y, en las que existe, cuentan con configuraciones diversas. De este modo, se pretende evitar el denominado “turismo de residuos” hacia las comunidades autónomas sin impuesto o con tipos más bajos. Se ha configurado como un impuesto cedido a las comunidades autónomas, las cuales en virtud de su autonomía financiera podrán destinarlo a mejorar la gestión de los residuos como ya se hace en algunas de ellas. Los tipos se han fijado en función de los tratamientos conforme a la jerarquía, siendo más elevado el del vertido que el de la incineración, y en función de los tipos de residuos objeto de ese tratamiento.

Por otro lado, la ley revisa la responsabilidad ampliada del productor en consonancia con la nueva regulación comunitaria, dirigida a armonizar el funcionamiento de estos instrumentos, evitando así diferencias que se vuelvan en ventajas competitivas. En ese sentido, las nuevas disposiciones abordan las posibles obligaciones que pueden imponerse a los productores, eliminando las trabas existentes a la implantación de los sistemas de depósito, devolución y retorno como modalidad de recogida que garantiza la devolución del producto o residuo, bien para su reutilización bien para su reciclado. Asimismo cuando se imponga la obligación de financiación, se establece qué costes de gestión deben financiarse por los productores y la posibilidad de ecomodulación de los mismos con criterios de economía circular. La modalidad de cumplimiento de las obligaciones sigue siendo la establecida en 2011: de forma individual o de forma colectiva, si bien en el pri-

mer caso, si hay acuerdos con otros actores, se precisa que debe haber una adecuada trazabilidad de la gestión de los residuos procedentes de sus productos, para evitar acudir a estos sistema por estar sometidos a un menor control administrativo y luego funcionar como si fuera un colectivo sometido a más requisitos. Por último se incorporan nuevos instrumentos para reforzar el control y transparencia de estos sistemas.

No puede obviarse que la regulación de la responsabilidad ampliada del productor en la ley constituye un marco básico que requerirá de desarrollo mediante un real decreto específico para cada flujo concreto de productos. Así la futura ley prevé su aplicación para ciertos productos de plásticos de un solo uso como artes de pesca, productos del tabaco, toallitas húmedas, globos, y recipientes de alimentos no envase antes de enero de 2025, pero también para textiles, muebles y enseres y plásticos agrarios no envases 3 años después de su entrada en vigor.

En relación con el posible establecimiento de sistemas de depósito, devolución y retorno para el caso concreto de los envases, deberá ser en el marco de la futura normativa de envases y residuos de envases donde se analice la procedencia de su establecimiento. Para ellos el ministerio está finalizando el estudio de viabilidad de estos sistemas, lo que facilitará la toma de decisiones en este ámbito.

Plásticos de un solo uso

En materia de plásticos de un solo uso, debemos recordar que los resultados de las campañas de caracterización de basuras realizadas en playas españolas entre 2013 y 2018 indican que los plásticos son los residuos más frecuentes (un 71,54 % del total). Dado que normalmente se asocian a fuentes terrestres, para evitar que acaben en nuestras playas y mares, la ley hace una apuesta decidida por una serie de medidas diferentes en función de las posibilidades de sustitución y las alternativas existentes. Estas medidas van desde la reducción, la sensibilización,

También deberán recogerse desde comienzos de 2025 los residuos textiles, los residuos voluminosos, los residuos domésticos peligrosos y los aceites de cocina. La mayoría de estos residuos ya se vienen recogiendo en muchos municipios por iniciativa propia mediante contenedores específicos o en los puntos limpios; se trata ahora de extender, con carácter general, tales obligaciones



el mercado y el ecodiseño, hasta el uso de instrumentos económicos como la responsabilidad ampliada del productor, llegando incluso a la restricción para determinados productos de plástico. Así, quedarán prohibidos los platos y las cuberterías de plástico, las pajitas, los agitadores de bebidas, los bastoncillos de algodón, varios artículos de poliestireno y las microesferas de plásticos de menos de 5 mm de espesor. En el caso de los vasos de plástico y de recipientes alimentarios asociados fundamentalmente a la práctica de “take-away”, se deberá trabajar en una sustitución por productos reutilizables o de otro material diferente al plástico para lograr una reducción del 50 % en 2026 y del 70 % en 2030; y desde 2023 se deberán cobrar de forma similar a como se hace para las bolsas de plástico. Además, los recipientes de bebidas tendrán que estar diseñados para que tapas y tapones no se separen de los envases desde 2024; las botellas de plástico, además de contener un porcentaje de plástico reciclado (25 % en 2025 para las botellas de PET y un 30 % en 2030 para todas las botellas), deberán

alcanzar un porcentaje de recogida separada del 77 % en 2025 y del 90 % en 2029. Otros productos como toallitas, productos de higiene femenina, productos del tabaco y vasos, deberán ir marcados indicando el impacto ambiental asociado a su abandono y cuál es su correcta gestión, marcado que debe hacerse conforme a los logos ya aprobados a finales de 2020. Esta regulación se completa con la aplicación de regímenes de responsabilidad ampliada del productor y medidas de sensibilización.

A lo anterior hay que sumar también el impuesto especial sobre envases de plástico no reutilizable, que tiene por objeto la prevención de residuos de este tipo de envases, sirviendo de acicate para combatir el sobreenvasado y la contaminación por plásticos, especialmente en el ámbito marino, y para incentivar la incorporación de material reciclado en los envases de plástico al gravarse únicamente la cantidad de plástico virgen que contiene el envase. Además, en la medida en que contribuye a una menor generación de residuos de envases de plástico y fomentar el reciclado, se reducirá la contribución de España al recurso

propio establecido en la UE sobre los envases de plástico no reciclados.

Por último, se introducen ciertas precisiones en el régimen de los suelos contaminados y la obligación de elaborar un inventario estatal sobre las descontaminaciones voluntarias que ya se permitieron con la ley 22 y se revisa el régimen sancionador tipificando nuevas infracciones como las asociadas a la quema de residuos agrarios o silvícolas sin autorización, y se actualizan la cuantía de las sanciones.

Este proyecto legislativo, en definitiva, supone un gran paso adelante en el proceso de revisión en profundidad de la normativa de residuos que estamos acometiendo desde el pasado año. En menos de un año se han aprobado cinco

reales decretos sobre aspectos tales como el traslado de residuos, la regulación de los vertederos o la gestión de flujos tan diversos como los neumáticos fuera de uso, los vehículos al final de su vida útil, los aparatos eléctricos y electrónicos o las pilas y baterías, y antes de que acabe el año se abordarán también los de garantías financieras y envases y residuos de envase. Pero, sin duda, el proyecto que inicia ahora su tramitación parlamentaria constituye la clave de bóveda del nuevo marco jurídico. Confiamos en que los grupos parlamentarios entiendan la relevancia y la urgencia que exige esta iniciativa y que pueda estar aprobada en los próximos meses, de modo que España esté en disposición de recuperar el tiempo perdido y dar el paso adelante que la sociedad nos demanda en materia de residuos y economía circular. ✿



El potencial de la economía circular en el sector energético



El Pacto Verde tiene objetivos específicos relacionados con la economía circular, como son la interconexión de los sistemas energéticos y el incremento de las fuentes renovables en la red.

Joan Batalla^{1,2}, Manuel Villa-Arrieta¹, Elisenda Jové-Llopis²

¹ Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental (Funseam).

² Cátedra de Sostenibilidad Energética (IEB-UB), Universitat de Barcelona.

Fotos: Álvaro López.

Economía circular para alcanzar la sostenibilidad

La economía circular se entiende como un modelo económico orientado a la creación de nuevas oportunidades de negocio y formas innovadoras que permitan producir y consumir de manera más eficiente en base a la “reducción, reutilización y reciclaje” de materias primas. A diferencia del modelo lineal “comprar, usar y desechar”, la economía circular reduce la necesidad de materias primas, aminora los costes energéticos aumentando la eficiencia, minimiza la generación de residuos, transforma los residuos en nue-

vas materias primas, incrementa la permanencia de los materiales y productos más tiempo en el círculo económico, genera oportunidades sociales y fomenta modelos de carácter colaborativo (Ellen MacArthur Foundation 2012, 2015).

El modelo económico lineal se basa en la producción de bienes a partir de la extracción de recursos naturales, consumidos y posteriormente desechados como residuos. Predominante desde la revolución industrial, este modelo es altamente extractivo, intensivo en el uso de recursos y generador destacado de los gases de efecto invernadero causantes de la crisis climática en la que estamos inmer-



El primer ciclo está relacionado con el control eficiente de los recursos en las operaciones habituales: pérdidas en la generación, transporte y distribución, etc.

Actualmente. Con el propósito de optimizar el uso de los recursos y materiales y desacoplar el desarrollo económico del consumo de recursos finitos se posiciona con fuerza replazar este modelo lineal por el circular. Además de dar respuesta a desafíos globales, la economía circular presenta una serie de oportunidades económicas, empresariales y sociales que se traducen, entre otras, en una mejora de la competitividad. El elevado potencial de creación de empleo, fomento de la innovación y notables ahorros de costes de las materias primas y energía, son beneficios claros que pueden ser conseguidos con la economía circular.

Avanzar hacia una economía más sostenible se estima que brindará grandes oportunidades económicas y sociales. Entre ellas, impulsará la competitividad de las economías al reducir su dependencia de materias primas y volatilidad de los precios, contribuirá a crear nuevas oportunidades de negocios más innovadores y eficientes con el uso de los recursos, creará puestos de trabajo, ahorrará energía y contribuirá a evitar los daños irreversibles causados al medio ambiente. Las cifras demuestran que entre 2012 y 2018, el empleo relacionado con la economía circular en la Unión Europea creció un 5 %, hasta alcanzar unos 4 mi-

llones de puestos de trabajo. Las proyecciones realizadas estiman que una apuesta decidida por la consolidación de la economía circular podría aumentar el PIB de la Unión Europea en un 0,5 % adicional de aquí a 2030 y crear unos 700 000 puestos de trabajo nuevos, especialmente, en las industrias relacionadas con la reutilización, reparación, rediseño o reciclaje (Comisión Europea, 2020).

La transformación de la economía al modelo circular no está exenta de dificultades. Sin embargo, se pueden solventar mediante la implementación de estrategias y planes de acción que aceleren la economía de ciclos cerrados. De este modo, antes de abordar el potencial de la economía circular en el sector energético, revisaremos previamente los objetivos de la normativa europea y española que marcan el camino hacia la circularidad de la producción y el consumo.

Situación y perspectivas de la economía circular

Comprender la situación y la evolución de la economía circular requiere, en primer lugar, examinar los diversos marcos de referencia orientados a definir el camino idóneo que permita avanzar a paso firme hacia un futuro más sostenible. Ante un desafío urgente y de carácter mundial como lo es el cambio climático, se articula una respuesta internacional y cohesionada. En este sentido, son dos los grandes marcos de referencia internacional que están guiando las políticas europeas en materia de desarrollo sostenible: el Acuerdo de París (Conferencia de París sobre el Clima, COP21) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Aunque ninguno de estos dos marcos cita explícitamente a la economía circular, sí que se encuentra recogido en ellos la necesidad de tratar de desacoplar el crecimiento económico del consumo de recursos y el deterioro del medio ambiente debido a los patrones de producción y consumo actuales, así como fomentar un uso eficiente de los recursos y un desarrollo sostenible.

Durante estos últimos años, han sido varias las políticas y medidas que desde la Comisión Europea se han ido definiendo con el propósito de abandonar progresivamente un modelo económico lineal en favor de uno más circular y sostenible. La crisis actual provocada por la pandemia de Covid-19 no ha hecho más que activar el ritmo de avance de las medidas adoptadas, y es que la económica circular se posiciona como uno de los ejes centrales de la recuperación económica

La reciente Ley de Cambio Climático y Transición Energética es una guía para la descarbonización de la economía española a 2050, apuntando al fomento de la economía circular y a la introducción de medidas para alargar la vida útil de los productos



El tercer ciclo está vinculado con la extensión del ciclo de las infraestructuras: reaprovechamiento de las centrales, redes y otros activos.

Frente a estos habilitadores globales, la Unión Europea ha confirmado reiteradamente su firme compromiso para liderar la lucha contra el cambio climático. Así lo demuestran los distintos esfuerzos orientados a cohesionar la política de medio ambiente y de energía y la implementación de sucesivos paquetes legislativos de gestión de residuos, vertidos, envases o residuos procedentes de los vehículos al final de su vida útil, así como la promoción de las energías renovables, el fomento de la eficiencia energética o el sistema de comercio de derechos de emisiones, entre otros. Ahora bien, el punto de inflexión lo marca la aprobación en 2019 del Pacto Verde Europeo, estrategia de crecimiento orientada a transformar Europa en el primer continente climáticamente neutro en 2050, estimulando la economía, mejorando el bienestar de los ciudadanos

y protegiendo la naturaleza (Comisión Europea, 2019). Si bien la acción del Pacto Verde Europeo se centra en una serie de áreas de carácter transversal que se consideran prioritarias para la consecución del objetivo final de abordar la gran transición hacia la sostenibilidad de la economía europea, éste presta especial atención a la movilización de la industria a favor de una economía limpia y circular.

Durante estos últimos años, han sido varias las políticas y medidas que desde la Comisión Europea se han ido definiendo con el propósito de abandonar progresivamente un modelo económico lineal en favor de uno más circular y sostenible. La crisis actual provocada por la pandemia de Covid-19 no ha hecho más que activar el ritmo de avance de las medidas adoptadas, y es que la economía circular se posiciona como uno de los ejes centrales de la recuperación económica. Se espera que los fondos europeos procedentes del paquete de estímulo *Next Generation EU* representen una oportunidad para reconfigurar el panorama industrial europea y agilicen la transformación hacia una economía circular.

Actualmente contamos con el Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular. Específicamente, el Plan busca establecer un marco legislativo sobre una política de productos sostenibles, aplicable de la forma más amplia posible, para abordar el diseño de los productos y conseguir que sean más circulares. Respecto a la participación de los consumidores, el Plan busca empoderarlos velando por brindarles información fiable y de calidad que les permita tomar decisiones óptimas y sostenibles. Por su parte en sectores como la electrónica y las TIC, los vehículos sostenibles y las baterías, los plásticos y los embalajes, el textil, el alimentario y la construcción, el Plan busca establecer actuaciones concretas para reducir el uso intensivo de recursos. Finalmente, el Plan busca fomentar las iniciativas transversales para mejorar el papel de la circularidad en las futuras revisiones de los planes nacionales de energía y clima con el propósito último de aumentar e intensificar sinergias que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

A nivel nacional, destacan varias medidas desarrolladas en materia de economía circular. Por un lado, el Pacto por una Economía Circular impulsado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del año 2019, que tiene como objetivo involucrar a los principales agentes económicos y sociales en esta transformación del modelo económico. Por otro lado, la Estrategia Española de Economía Circular (*España Circular 2030*) aprobada en junio de 2020, tiene como objetivos específicos reducir en un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB (respecto al 2010), reducir la ge-

neración de residuos un 15 % (respecto al 2010), reducir la generación residuos de alimentos en toda cadena alimentaria, incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10 % de los residuos municipales generados, reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂eq y mejorar un 10 % la eficiencia en el uso del agua. Por último, el Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023 presenta más de 100 medidas concretas que deberán permitir el desarrollo de los objetivos marcados por la Estrategia. Por su parte, la reciente Ley de Cambio Climático y Transición Energética es una guía para la descarbonización de la economía española a 2050, apuntando al fomento de la economía circular y a la introducción de medidas para alargar la vida útil de los productos.

Soluciones circulares en el sector energético

Como sabemos, la energía es determinante para el crecimiento y desarrollo de las sociedades, al mismo tiempo que una importante fuente de emisión de gases de efecto invernadero (responsable actual en Europa del 75 % de estas emisiones). No es extraño, por tanto, que el sector energético, en su compromiso con los objetivos europeos climáticos a 2030 y 2050, haya venido buscando la manera para alcanzarlos de una forma que sea eficiente en costes y sostenible desde el punto de vista de la competitividad. Consciente de que no existe una única vía para su consecución, el sector ve con aprobación la combinación de oportunidades que ofrece la economía circular en su modelo de negocio.

Aunque los desafíos globales son inmensos, el sector energético cuenta con una contrastada experiencia en la gestión eficiente de los recursos. La eficiencia es una actividad constante en toda la cadena del suministro energético, por lo que el sector puede apoyarse en su experiencia para potenciar aún más en su funcionamiento las ventajas de la economía circular. El abanico de opciones que brinda el modelo circular refresca el campo de actuación de los sectores energéticos tradicionales eléctrico, gasista y petrolero. Gracias a ello, para cumplir los objetivos climáticos globales hablamos ahora no solo de la electricidad, sino también del potencial de los gases renovables, el hidrógeno y los biocarburantes de nueva generación, en el marco de la economía circular.

El sector energético tiene por lo tanto un importante papel en el Pacto Verde Europeo. Su contribución se basa en tres principios clave: dar prioridad a la eficiencia energética y desarrollar un sector eléctrico basado en gran medida en fuentes renovables, conseguir un suministro energético seguro y asequible y un mercado de la energía plenamente



Figura 1. Situación de la economía circular. Fuente: Elaboración propia.

integrado, interconectado y digitalizado. Son dos los objetivos del Pacto Verde: que a 2023 los Estados miembros actualicen sus planes nacionales de energía y clima para reflejar el nuevo nivel de ambición climática y que a 2050 las emisiones que no se hayan eliminado sean absorbidas con tecnologías de captura y almacenamiento de carbono. El Pacto refuerza estas metas con objetivos específicos relacionados con la economía circular, como son la interconexión de los sistemas energéticos y el incremento de las fuentes renovables en la red, la promoción de tecnologías innovadoras y de infraestructuras modernas, el impulso de la eficiencia energética y el diseño ecológico de los productos, la descarbonización del sector del gas, el fomento de la integración inteligente en todos los sectores y la promoción de normas y tecnologías energéticas de la Unión Europea a nivel mundial.

En este contexto, los aspectos a abordar por el sector son el empoderamiento de los consumidores, la gestión de

materiales y residuos en las cadenas de valor de los suministros como las baterías, los aerogeneradores, los paneles fotovoltaicos, los edificios y otros activos; además, la revalorización de residuos y el autoconsumo energético. La economía circular constituye en sí misma un modelo de negocio con un enorme potencial, capaz de generar competitividad combinando innovación y sostenibilidad. Asimismo, la Estrategia Española de Economía Circular para 2030 tiene en cuenta la importante relación entre la economía circular y la transición energética, resaltando la existencia de las sinergias entre ambos conceptos y la convergencia en la necesidad de racionalizar al máximo el uso de los recursos y la descarbonización de la economía. En la transformación del modelo industrial lineal en uno circular, son por lo tanto determinantes el uso eficiente de la energía, el incremento de las energías renovables y el ecodiseño de productos con un consumo mínimo de energía durante su ciclo de vida.

Como se presenta en la Figura 2, la estrategia integrada de economía circular en el sector energético puede resumirse en tres ciclos de aplicación: el ciclo de operaciones del suministro de energía, el ciclo del consumo y el ciclo de vida de las infraestructuras.

El primer ciclo está relacionado con el control eficiente de los recursos en las operaciones habituales: consumo de materia prima, pérdidas en la generación, transporte y distribución, etc. Este ciclo genera, transporta y distribuye un producto final que debe ser maximizado y emisiones y residuos que deben ser minimizadas. El aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y las sinergias empresariales o sectoriales son sus principales actividades. A la ya conocida importancia del recurso solar y eólico se le suman otros recursos, como son los desechos de ciertas industrias revalorizados energéticamente como materia prima en la generación energética.

El segundo ciclo está relacionado con las nuevas tecnologías inteligentes, que sirven para empoderar a los consumidores en la gestión energética. El despliegue de redes y contadores inteligentes, sistemas de autoconsumo energético y la creación de comunidades energéticas son actividades incluidas en este ciclo, que ayudan a incrementar el aprovechamiento de los recursos energéticos locales y, por consiguiente, a mejorar la eficiencia

global de los sistemas energéticos nacionales. En este ciclo podemos incluir además el ecodiseño orientado a mejorar el desempeño de dispositivos de consumo energético a lo largo de su vida útil. Directamente relacionado con esto incluimos el etiquetado energético y de circularidad, cuya información sobre la sostenibilidad de los productos y servicios constituye una herramienta de comunicación clave para permitir que el consumidor discierna entre la oferta de éstos en el mercado.

Por otro lado, el tercer ciclo está vinculado con la extensión del ciclo de las infraestructuras: reaprovechamiento de las centrales, redes y otros activos. Los impactos ambientales que la economía circular puede evitar aquí se derivan de la construcción, desmantelamiento y demolición de las infraestructuras (Basque Ecodesing Center, 2020). Por ejemplo, debido a la antigüedad de los parques eólicos de España, en los próximos años puede esperarse un crecimiento notable de residuos de aerogeneradores asociados al desmantelamiento y repotenciación de los parques existentes. Por lo cual, existe todo un campo de trabajo para que, a partir de soluciones innovadoras, puedan ser reciclados de la forma más adecuada (MITECO, 2021).

Dadas las particularidades específicas del sector en función del vector energético de análisis, las soluciones de circularidad difieren. Es por ello que, en el análisis del potencial de la economía circular en el sector energético, hayamos optado por examinar a continuación, de forma independiente, las particularidades propias en el ámbito de la electricidad, los gases renovables, el hidrógeno y los biocarburantes de nueva generación.



Figura 2. Soluciones circulares en el sector de la energía. Fuente Elaboración propia.

La economía circular constituye en sí misma un modelo de negocio con un enorme potencial, capaz de generar competitividad combinando innovación y sostenibilidad

La electricidad como vector protagonista

Es consabido que la electrificación es uno de los principales caminos para descarbonizar la economía. Además de ser el vector energético fundamental para aprovechar las principales fuentes renovables solar y eólica, la generación eléctrica puede avanzar en el uso de fuentes bajas en carbono en la transición energética, como el gas natural o, como se verá más adelante, los gases renovables fruto de modelos industriales circulares. Aunque la eficiencia ha sido desde siempre una meta constante en la operación eléctrica para conseguir reducir costes y/o aumentar ingresos, la economía circular puede tener un destacado papel en la gestión energética.



El segundo ciclo está relacionado con las nuevas tecnologías como el despliegue de contadores inteligentes y sistemas de autoconsumo energético.

Acoplar la cadena de valor eléctrica a las etapas de la circularidad está relacionada con un amplio abanico de actividades conocidas como “energía circular”, que van desde revalorización energética o aprovechamiento de excedentes energéticos en la generación o en el consumo, pasando por el uso del hidrógeno como vector de generación o almacenamiento, hasta la gestión de la intermitencia de las renovables con otros sistemas de almacenamiento. Además, están el ahorro y eficiencia conseguidos del lado de la demanda con el uso de contadores inteligentes para mejorar la retroalimentación de la información energética (precios, consumo, aspectos ambientales), el autoconsumo energético y la creación de comunidades de energía positiva.

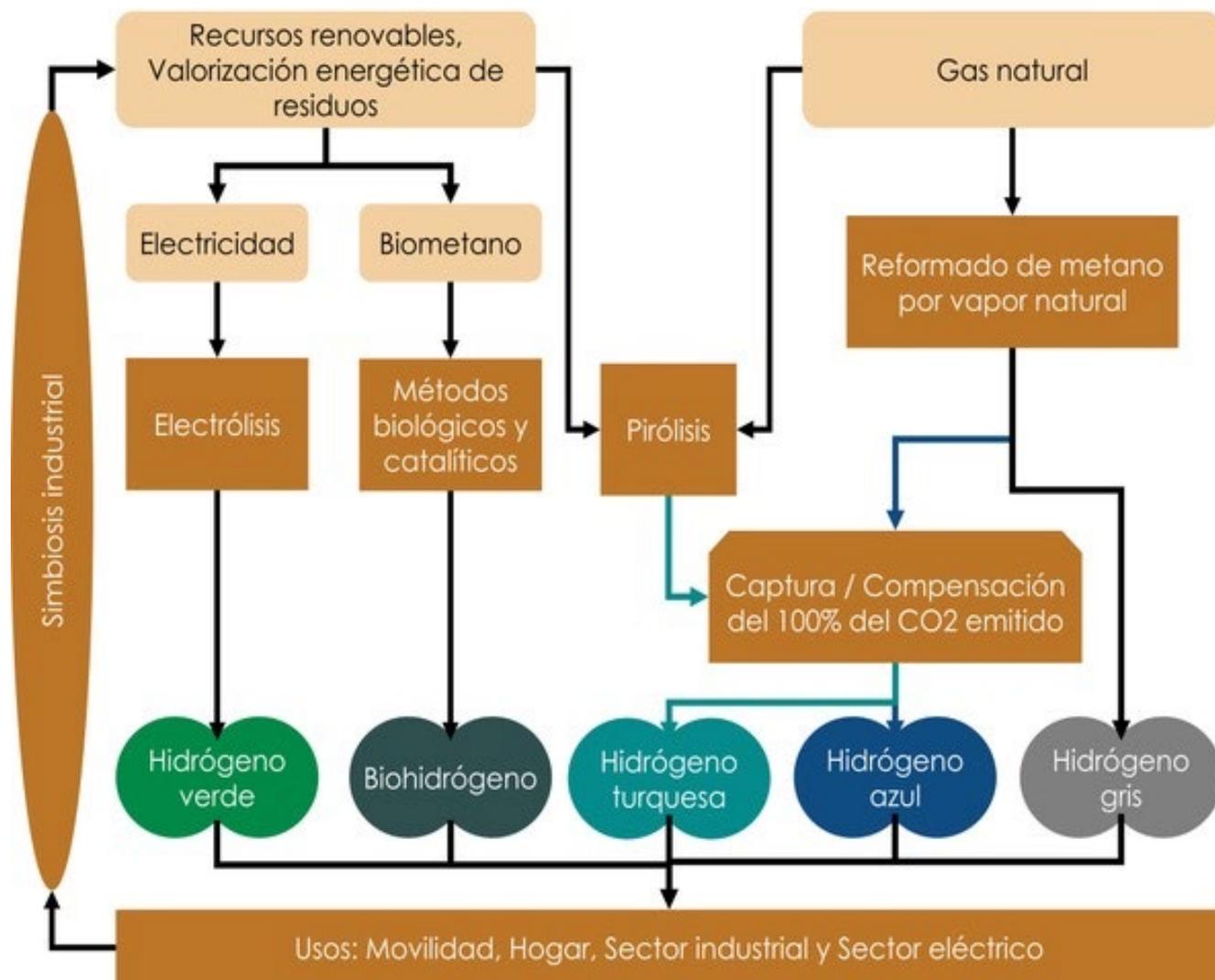
El potencial de los gases renovables

Dada la dificultad de alcanzar los objetivos de descarbonización solo con la electrificación, surge de nuevo el interés en los gases renovables, bien sea por el biometano, el gas de síntesis o el hidrógeno, como vector necesario y complementario al vector eléctrico. Todo ello, con la virtud adicional de poder usar en gran medida las infraestructuras existentes, evitando costosas y poco populares nuevas instalaciones. El biometano, por ejemplo, presenta múltiples ventajas ya que es equivalente al gas natural en cuanto a producción de energía, con una eficiencia y poder calorífico prácticamente idénticos. Es un recurso renovable respetuoso con el medio ambiente, fácil de almacenar y transportar y puede ser utilizado directamente en las instalaciones de gas natural sin necesidad de adecuar las infraestructuras de los consumidores.

Los gases renovables, en particular los obtenidos a partir de las tecnologías de digestión anaerobia y gasificación, constituyen una pieza clave para la implantación de soluciones de economía circular, ya que pueden obtenerse de la transformación de residuos de naturaleza orgánica y subproductos biodegradables en el marco de simbiosis industriales. España, en concreto, tiene un enorme potencial para su producción por la amplia gama de residuos que pueden ser valorizados energéticamente en el país, como son los residuos sólidos urbanos, los residuos ganaderos y agrícolas y los residuos de la industria alimentaria.

El hidrógeno salta al escenario

Siendo muy relevante el potencial de electrificación, éste se sitúa entre un 50 % y un 60 % de la demanda final de energía, por lo cual es necesario dar respuesta a las necesidades de descarbonización en sectores como el industrial o el transporte pesado con otros vectores energéticos. Alineado con la estrategia europea, para dar respuesta a este reto ha surgido el interés por el hidrógeno como activo



Los gases renovables, constituyen una pieza clave para la implantación de soluciones de economía circular, ya que pueden obtenerse de la transformación de residuos de naturaleza orgánica y subproductos biodegradables en el marco de simbiosis industriales. España, en concreto, tiene un enorme potencial para su producción por la amplia gama de residuos que pueden ser valorizados energéticamente en el país, como son los residuos sólidos urbanos, los residuos ganaderos y agrícolas y los residuos de la industria alimentaria



clave en el proceso de descarbonización total de todos los sectores económicos en el horizonte de 2050. Su capacidad de almacenamiento permite utilizarlo en momentos en el que determinadas renovables no pueden ser la solución a la generación eléctrica. Además de esta aportación en el respaldo en el funcionamiento y operación del sistema eléctrico, el hidrógeno puede ser utilizado como materia prima en diferentes sectores y para dar respuesta a necesidades térmicas o de generación de electricidad.

Actualmente, como materia prima en los procesos productivos, la demanda europea de hidrógeno ronda los 10 millones de toneladas y las fuentes no renovables de su generación suponen un 96 % de las fuentes a partir de las cuales se produce. En el caso español, anualmente se consumen alrededor de 500 000 toneladas, principalmente de tipología gris. Prácticamente la totalidad de este consumo se produce en fábricas de productos industriales y en refinerías del país. Volumen del que el 65 % del coste se lo lleva la energía necesaria para su generación. Dado que España prevé incrementar la generación de electricidad a partir de energía eólica y fotovoltaica, fuentes caracterizadas por la generación de excedentes en los momentos en que la oferta supera a la demanda, existe un enorme potencial para el aprovechamiento de esta energía excedentaria en la producción de hidrógeno verde.

Por otra parte, están, además, los biocarburantes avanzados, que son aquellos que utilizan como materia prima para su obtención la biomasa que no compite con el sector alimentario, como son los residuos agroindustriales, forestales, municipales, o bien de cultivos energéticos cuyo fin es, desde el principio, la obtención de energía. Al tener propiedades similares a los combustibles actuales, son compatibles con los vehículos actuales de combustión. Esto permite aprovechar la red de distribución y repostaje que existe sin necesidad de desarrollar infraestructuras de recarga o renovar el parque automovilístico.

Para su producción y distribución también se pueden utilizar las instalaciones existentes invirtiendo en la transformación de algunos de los procesos actuales. En la actualidad, las refinerías europeas se están transformando en polos energéticos capaces de tratar todo tipo de residuos orgánicos y convertirlos en combustibles de baja huella de carbono. Para que los biocarburantes constituyan una alternativa renovable para la sustitución de los combustibles fósiles, es necesaria una transformación de la industria del refino con el objetivo de que todos sus procesos y productos sean cero emisiones netas de la mano de la economía circular, reforzando su papel clave en la transición energética. ✿

Bibliografía y referencias

Basque Ecodesign Center (2020). ¿Cómo definir una política corporativa en economía circular en el sector eléctrico?

Comision Europea (2020). A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. COM/2020/98 final

Comision Europea (2019). The European Green Deal. COM/2019/640 final

Comision Europea (2015). Closing the Loop - an EU Action Plan for the Circular Economy. Brussels. COM/2015/0614 final

Ellen MacArthur Foundation (2012). *Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition.*

Ellen MacArthur Foundation (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.*

Elisenda Jové-Llopis (2020). Economía Circular: Situación y perspectivas. Informes Funseam 2020.

MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España (2021). Plan de acción de economía circular 2021-2023.



La nueva generación de automóviles eléctricos va a necesitar una mayor cantidad de componentes electrónicos, en los que se emplean metales como el neodimio, el praseodimio y el disprosio, para los imanes permanentes, y otros elementos como la plata, el indio, el tántalo o el lantano. Foto: Álvaro López.

Nuevos materiales, nuevas tecnologías y nuevos retos de la transición ecológica

Antonio Valero, Guiomar Calvo, Alicia Valero
Instituto Mixto CIRCE, Universidad de Zaragoza.

La transición energética y las tecnologías renovables para limitar los efectos del cambio climático a nivel mundial están en entredicho, porque su dependencia de materias primas críticas puede provocar en el corto plazo desabastecimientos y alta volatilidad de sus precios y en el largo plazo una gran injusticia generacional por dejar a las generaciones futuras leyes mineras muy bajas y costosas de extraer. Lo mismo ocurre con la transición digital e incluso con la transición alimentaria, por su dependencia en estos minerales que al ser escasos estarán sometidos a tensiones políticas y económicas poderosas. Es fundamental conocer dónde se usan y qué alternativas tenemos para mantener un suministro constante que no dependa de forma exclusiva de la producción primaria. Es necesario plantear esta cuestión en España para realizar una auténtica transición ecológica basada en la recuperación funcional de estos materiales de los residuos generados. La basura tecnológica es una oportuni-

dad para España, tanto en legislación, como en investigación, desarrollo empresarial, minería y cambio social. El Instituto CIRCE de la Universidad de Zaragoza lleva más de veinte años trabajando en este problema. En este artículo se explican algunos de los resultados alcanzados, corroborados recientemente por la Agencia Internacional de la Energía.

Las energías limpias, la movilidad sostenible, la alimentación y la sobrecogedora rapidez de la digitalización, están vinculadas a una demanda exponencial de materias primas escasas. Es necesario analizar los límites a su crecimiento y proponer soluciones. Llevamos más de veinte años trabajando y comunicando los riesgos de este preocupante tema, pero su visibilidad más pública se ha manifestado últimamente con el informe de la Agencia Internacional de la Energía, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, al movilizarse la

Es necesario plantear el tema de las materias primas críticas para realizar una auténtica transición ecológica basada en la recuperación funcional de estos materiales de los residuos generados. La basura tecnológica es una oportunidad para España, tanto en legislación, como en investigación, desarrollo empresarial, minería y cambio social

Unión Europea con el nuevo Pacto Verde y su programa *Next Generation* que promulga la transición ecológica integral de Europa.

Cada vez demandamos más elementos de la tabla periódica; hemos pasado de consumir en la prehistoria unos tres kilos de recursos naturales por habitante y día hasta los cuarenta y cuatro kilos que se consumen en nuestra sociedad industrializada. A esto hay que sumar que el avance tecnológico que ha tenido lugar con el paso de los siglos ha ido incrementando progresivamente el número de elementos que empleamos. De tan solo unos pocos en el siglo XVII (hierro, cobre, plomo...), hemos pasado a usar la práctica totalidad de los que figuran en la tabla periódica hoy en día.

Lógicamente, las nuevas tecnologías no son una excepción a este frenético aumento del ritmo de consumo. Cada vez confiamos más en multitud de aparatos eléctricos y electrónicos que parecen simplificarlos la vida. Las ventas de teléfonos móviles, por ejemplo, comenzaron a crecer rápidamente desde 2009, alcanzando cifras anuales aproximadamente constantes de 1,5 mil millones de teléfonos entre 2016 y 2020. Lo que resultó en ventas acumuladas entre 2007 y 2020 de casi catorce mil millones de teléfonos y casi duplicando la población mundial y algo más de ciento sesenta millones de tabletas electrónicas, solo en 2020 (Torrubia, Valero y Valero, 2021).

Todos estos dispositivos están compuestos por muchos elementos base como el acero, cobre o aluminio, pero también por otros metales menores que son escasos y cuya extracción, refinado y procesamiento requiere de ingentes cantidades de energía. Por otro lado, el aumento de las ventas y la renovación constante de estos aparatos lleva consigo un incremento de la cantidad de residuos generados.

Lamentablemente, en la gran mayoría de los casos, estos aparatos no se gestionan de forma adecuada cuando son desechados. Por ejemplo, un informe de las Naciones Unidas estimó en cincuenta millones de toneladas la generación de residuos compuestos de aparatos eléctricos y electrónicos, que incluyen no solamente teléfonos móvi-

les u ordenadores, también televisiones, tostadoras, aspiradoras o grandes electrodomésticos como lavadoras o frigoríficos, entre otros, solo para el año 2019. Esta cantidad en peso es equivalente a casi cuatro mil quinientas torres Eiffel de residuos (World Economic Forum, 2019). De todas estas toneladas, apenas un 20 % fueron sometidas a reciclado a través de los sistemas de gestión correspondiente. Dado que el crecimiento esperado de la venta de estos aparatos es de un 3 % anual, para 2050 podríamos llegar a generar un total de ciento veinte millones de toneladas de residuos de este tipo (Nijman, 2019). Tan solo en Europa se reemplazan un total de diez millones de teléfonos móviles cada mes, sin contar tabletas, ordenadores y equipos vinculados al internet de las cosas.

Pero esto no es más que un simple ejemplo de la demanda mundial de metales raros en la próxima generación. En realidad, los vehículos eléctricos, las energías renovables con sus baterías de almacenamiento energético, incluido el hidrógeno, la aviación comercial, sin olvidar las necesidades de equipos de defensa de los países, y la demanda creciente de fertilizantes son los que constituirán el grueso de la extracción de minerales. Es evidente que algunos de los elementos que los componen puedan llegar a presentar un riesgo de suministro considerable en el futuro. Son lo que usualmente denominamos materiales críticos, veamos con más detalle por qué se llaman así y cuáles son.

¿Qué consideramos un material crítico?

Un recurso natural puede ser considerado crítico cuando es escaso y al mismo tiempo es fundamental para la economía moderna (van Oers and Guinée, 2016). Ejemplos muy conocidos de este tipo de recursos son las tierras raras, que se extraen en muy pocas zonas a nivel global y cuyo uso en nuevas tecnologías no ha hecho más que incrementarse, pero hay muchas materias primas incluidas en esta lista.

Los criterios más habituales para que un elemento o materia prima sea considerada crítica se basan en que son pocos países donde se concentra su extracción minera y/o

su procesamiento. La Agencia Internacional de la Energía describe como “tres cuartas partes del suministro de litio, cobalto y tierras raras, están controladas por solo tres países. Así, la República Democrática del Congo (RDC) y China produjeron aproximadamente el 70 % y el 60 % de la producción mundial de elementos de cobalto y tierras raras, respectivamente, en 2019.” Además, el nivel de concentración es aún mayor para las operaciones de procesamiento, donde China tiene una fuerte presencia en todos los ámbitos. La posibilidad de perturbaciones en las cadenas de suministro o de tensiones comerciales monopolísticas ponen en riesgo la necesaria transición energética vinculada al Cambio Climático.

A nivel mundial hay muchos países que cuentan con listas de materiales críticos, entre ellos destacan Estados Unidos, Japón, Reino Unido o Australia. En el caso de la Unión Europea, en 1975 ya empezó la preocupación por el abastecimiento de materias primas. Desde entonces, los costes crecientes de la energía y su alta dependencia de las importaciones de ciertos recursos son temas candentes en la agenda política.

En el año 2008 se creó la Iniciativa de las Materias Primas, que es la responsable de elaborar, entre otras tareas, informes periódicos sobre qué materias son críticas para la comunidad y cuál es el impacto en su industria. Entre sus resultados figura la publicación y actualización de una lista de materias primas críticas para la Unión Europea. El primer informe, hecho público en 2011, incluía catorce

materiales críticos y desde entonces la lista ha ido aumentando hasta los treinta que aparecen en informe de 2020 (European Commission, 2020). Entre ellos destacan, como no, las tierras raras, los elementos del grupo del platino además de otros como el titanio, el niobio o el cobalto.

Como se puede deducir de estas listas de materiales críticos, gran parte de estos elementos se emplean en tecnologías muy relevantes en la actualidad (indio, galio, germanio, litio, niobio, tántalo...). Por tanto, no es de extrañar que en casi todos los países que hacen estudios de este tipo nos encontremos los mismos elementos y que, de hecho, sean los mismos que nos encontramos también en todas las nuevas tecnologías.

Curiosamente, no es la escasez geológica la que domina la definición económico-geopolítica de material crítico, sin embargo, si un elemento es abundante, su minería y procesamiento están distribuidos por toda la corteza y no generarán problemas de suministro. Por el contrario, si un mineral es geológicamente escaso o se presenta con leyes de mina muy raras, lo que provoca que su procesamiento sea costoso, tarde o temprano, generará problemas de suministro esencialmente vinculados a costes crecientes de energía, agua, residuos, problemas ambientales, sociales y económicos tales como corrupción, minería ilegal o riesgo de actuaciones monopolísticas. Y lo que es más grave, una injusticia generacional que dejará una escasez futura del acceso a minerales, un planeta pleno de residuos y altamente contaminado.

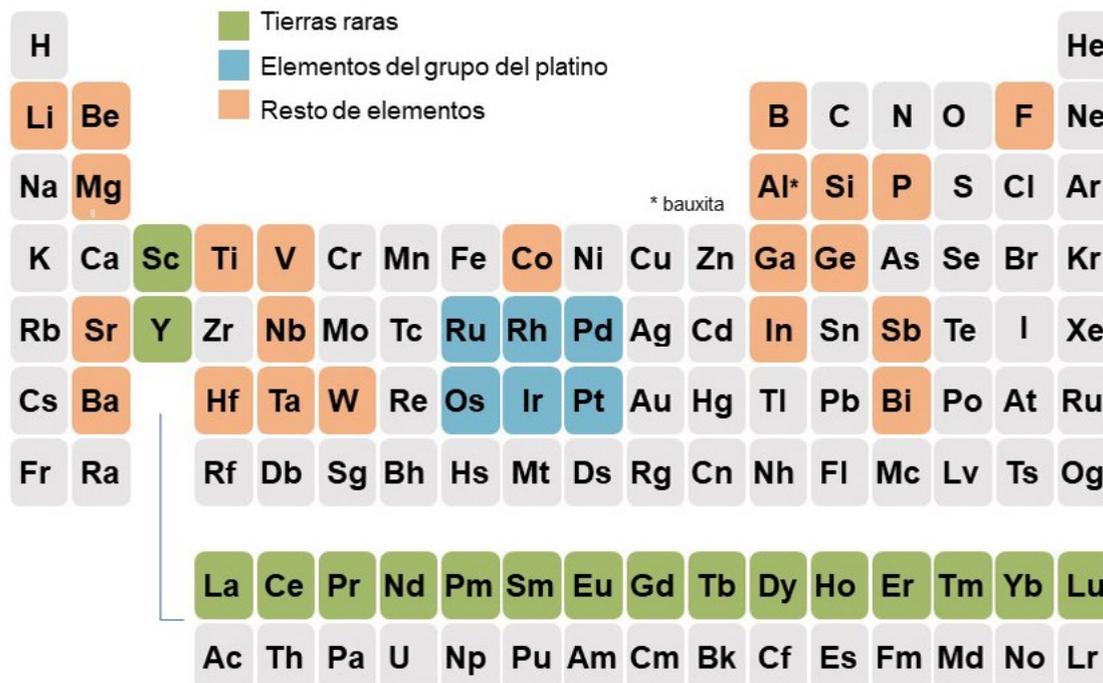


Tabla periódica donde aparecen resaltados los elementos considerados críticos para la Unión Europea en el informe hecho público durante el año 2020.



Entre 2007 y 2020 se vendieron casi catorce mil millones de teléfonos móviles. Foto Álvaro López.

Nuevos materiales para la transición digital, el caso de los teléfonos móviles

Un teléfono móvil no es solamente un aparato común, sino que es el equipo tractor e integrador de casi todas las nuevas tecnologías electrónicas y de comunicaciones. Esto es debido a su miniaturización y a su demanda mundial que genera economías de escala con costes constantemente decrecientes. De hecho, las aplicaciones del internet de las cosas están vinculadas a la sensorización y a la electrónica derivada de los teléfonos móviles. A su vez es el ejemplo más evidente del modelo de usar y tirar de nuestra sociedad en la que se incita a los usuarios a cambiarlo por otro equipo nuevo, con mayores prestaciones, en muchos casos innecesarias. Además, la propia miniaturización y su proliferación -una persona, un móvil-, hacen inviable la recuperación, por logística inversa, de la mayor parte de sus componentes más críticos.

Un teléfono móvil se compone de varias partes: pantalla, batería, cámara y placa base en el que está el circuito impreso que controla todas sus funciones, internacional-

mente se denomina PCB. De todas estas partes, esta es precisamente la fracción más heterogénea y complicada (Sahan *et al.*, 2019) ya que generalmente está compuesta por un 33 % de dispositivo semiconductor, 24 % de condensadores, 23 % de sustrato de circuito impreso, 12 % de resistencias y 8 % de otros. Así, las PCB se componen de materiales heterogéneos con una alta diversidad de elementos y concentraciones elementales: 44 % metales, 25 % óxidos metálicos y cerámicas, 26 % polímeros plásticos, 5 % bromo (E-Waste, 2013).

Muchos metales se emplean en todos estos componentes, desde el cobre para los cables, el oro, para bañar las placas al ser un metal muy buen conductor de la electricidad; la plata, que se emplea combinado con estaño en soldaduras; el tántalo, en los condensadores y distintas aleaciones que contienen de nuevo más tierras raras y que forman parte de los imanes permanentes que hay en el altavoz y en el micrófono. Aparte de la batería basada en iones de litio y muchos otros, como el galio, arsénico, fósforo, antimonio, silicio, plomo, hierro, zinc, niobio, titanio, platino, tántalo..., cada uno con una función muy concreta. En total nuestro teléfono móvil contiene más de treinta elemen-



Antiguas instalaciones de la mina de Rodalquilar (Níjar, Almería) de la que se extraían, entre otros elementos, oro y plata; cerró en la década de 1960.

Si queremos llegar a una transición energética completa y emplear solo fuentes de energía renovables y transportes basados en la electricidad, tanto la cantidad como la diversidad de materiales que se van a necesitar van a ser elevadas y pasaremos de una dependencia de los combustibles fósiles a otra multidependencia de materias primas críticas

tos químicos diferentes, un tercio de todos los elementos de la tabla periódica que tienen origen natural.

El peso medio de un teléfono móvil está entre los 140 y los 170 gramos, y gran parte corresponde a la carcasa y a la batería. Si quisiéramos recuperar, por ejemplo, el oro de los teléfonos, necesitaríamos una tonelada de teléfonos móviles para obtener unos doscientos gramos, ya que de acuerdo con la empresa Umicore, se necesitan 35 teléfonos móviles para conseguir un gramo de oro. Al precio actual del oro, en cada teléfono móvil hay oro por valor de 0,9 €. Pero pongamos esta cifra en perspectiva. En las minas resulta rentable extraer este preciado metal cuando hay más de cinco gramos de oro por tonelada de roca, aunque lo más habitual son las minas que tienen concentraciones entre ocho y diez gramos por tonelada. Es decir, en una tonelada de teléfonos móviles tendríamos más de veinte veces más que en las minas; hay más oro en nuestras montañas de teléfonos usados que en las minas que se explotan hoy en día.

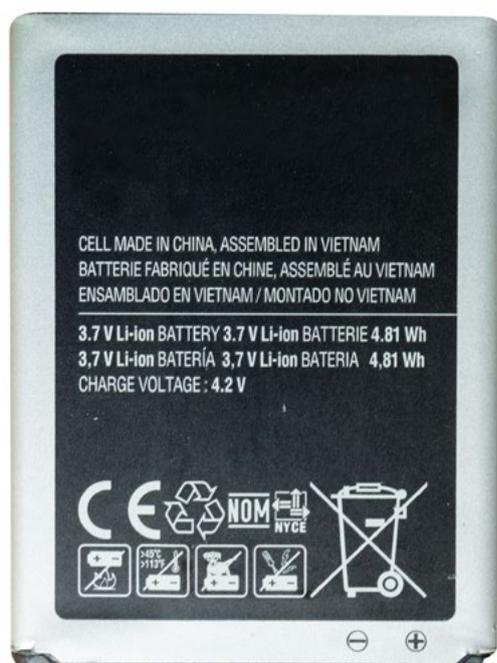
Haciendo un cálculo sobre los casi catorce mil millones de teléfonos acumulados entre 2007 y 2020 en el mundo (*Statista, Mobile phones between 2007 and 2021*), los elementos más abundantes incorporados en sus PCB fueron el cobre (98 000 toneladas), silicio (23 000 t), bromo (17 000 t) y aceros diversos (12 000 t). Sin embargo, algunos elementos, a pesar de tener menos cantidad incorporada en

estos componentes, son muy significativos con relación a su producción anual. Ejemplos de esta situación los encontramos en el paladio, se necesitaron 74 toneladas, mucho si lo comparamos con su producción anual en 2019, que apenas supera las doscientas toneladas (Garside, Pd, 2021). Lo mismo sucede con el tántalo, en esos teléfonos móviles hay unas 600 toneladas sobre una producción de 1 800 t (Garside, Ta, 2021), el galio, 46 t sobre 351 (USGS, Ga, 2021), el oro, 250 t sobre 3 200 (Garside, Au, 2021), el indio, con 25 t sobre 760 (Sönnichsen, In, 2021), el platino con 5,2 t sobre 170 (Garside, Pt, 2021) o la plata, con 750 t sobre 26 500 (Garside, Ag, 2021).

Los teléfonos móviles son la punta del iceberg, porque de acuerdo con el informe *The Global E-Waste Monitor 2020* la generación mundial de residuos electrónicos (RAEE) alcanzó el año pasado los 53,6 millones de toneladas (Mt), de los que 12 Mt corresponden a Europa. Se prevé que en 2030 se alcancen los 74 Mt con una tasa de duplicación de tan solo 15 años respecto a 2014.

Todos estos datos nos ayudan a destacar la importancia de reciclar estos elementos que podrían ser una importante fuente secundaria de materiales en el futuro para reducir el impacto ambiental mediante el uso de residuos de PCB y evitar parte de la extracción de minerales. Esto ayudaría a mitigar los impactos ambientales, que serán mayores en el futuro a medida que se agoten las minas actuales. Además, tal y como acabamos de ver, algunos de estos elementos como el tántalo, galio, indio y platino, son considerados críticos por la Comisión Europea debido a su importancia económica para el desarrollo tecnológico (European Commission, 2020). A esto hay que sumar que se espera que aumenten su demanda en un futuro próximo, por lo que fuentes secundarias de estos elementos podría ser crucial.

El gran problema del reciclado de estos residuos es de naturaleza entrópica. Es muy costosa la logística inversa para concentrar los teléfonos obsoletos y guardados en domicilios dispersos por todo el planeta. Y una vez concentrados, es muy complejo recuperar todos sus elementos, pues son el mejor ejemplo de “híbridos monstruosos” (McDonough, y Braungart, 2005). En efecto, la separación de, por ejemplo, el oro, deja un residuo mucho más irrecuperable que su antecesor, de tal forma que cada separación por procesos químicos se complica tecnológicamente y encarece la recuperación de los siguientes elementos. La falta de un ecodiseño apropiado es crucial pues permitiría desensamblar y reponer sólo aquellas partes obsoletas o deterioradas. El fin de vida de un componente nunca debería ser el fin de vida del equipo entero. Falta investigación, legislación, industrias del reciclado y concienciación de la sociedad de este fenomenal problema oculto en vergonzosos vertederos.



Las baterías de los móviles pueden contener, además de iones de litio muchos otros minerales, como el galio, arsénico, fósforo, antimonio, silicio, plomo, hierro, zinc, niobio, titanio, platino, tántalo. Foto: Álvaro López.

Materiales críticos en la transición energética

Siendo los teléfonos móviles un motivo serio de preocupación, son las energías renovables las que más van a demandar materiales críticos. Una potencia eléctrica de 1000 MW, instalada con 200 aerogeneradores de 5 megavatios (MW), necesita actualmente unas 160 000 toneladas de acero, 2000 de cobre, 780 de aluminio, 110 de níquel, 85 de neodimio y 7 de disprosio. La misma potencia instalada con gas natural como combustible requiere unas 5500 toneladas de acero, 750 toneladas de cobre y 750 de aluminio aproximadamente, es decir, unas 25 veces menos cantidad de metales que en el caso de la eólica (Valero, *et al.* 2018 a,b). Si tenemos en cuenta que en el mundo se producen unas diecisiete mil toneladas de neodimio metálico al año y que la tendencia consiste en instalar cada vez más aerogeneradores, estamos en una situación de riesgo, que podría obstaculizar los esfuerzos internacionales para abordar el cambio climático. El neodimio y el disprosio son los componentes esenciales de los imanes permanentes necesarios para la conversión de la energía mecánica de rotación en energía eléctrica en el generador.



Parque solar de Gelsa (Zaragoza).

La energía fotovoltaica no se escapa del problema pues las células convencionales necesitan cobre, estaño y plata además de silicio. Pero las nuevas más eficientes necesitan indio, galio y selenio, o telurio y cadmio dependiendo de la tecnología utilizada. Se espera de las tecnologías fotovoltaicas un mayor crecimiento que la de la propia eólica. Por contraste, la irreciclabilidad de los paneles solares es mucho mayor que la de los componentes metálicos de los aerogeneradores.

Asimismo, la intermitencia del viento o la cadencia día/noche hace necesario o un almacenamiento energético

masivo o una potencia instalada distribuida por el territorio unas tres veces mayor que la potencia de una central térmica convencional. El almacenamiento de energía es consustancial con la energía renovable. Si éste es por baterías, demandará masivas cantidades de litio, grafito y cobalto junto con níquel, manganeso y aluminio entre otros. De nuevo, algunos elementos muy escasos de la corteza terrestre. Si el almacenamiento es por hidrógeno, requerirá níquel y circonio para los electrolizadores y metales del grupo del platino para las células de combustible. En mayor o menor medida todas las energías renovables necesitan elementos no frecuentes en la naturaleza, ver por ejemplo (Valero An. y Valero Al., 2014).

El vehículo eléctrico y digital. La nueva movilidad

El concepto de vehículo ha cambiado radicalmente en lo que llevamos de siglo XXI. La electrónica ha desplazado a muchas funciones mecánicas, los nuevos materiales han disminuido el peso o aumentado sus prestaciones y los vehículos eléctricos sustituirán en gran parte a los motores térmicos. Ello lleva consigo la incorporación de componentes nuevos que utilizan actualmente hasta más de cincuenta elementos químicos.

En efecto, la nueva generación de automóviles va a necesitar una mayor cantidad de componentes electrónicos, en los que se emplean metales como el neodimio, el praseodimio y el disprosio, para los imanes permanentes, y otros elementos como la plata, el indio, el tántalo o el lantano (Ortego *et al.*, 2018). Pero en especial, requerirán elementos que son básicos en las baterías tales como el litio, el cobalto, el níquel o el manganeso.

En peso, el hierro es lógicamente el elemento que mayor relevancia tiene en un vehículo, al estar presente en multitud de componentes, seguido del aluminio y del cobre y tan solo una pequeña pero importantísima fracción del total lo componen elementos menores pero críticos. Aquellas piezas del vehículo donde se emplean estos elementos críticos son el motor, la caja de cambios, o la unidad de info-entretenimiento y es precisamente ahí donde volvemos a encontrarnos con los componentes eléctricos y electrónicos que tantos metales raros necesitan.

La gran mayoría de estos componentes críticos, cuando un vehículo se lleva a un centro autorizado de tratamiento para su destrucción y reciclado, se pierden. En estos centros tan solo se eliminan manualmente los elementos peligrosos (como aceites, combustibles, etc.), las ruedas y los catalizadores, entre otros. Después el vehículo va a parar a una fragmentadora, donde todos los metales terminan mezclados y tras la cual se separan las fracciones férricas de las no férricas, y del resto que suele ir a vertedero. Se

El proceso de reciclado en el sector del automóvil, y en general de cualquier producto, está diseñado para recuperar el mayor porcentaje posible del objeto en peso, pero se olvida de los metales menores cuya masa relativa es poco relevante y que sin embargo son elementos extremadamente críticos para nuestra sociedad actual

recicla más del 85 % del vehículo en peso, tal y como marca la legislación vigente, pero de los más de cincuenta elementos diferentes de los que está compuesto un vehículo, tan sólo el acero, aluminio, cobre, plomo y los metales del catalizador se reciclan.

¿Qué ocurre entonces con el litio, cobalto, manganeso, níquel, tierras raras, galio, indio, niobio, tántalo..., muchos de los cuales son considerados críticos para la Unión Europea y otras economías? La respuesta es que o bien acaban en el vertedero junto con el ASR (mezclas de plásticos, gomas y espumas), o bien mezclados en muy pequeñas cantidades en distintas aleaciones. Es decir, se están subciclando.

El subciclado puede definirse como el proceso de reciclado en el que el producto final tiene un valor inferior al producto inicial. Por ejemplo, el tántalo puede acabar en aleaciones de acero o aluminio en pequeñísimas cantidades. Este elemento valioso no confiere ninguna propiedad especial a la aleación; de hecho, incluso puede dar lugar a aceros con unos contenidos máximos de ciertos elementos demasiado elevados que impiden su uso en determinadas aplicaciones, por lo que habrá que añadir acero virgen para poder recuperarlo. Así que el tántalo, aunque no haya acabado en un vertedero, habrá perdido su funcionalidad original como material semiconductor usado principalmente en condensadores.

En un estudio reciente se detectó que, de diecisiete metales analizados, tan solo el platino de los convertidores catalíticos era reciclado de forma funcional, es decir, que se volvía a recuperar y emplear para la misma aplicación, el resto se “perdían” (Andersson *et al.*, 2017). Otro ejemplo lo vemos en el níquel, tan solo el 40 % del níquel contenido en automóviles se reutiliza en rollos de chapa de aceros por su contenido en níquel, un 40 % se subcicla junto a otros metales y el restante 20 % termina en vertederos (Nickel Institute, 2016).

En resumen, el proceso de reciclado en el sector del automóvil, y en general de cualquier producto, está diseñado para recuperar el mayor porcentaje posible del objeto en peso, pero se olvida de los metales menores cuya masa relativa es poco relevante y que sin embargo son elementos extremadamente críticos para nuestra sociedad actual.

La agricultura y la transición alimentaria

La biomasa que extraemos de los campos, no es solo materia orgánica compuesta esencialmente de carbono, hidrógeno y oxígeno. También contiene nitrógeno, fósforo, azufre, sodio, potasio, calcio, cloro, flúor, cobre, cobalto, manganeso, zinc, silicio, ..., y una inmensa cantidad de componentes orgánicos. Al usarla como combustible, se destruye esa riqueza mineral que se convierte en cenizas corroyendo y complicando los equipos de combustión. En consecuencia, los suelos se empobrecen en minerales que hay que reponer en forma de fertilizantes y enmiendas agrícolas, contribuyendo a agotar los recursos no renovables del planeta. Excepto para materiales altamente recalcitrantes, el consumo de biomasa para fines energéticos debería limitarse y devolver al suelo los elementos que se le han extraído en la cosecha o utilizarla como materia prima para un fin mejor como las biorrefinerías. La agricultura global da cuenta del 24 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2014).

El elemento crítico más esencial en la agricultura es el fósforo que en forma de ion fosfato es clave para la síntesis de ARN y ADN y por tanto para la vida, sin posibilidad de reemplazarlo por ningún otro elemento químico. Su conservación es estratégica para mantener la vida en este planeta. Afortunadamente, los suelos como receptores de todos los detritus son potenciales suministradores de fósforo, sin embargo, en vez de investigar cómo explotarlo, se recurre a la relativamente escasa roca fosfática que se

La producción de alimentos es insostenible. Utiliza nitrógeno sintético, fósforo mineral, un uso masivo de agua que representa el 70% del agua extraída de los acuíferos, arroyos y lagos, aplica intensivamente pesticidas, consume una energía fósil que multiplica por más de diez la energía de los alimentos que ingerimos (Torres *et al.* 2013), y en términos energéticos, se pierde en residuos más del 80% de la producción agroganadera antes de procesarse

utiliza para producir el fertilizante industrial. En lo que va de siglo XXI, la utilización de fertilizantes se ha incrementado en más de un 42 %. De acuerdo con Bouwman *et al.* (2016) entre 9 a 14 millones de toneladas que acaban en los océanos aumentando de esta forma su dispersión y perdiendo capacidad de ser aprovechado. Steffen *et al.* (2015) advierten que los límites planetarios de los ciclos de nitrógeno y fósforo se han sobrepasado y aun así sigue aumentando su consumo a unas tasas de entre 2 y 3 % anual. En el largo plazo y si la tendencia no cambia, el agotamiento de las minas de fosfatos podría provocar un colapso mundial en la alimentación humana.

La producción de alimentos es insostenible. Utiliza nitrógeno sintético, fósforo mineral, un uso masivo de agua que representa el 70 % del agua extraída de los acuíferos, arroyos y lagos, aplica intensivamente pesticidas, consume una energía fósil que multiplica por más de diez la energía de los alimentos que ingerimos (Torres *et al.* 2013), y en términos energéticos, se pierde en residuos más del 80 % de la producción agroganadera antes de procesarse. Bajo estas condiciones, la demanda de superficie arable, tendría que aumentar entre un 70 y un 110 % en 2050, lo que llevaría a cabo un proceso mundial de deforestación, aparte de una degradación creciente de los suelos fértiles. El 35 % del grano mundial se emplea para alimentar al ganado. Reducir el consumo de carne en un 10 % pero suministrando las mismas calorías, reduciría el consumo de combustibles fósiles en un 6 % y los requerimientos de superficie cultivada en un 13.5 %. Los alimentos desperdiciados en últimas etapas son críticas en el ahorro. Según la FAO y otros autores se podría aumentar el rendimiento de los cultivos por hectárea entre el 45 y el 75 % si se aplicara eficientemente la tecnología actual (FAO, 2017; Waggoner *et al.*, 2002).

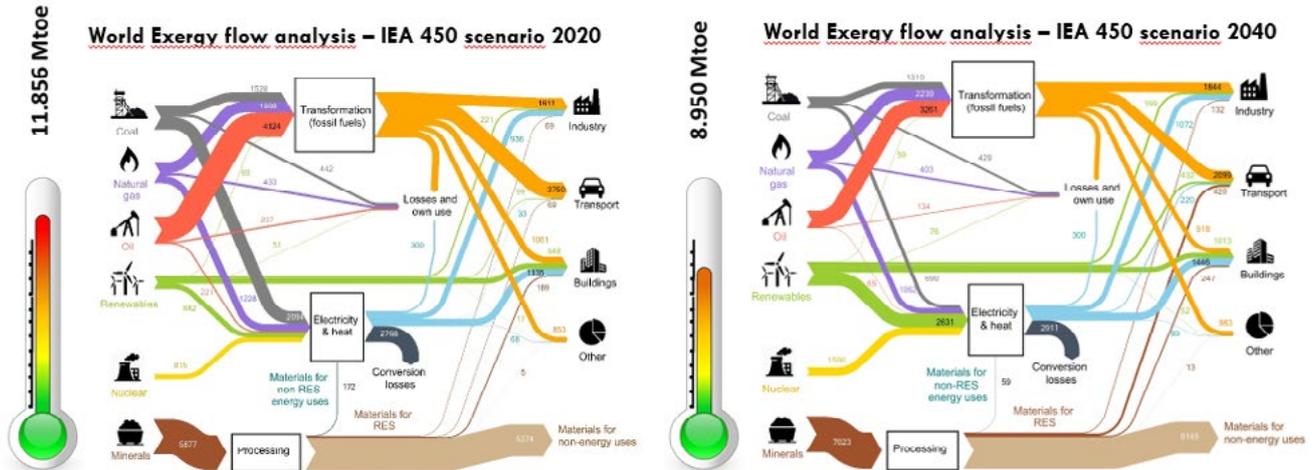
En definitiva, la biomasa para usos energéticos no solo está compuesta por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, sino por metales escasos que será necesario ahorrar para mantener la alimentación de las generaciones futuras. Es

decir, la transición alimentaria hacia la sostenibilidad requiere reponer todos los elementos químicos y nutrientes que se extraen de los suelos. Ello conduce al desarrollo de la Bioeconomía circular. Si no es así, estaremos sujetos a fertilizantes de origen mineral, especialmente los fosfatos cuya disponibilidad limitará la cantidad de alimentos que el ser humano podrá crear en el futuro, pues en este caso no habrá elemento químico sustitutivo. Y la producción de fertilizantes nitrogenados deberá realizarse con electricidad renovable, lo que la vincula a la transición energética, pues más del 2- 3 % de la energía primaria del planeta se utiliza para romper la molécula de nitrógeno mediante la síntesis Haber-Bosch (Valero, A. 2019).

Qué nos depara el futuro

Si queremos llegar a una transición energética completa y emplear solo fuentes de energía renovables y transportes basados en la electricidad, como acabamos de ver, tanto la cantidad como la diversidad de materiales que se van a necesitar van a ser elevadas, pasaremos de una dependencia de los combustibles fósiles a otra multidependencia de materias primas críticas, como pusimos de manifiesto en el artículo “Global material requirements for the energy transition. An exergy flow analysis of decarbonisation pathways” (Valero *et al.*, 2018). Desde una perspectiva termodinámica, basada en una nueva propiedad que propusimos llamar “rareza termodinámica” que tiene en cuenta la calidad física de las materias primas en términos de escasez y energía necesaria para extraer y refinar los materiales, pudimos comprobar que los minerales, medidos en unidades de rareza, van a tener una presencia cuantitativa enorme en la transición energética, tal y como muestra la siguiente figura.

Teniendo en cuenta las necesidades del presente y futuras de estos elementos críticos y la composición de aerogeneradores, paneles solares y vehículos eléctricos actuales, se puede hacer una estimación de cuánto vamos a deman-



-25% Energía pero +16% minerales!

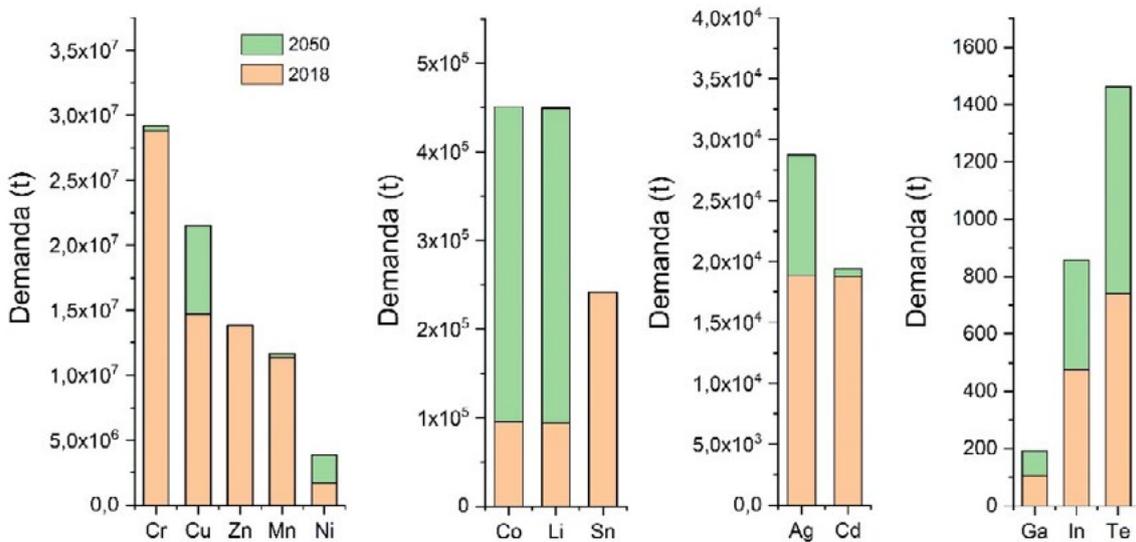
Análisis exegético de la Transición Energética en el que se observa que el impacto de la rareza de los metales empleados en la transición energética superaría en 2040 a toda la producción eléctrica actual con combustibles fósiles. Fuente: Valero *et al.* (2018).

dar en el futuro. Hay trece elementos que, a primera vista, resultarán más importantes que el resto por los posibles problemas de suministro que podríamos tener, y son los que aparecen en la figura, entre ellos están el cadmio, el cobalto, el galio, el indio o el litio (Calvo *and* Valero, Al., 2021).

Aquellos que van a experimentar previsiblemente un mayor aumento en la demanda en las tecnologías renovables son el litio, el cobalto, el telurio, el níquel y el indio. En el

caso del indio y del telurio, habrá un aumento considerable en su demanda para la fabricación de paneles solares y el aumento del litio y cobalto se explica principalmente por su uso en las baterías de los vehículos eléctricos.

Muchos de estos elementos se producen hoy en día en países que tienen una situación que deja bastante que desear en cuanto a legislación medioambiental o derechos humanos y cuya futura extracción podría llegar a estar en riesgo al proceder de tan solo unos pocos países. Por ejemplo, el



Aumento de demanda de ciertos elementos, comparando la demanda de 2018 con la esperada en 2050 de las tecnologías renovables (manteniendo la demanda del resto de sectores constante).



Un informe de las Naciones Unidas estimó en cincuenta millones de toneladas la generación de residuos compuestos de aparatos eléctricos y electrónicos, sólo para el año 2019. De todas estas toneladas, apenas un 20% fueron sometidas a reciclado a través de los sistemas de gestión correspondiente. Foto Álvaro López.

principal productor a nivel mundial del telurio y del indio es China (más de 60 y 40 % del total, respectivamente) y como hemos visto, la República Democrática del Congo produjo más del 70 % del cobalto a nivel mundial en 2020 (USGS, 2020). Por otro lado, este consumo creciente va ligado a las dificultades de aumentar la producción, dado que, en algunos casos, como el cobalto, al ser subproductos, su producción viene limitada por la producción primaria de otro metal, en este caso el cobre o el níquel.

Hemos presentado estas previsiones desde 2014, año en el que publicamos el libro *Thanatia: the destiny of the Earth's mineral resources*, (Valero, A y Valero, A, 2014). Muchos otros investigadores han planteado conclusiones similares, pero sin la aproximación termodinámica. Lo cierto es que ni las empresas ni los decisores políticos ni la propia OCDE han considerado este tema como un serio obstáculo al desarrollo de la transición energética.

Finalmente, ha sido la Agencia Internacional de la Energía, quien ha puesto de manifiesto este asunto con preocupación en su informe recién publicado “The Role of Critical Minerals in Clean Energy Technologies”. Aunque sus análisis se centran en unos pocos minerales que consideran críticos, por fin se vincula la explosiva demanda de estos minerales con el impacto que puede tener sobre la lucha contra el cambio climático y la transición ecológica.

En resumen, este informe dice que “si el mundo siguiera la vía recomendada hacia el desarrollo sostenible, escenario SDS, la demanda en 2040 de litio, cobalto, níquel, cobre y tierras raras para las energías limpias totalizaría el 80 %, 65 %, 60 %, 42 % y 40 % respectivamente de la demanda mundial de estos elementos. En cualquier caso, una transición aún más rápida para llegar a un cero neto a nivel mundial para 2050, requeriría seis veces más insumos minerales en 2040 que en la actualidad. El litio

La transición energética hoy tiene su talón de Aquiles en las materias primas críticas porque se espera una gran volatilidad con subidas agudas de precios, así como inseguridades en las cadenas de suministro

tendrá un crecimiento más rápido, con un aumento de la demanda de más de 40 veces en la SDS para el 2040, seguido de grafito, cobalto y níquel (alrededor de 20-25 veces). La expansión de las redes eléctricas significa que la demanda de cobre para líneas eléctricas aumentará más del doble durante el mismo período”.

La magnitud de la transición energética es tan enorme y urgente que para satisfacer las necesidades energéticas limpias del planeta habría que multiplicar, por ejemplo, más de trescientas veces la potencia eólica actual.

Conclusiones

La dependencia de materias primas críticas y de su extracción primaria en las minas podría poner en jaque el futuro de la transición energética. Evitar la dependencia de los combustibles fósiles implicará aceptar la dependencia de muchos metales y elementos considerados críticos.

Europa y España dependen de China, pero no solo en cuanto a materias primas, también en cuanto a tecnologías. Casi todo se produce y diseña allí. Actualmente estamos viendo problemas de desabastecimiento de semiconductores formados por algunos de estos elementos que han interrumpido o ralentizado la producción de automóviles y electrodomésticos. El resultado social es que muchos trabajadores pueden perder su empleo.

La transición energética hoy tiene su talón de Aquiles en las materias primas críticas porque se espera una gran volatilidad con subidas agudas de precios, así como inseguridades en las cadenas de suministro.

La llamada basura electrónica no debe verse como un problema, sino como una oportunidad. Sin embargo, para que esto sea así, es necesario contar con ciertas tecnologías específicas de recuperación. España debe asumir este problema promoviendo empresas de reciclaje funcional, es decir, aquél en el que el elemento reciclado deba volver a ser utilizado por la misma tecnología de la que provie-

ne. Es urgente promover con fondos público-privados al menos una empresa que sea capaz de recuperar los elementos menores pero esenciales para la transición energética. Esto debe de ir acompañado de canales sólidos de recolección de todas las tecnologías intensivas en este tipo de recursos y aumentar la trazabilidad de los residuos. Para ello, será esencial invertir en I+D+i en todas las fases del ciclo de vida de los elementos críticos, así como en la sustitución de materiales raros por otros más abundantes. Reactivar la minería primaria y la minería residual para la recuperación en relaves y balsas de decantación, el eco-diseño industrial para hacer más asequible el reciclado, la recuperación de RAEE en electrónica de consumo, en baterías y equipamiento obsoleto de energías renovables y especialmente en la recuperación de metales críticos en desguaces de automóviles. El problema es tan acuciante, que la Agencia Internacional de la Energía y muchos gobiernos están planteando como medida estrella, el aprovisionamiento estratégico de reservas de minerales críticos como se hace actualmente con el petróleo. Analizando el panorama, la medida estrella debería estar más bien enfocada a repensar la economía y reducir drásticamente el consumo de recursos.

La sociedad debe ser informada de la criticidad de este problema, pero a su vez las poblaciones afectadas por nuevas minas deben ser respetadas y compensadas adecuadamente, con una visión intergeneracional. El lema “Recursos por Desarrollo” debe ser una prioridad política, en vez de esquilmar de nuevo a la España vaciada. La legislación en materias primas críticas es fundamental y la cooperación con países en desarrollo para generar nuevos suministradores debe ser una política central de la Unión Europea. Europa y el mundo desarrollado no evitarán los efectos del cambio climático por querer producir de forma limpia toda su energía, si no se plantean en profundidad su dependencia de las materias primas críticas. ✿

Bibliografía

Andersson, M., Söderman, M., Sandén, B.A., 2017. Are scarce metals in cars functionally recycled? *Waste Manag.* 60, 407–416.

Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W., Lassaletta, L., Van Apeldoorn, D. F., Van Grinsven, H. J. M., Zhang, J., & Ittersum Van, M. K. (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports*, 7 (December 2016), 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep40366>

Calvo, G., Valero, Al., 2021. Strategic mineral resources: Availability and future estimations for the renewable energy sector. *Environ. Dev.* DOI:10.1016/j.envdev.2021.100640

European Commission, 2020. Study on the EU’s list of Critical Raw Materials (2020). Final Report. Garside M. Palladium mine production worldwide by country 2010-2020 – Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/273647/global-mine-production-of-palladium> . [12.3.2021].

- E-waste 2 February 2013 Edition 1: Disponible en <https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/e-waste.pdf> [12.3.2021]
- FAO. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura, Tendencias y desafíos, 131. Retrieved from www.fao.org/3/a-i6583e.pdf
- Garside M. Global tantalum production 2010-2019 – Available at: <https://www.statista.com/statistics/1009169/global-tantalum-production/>. [12.3.2021].
- Garside M. Global production of gold mines 2005-2020. – Available at: <https://www.statista.com/statistics/238414/global-gold-production-since-2005/>. [12.3.2021].
- Garside M. Palladium mine production worldwide by country 2010-2020 – Available at: <https://www.statista.com/statistics/273647/global-mine-production-of-palladium/>. [12.3.2021].
- Garside M. Global platinum mine production by country 2010-2020 – Available at: <https://www.statista.com/statistics/273645/global-mine-production-of-platinum/> [12.3.2021].
- Garside M. World silver mine production 2005-2020. – Available at: <https://www.statista.com/statistics/253293/global-gold-production-since-2005/> [12.3.2021].
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Quinto informe de evaluación (2014) http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- McDonough, W., Braungart, M., (2005). Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas de la cuna a la cuna. ISBN 13: 9780099535478
- Nickel Institute, 2016. Recycling of nickel-containing materials in automobiles. Disponible en <https://nickelinstitute.org/about-nickel/nickel-and-transport/>
- Nijman, S., 2019. UN report: Time to seize opportunity, tackle challenge of e-waste. – Available at: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/un-report-time-seize-opportunity-tackle-challenge-e-waste> [12.3.2021].
- Ortego, A., Valero, Alicia, Valero, Antonio, Restrepo, E., Vehicles and Critical Materials A Sustainability Assessment Using Thermodynamic Rarity. March 2018; Journal of Industrial Ecology 22(4). DOI:10.1111/jiec.
- Sahan M, Kucuker MA, Demirel B, Kuchta K, Hursthouse A. Determination of metal content of waste mobile phones and estimation of their recovery potential in Turkey. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019 Mar 1;16(5).
- Sönnichsen N. Global indium production 2014-2019 – Available at: <https://www.statista.com/statistics/1060401/global-refinery-production-of-indium-by-country/>. 2021. [12.3.2021].
- Statista: Mobile phone sales between 2007 and 2021. – Available at: <https://www.statista.com/statistics/263437/global-smartphone-sales-to-end-users-since-2007/> [12.3.2021].
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Hector, A. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- The Global E-Waste Monitor 2020” by GESP,UNU.ITU and ISWA. – Available at: www.globalewaste.org y <http://ewastemonitor.info> [12.3.2021].
- Torrubia, J., Valero, A., Valero, Al., Assessment of the thermodynamic rarity of mobile phones PCB's. ECOS 2021 Conference, Art 278, Taormina, Italy
- Torres C., Valero A., Valero Al., (2013) Exergoecology as a tool for ecological modelling. The case of the US food production chain. Ecological Modelling 255 (2013) 21–28
- USGS, 2020. Mineral Commodity Summaries 2020. United States Geological Service.
- U.S. Geological Survey. Global gallium production. – Available at: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-gallium.pdf>. [12.3.2021].
- Valero, A.; Valero, Al. (2014) Thanatia: The Destiny of the Earth's Mineral Resources. World Scientific Publishing. Singapore.
- Valero Al., Valero A., Calvo G., Ortego A., Ascaso S., Palacios L-L., Global material requirements for the energy transition. An exergy flow analysis of decarbonisation pathways. Energy 159 (2018) 1175-1184.
- Valero, Al., Valero, A., Calvo, G., Ortego, A. (2018). Material bottlenecks in the future development of green technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 93, 178–200.
- Valero, A. (2019), Materiales más allá del Cambio Climático. Capítulo de la trad. española del libro Come On!, por Ernst Ulrich von Weizsäcker, Anders Wijkman, et al. Ed. Planeta, ISBN 987-84.234-3066-6
- van Oers, L., Guinée, J., 2016. The Abiotic Depletion Potential: Background, Updates, and Future. Resources 2016, 5(1), 16; <https://doi.org/10.3390/resources5010016>.
- Waggoner, P. E., & Ausubel, J. H. (2002). A framework for sustainability science: A renovated IPAT identity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(12), 7860–7865. <https://doi.org/10.1073/pnas.122235999>
- World Economic Forum, 2019. A new circular vision for electronics. Time for a global reboot. In support of the United Nations E-waste coalition. http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf Global material requirements for the energy transition. [12.3.2021].

Impactos económicos de la Economía Circular

Gemma Durán Romero

Profesora titular de Estructura Económica y Economía del Desarrollo.
Universidad Autónoma de Madrid.

Fotos: Roberto Anguita.



Disociar el crecimiento económico del consumo de recursos naturales y recuperar la senda de la sostenibilidad ha sido el objetivo desde hace años de las agendas políticas internacionales. En este propósito, se recupera la idea, ya planteada en los años sesenta del siglo XX, de cerrar el ciclo productivo lineal, optimizando el uso de los recursos y reduciendo el impacto ambiental. Esta es la base de la Economía Circular (EC) concebida como un modelo pro-

ductivo que permite negocios sostenibles, en el que los bienes se diseñan para que puedan ser usados más tiempo, ser fácilmente reutilizados, desmontados, remanufacturados o reciclados con el fin de evitar la extracción de nuevos recursos (EMF, 2012).

De manera más concreta, su objetivo es triple. En primer lugar, **cerrar el ciclo de recursos** reduciendo el uso

de materias primas y aumentando el reciclaje y el uso de materiales secundarios; en segundo lugar, **ralentizar el ciclo de recursos**, aumentando la durabilidad de los productos mediante el ecodiseño y las prácticas de reutilización y reparación y, finalmente, **reducir el flujo de recursos favoreciendo los servicios**, la economía compartida y promoviendo cambios en los consumidores (Bibas, *et al.*, 2021). La EC se basa en el uso de energía renovable, la eliminación de productos químicos tóxicos, que impiden la reutilización y apunta a la eliminación de desechos mediante un diseño innovador de materiales, productos y sistemas (EMF, 2012).



En los últimos años, el modelo ha cobrado un creciente interés en el ámbito político, académico y empresarial multiplicándose las iniciativas, estrategias, estudios y foros de discusión sobre sus ventajas. La conservación de recursos y el concepto de simbiosis industrial están implícitos en el modelo lo que significa que los residuos procedentes de una industria se convierten en *inputs* de otros manteniendo su calidad y su estatus como recursos (*upcycling*). Por tanto, a diferencia de otros conceptos, se centra en extender la vida productiva de los recursos,

creando valor y contribuyendo a reducir el impacto ambiental.

Esto es lo que se ha denominado enfoque de crecimiento interno, basado en tres principios: preservar y mejorar el capital natural, optimizar el rendimiento de los recursos en uso y hacer que el sistema sea más eficaz eliminando las externalidades negativas (McKinsey Center for Business and Environment, 2016).

Los beneficios ambientales de una transición en distintos sectores productivos hacia la EC han sido recogidos en diversos trabajos (EMF, 2013; IRP, 2018; EMF, 2019) considerándose que, fundamentalmente, se produce una reducción de la demanda de recursos a través de la eficiencia de estos, sobre todo, de energía y materiales, lo que contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Junto a ellos, también se observan impactos positivos en el conjunto de la economía y, más concretamente, en el mercado laboral con la creación de empleo, aunque sus beneficios también se extienden a sectores industriales concretos y a mejoras en la productividad.

Impactos económicos de la Economía Circular

La implementación de un modelo productivo y de consumo más circular conlleva cambios estructurales cuya dimensión es difícil de conocer. Tal y como se recoge en McCarthy *et al.*, (2018), la estimación de los efectos globales requiere no sólo conocer el impacto directo que tiene sobre la economía, en término de crecimiento y empleo, sino también los efectos indirectos, derivados de otros impactos del modelo como, por ejemplo, en las cadenas de valor o en los patrones de consumo.

A pesar de que los resultados puedan ser aún inciertos, el impacto económico de la EC se ha realizado a través de diversos modelos y estimaciones indicando que, a largo plazo, los efectos pueden ser beneficiosos para el PIB y también para el empleo. Sus resultados, sin embargo, requieren en ocasiones matizaciones y tener en consideración sus supuestos de partida, aunque, básicamente éstos se resumen en conocer los efectos derivados de las

Disociar el crecimiento económico del consumo de recursos naturales y recuperar la senda de la sostenibilidad ha sido el objetivo desde hace años de las agendas políticas internacionales. En este propósito, se recupera la idea, ya planteada en los años sesenta del siglo XX, de cerrar el ciclo productivo lineal, optimizando el uso de los recursos y reduciendo el impacto ambiental. Esta es la base de la Economía Circular

mejoras de la productividad, de una fiscalidad más verde, del impacto de nuevas inversiones o de la reducción de las externalidades ambientales (Woltjer, 2018).

Las mejoras en la competitividad vendrían dadas por las reducciones en el consumo de recursos primarios y de la dependencia del exterior. Las estimaciones realizadas por la Fundación Ellen MacArthur para el caso de la UE, destacan que la incorporación de nueva tecnología en sectores como la movilidad, los sistemas alimentarios y el sector de la construcción puede contribuir a la mejora de la productividad de los recursos. Para el año 2025 se tendría, en un escenario de transición, un ahorro neto del coste de materiales de 380 billones de dólares y de 630 billones en un escenario avanzado, lo que supondría una reducción del coste de los *inputs* entre un 19 y un 23 % (EMF, 2013, 2014; EMF, *et al.*, 2015) lo que repercutiría también en el crecimiento del PIB. Esto es especialmente relevante para la Unión Europea (UE) puesto que es dependiente en más del 60 % de sus combustibles y recursos metálicos lo que, además, cobra un especial interés con la crisis de la COVID-19 donde se tuvieron dificultades para el suministro de distintos materiales.

Un estudio piloto llevado a cabo en Dinamarca sobre la aplicación de la Economía Circular también arrojaba re-

sultados positivos. Las estimaciones las realizaron para un conjunto de sectores que representaba un 25 % de la economía danesa concluyendo que el modelo de EC supondría contar con una economía más innovadora, resiliente y productiva. Las estimaciones señalaban que, para el año 2035, podría suponer entre el 0,8 % y el 1,4 % de crecimiento adicional del PIB, la creación entre 7000 y 13 000 puestos de trabajo, además, de los beneficios ambientales como una reducción entre el 5 y el 50 % del consumo de recursos vírgenes (EMF, 2015).

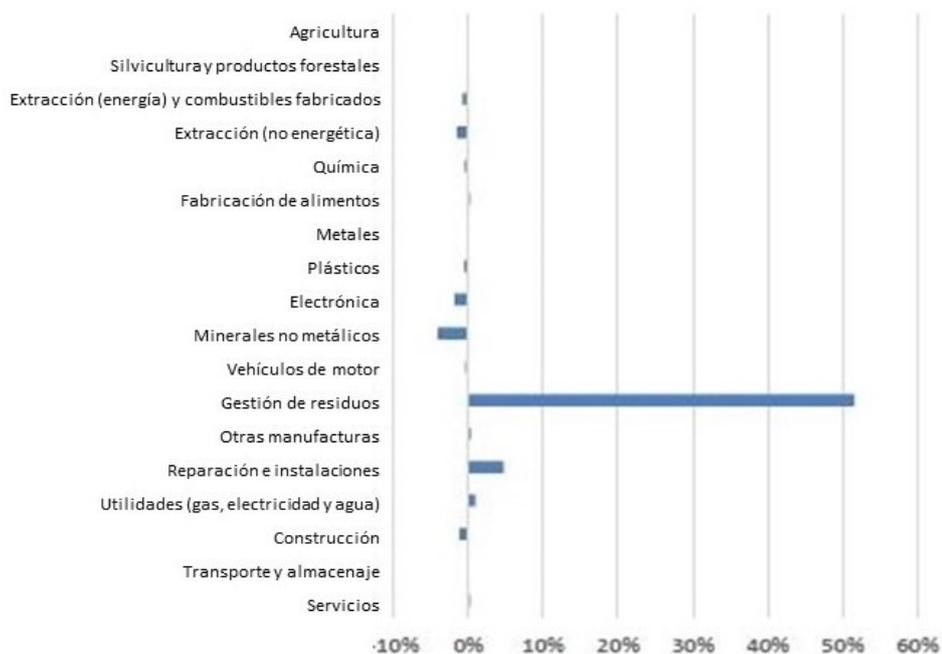
El tránsito hacia una EC requiere también de nuevas inversiones, sobre todo en aquellos sectores que se consideran claves para la transición como la producción de materiales secundarios, la reparación y remanufacturación, así como otros sectores ligados a los servicios compartidos (McCarthy, *et al.*, 2018). Entre estos nuevos sectores, el reciclaje que será el que más contribuya al crecimiento del PIB. Todos estos cambios estructurales traen consigo la creación o destrucción de empleo, así como variaciones en su composición. Chateau *et al.*, (2018) identificaban como causas los cambios en los modos de producción, en los patrones de demanda, en las condiciones macroeconómicas y, finalmente, en la especialización comercial y la competitividad.

El impacto será desigual en función de los sectores productivos. Algunos como el reciclaje, mantenimiento, la reparación y aquellos vinculados con servicios compartidos tendrán ganancias de empleo mientras que, otros, más ligados a la extracción y producción de materias primas, como sería la minería, tendrán caída de empleo. Por otro lado, se considera que la incorporación de eco-innovaciones ligadas a la economía circular tendrá un impacto positivo en el empleo, sobre todo, en las vinculadas con producciones más limpias o con el desarrollo de eco-productos. En cuanto a la calidad del empleo, se considera que la economía circular requerirá un empleo altamente cualificado en actividades vinculadas con el diseño y la tecnología, pero también de baja cualificación en actividades ligadas a la recuperación o reutilización de residuos.

Impacto en el empleo por sector en la UE-28 en el año 2030 (escenario ambicioso)

En el año 2015, se estimaba que, en los sectores de reutilización, reciclaje y reparación de los productos, además, de los servicios relacionados con la servitización se generarían 3,4 millones de empleos, reduciéndose el desempleo en 520 000 personas en toda la UE (Morgan y Mitchell, 2015). Otras estimaciones publicadas también ese mismo año para países como Finlandia, Francia, Holanda, España y Suecia, indicaban que el número de empleos podría multiplicarse debido a un aumento en la eficiencia de los recursos junto a

En el caso de la Unión Europea, en el año 2016, el Paquete de Economía Circular proyectaba la creación de 170 000 empleos para el año 2035. En el caso de España, la Estrategia de Economía Circular publicada en 2020, prevé la creación de hasta 120 000 empleos de calidad en ámbitos relacionados con el reciclaje, la reutilización de materias primas, residuos o agua



Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Europea (2018).

la sustitución del 50 % de las materias primas por materiales reciclados. Para el caso de Finlandia y Suecia se crearían 50 000 empleos, más de 100 000 en Holanda y, para el caso concreto de España, un uso de materiales más eficiente permitiría la creación de hasta 200 000 nuevos puestos de trabajo elevándose esta cifra hasta 300 000 en el caso de Francia (Wijkman y Skånberg, 2015).

En el caso de la Unión Europea, en el año 2016, el Paquete de Economía Circular proyectaba la creación de 170 000 empleos para el año 2035. En marzo del 2020, se publicaba el *Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular por una Europa más limpia y más competitiva* en que se incluyen también las previsiones, realizadas por *Cambridge Econometrics* (2018) de crecimiento adicional del PIB, de aquí al 2030, por la transición a la economía circular situándolo en un 0,5 % así como la incorporación de 700 000 puestos de trabajo. Desde un punto de vista sectorial, se considera que la EC puede contribuir a reforzar la base industrial con medidas centradas en aumentar la vida de los productos y mejorar el tratamiento de residuos en sectores intensivos en el consumo de recursos, como es el caso de la electrónica y las TIC, baterías y vehículos, envases y embalajes, plásticos, productos textiles, construcción y vehículos y alimentos. Esto supondrá ahorrar materiales a lo largo de las cadenas de valor y los procesos de producción generando valor añadido y desbloqueando oportunidades económicas. Todo ello impulsará el emprendimiento y la creación de empresas en las pymes (Comisión Europea, 2020). En el caso de España, la Estrategia de Economía

Circular publicada en 2020, prevé la creación de hasta 120 000 empleos de calidad en ámbitos relacionados con el reciclaje, la reutilización de materias primas, residuos o agua (Gobierno de España, 2020).

Resulta, en este punto, interesante comentar un reciente trabajo de Chateau y Mavroeidi (2020) en el que se incluyen las previsiones de impacto en el empleo como consecuencia de la transición hacia una economía más eficiente y circular. Estas previsiones se han realizado para el período 2018-2040 empleando el modelo de equilibrio general *ENV-Linkages* de la OCDE. Sus resultados son dispares en función de los países y de los sectores. De manera concreta, países con grandes sectores extractivos como Australia, Nueva Zelanda y los países de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) se enfrentan con más destrucción de empleo que creación. A nivel sectorial, y en línea con estudios anteriores, los sectores de materias primas secundarias y el sector del reciclaje se beneficiarán de grandes aumentos de empleo con aumentos de 350 000 puestos de trabajo en 2040 en los países de la OCDE, mientras que la pérdida de puestos de trabajo se dará en sectores más dependientes de materias primas como la construcción y algunos sectores manufactureros incluida la producción de maquinaria y equipos electrónicos. Aplicando un paquete de medidas fiscales que promuevan la eficiencia de los recursos y la transición a una EC se concluye que la reasignación general de puestos de trabajo es limitada alcanzándose los 18 millones de puestos de trabajo en 2040 mientras que la creación neta de puestos de trabajo es marginal con 1,8 millones.

Resultados económicos de la Economía Circular. El impacto de los planes de recuperación

Para el caso de la Unión Europea (UE), Eurostat ofrece datos sobre el valor añadido generado en sectores relacionados con la EC como el reciclaje, la reutilización, la reparación y el sector del alquiler y arrendamiento. Entre el año 2012 y 2018, el valor añadido creció algo más del 19 % situándose, en 2018, en 158 400 millones de euros. El empleo fue de 4,1 millones de empleos (un 8,5 % más respecto a 2012) y las inversiones privadas supusieron un montante

de 19 600 millones (un 34 % más respecto al 2012). Algunas estimaciones señalan que, para el año 2030, el modelo para la UE supondrá un beneficio de 1,8 billones de euros.

En el caso de España, los datos también muestran una evolución positiva en sectores relacionados con la economía circular en términos de valor añadido, empleo e inversión, aunque todavía insuficientes. De hecho, la tasa de circularidad de la economía española es aún muy baja, ya que, para el año 2019, sólo un 18 % de los materiales usados en la economía española, proceden del reciclaje por lo que aún hay margen de mejora (Eurostat, 2021).

Inversiones privadas, empleo y valor agregado bruto relacionados con los sectores de la economía circular
(Fuente: Eurostat, datos del 15.02.21)

	EU-28		España	
	2012	2018	2012	2018
Valor añadido (coste de los factores) (millones de €)	132 706,7	158 400	9318,3	12 980,6
Nº de personas empleadas	3793.325	4 114 000	319 452	399 028
Inversión bruta (millones de €)	14 600 (*)	19 600	794,6 (*)	1224,2

(*) Dato de 2013. Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat.

Otros indicadores también muestran una evolución positiva, como es el caso del consumo de materiales que, según el Instituto Nacional de Estadística, en el período 2010-2016, disminuyeron un 31,6 % mientras que la productividad de materiales se incrementó un 49,5 %, indicando un incremento de la eficiencia de los recursos. Sin embargo, aún se siguen vertiendo un 54 % de los residuos, el doble que en la Unión Europea y muy por encima de lo establecido por la Comisión Europea en el Paquete de medidas de Economía Circular para el año 2030.

Desde diferentes ámbitos se alude a que es necesario impulsar cambios en los modos de producción y consumo hacia la sostenibilidad lo que repercutirá, además, de manera positiva en los indicadores económicos. El informe COTEC (2019) señalaba la importancia de una reforma fiscal, propuesta también recogida en la Estrategia Española de Economía Circular en la que textualmente se indica que “medidas fiscales adecuadas, pueden jugar un papel relevante y ayudar a la mejora en la eficiencia en el uso de los materiales, la prevención de la generación de residuos, en especial el desperdicio alimentario, la promoción de pro-

ductos preparados para la reutilización o con un mejor comportamiento ambiental en lo que respecta a la economía circular, de forma que para el año 2030 se alcance los objetivos de esta Estrategia” (Gobierno de España, 2030).

Por otro lado, la crisis de la COVID-19 también ha impulsado la necesidad de ir hacia una economía más verde y circular. Cumpliendo con los requisitos establecidos por Europa para acceder a los fondos de recuperación, se presentaba recientemente en España, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia que incorpora una agenda de inversiones y reformas estructurales en las que, un primer eje, refuerza la inversión para reorientar el modelo productivo hacia la transición verde incluyéndose la economía circular (Gobierno de España, 2021).

Algunos estudios reconocen que las medidas establecidas para superar el impacto de la pandemia son una oportunidad para redefinir el panorama industrial de Europa y acelerar la transición hacia una economía de bajo carbono. En la mayoría de estos planes se presta atención a los efectos que tiene la Economía Circular no sólo en el ámbito ambiental, sino como generadora de empleo y crecimiento económico, pero

se requiere también adoptar reformas en la producción y el consumo de los productos (Rizos, *et al*, 2020).

Es interesante, en este sentido, lo indicado en OCDE (2020) en el que se señala que los paquetes de estímulo verde pueden ser una gran oportunidad y generar empleo a largo plazo, pero no necesariamente empleo a corto plazo por lo que estos paquetes de estímulo deben ir acompañados de otras medidas de política que revivan la economía.

Se alerta, además, de que, en estos paquetes de medidas, se presta atención más a la demanda que a la oferta siendo, por tanto, importante que en el diseño de las políticas se tomen en consideración las características propias de cada país, por ejemplo, los niveles de desarrollo, el talento, las habilidades, las empresas y las infraestructuras que determinarán las pautas de crecimiento y creación de empleo y que no siempre se han tenido en cuenta. ✨

Bibliografía

Bibas, R., Chateau, J., Lanzi, E. (2021). "Policy scenarios for a transition to a more resource efficient and circular economy", OECD Environment Working Papers núm. 169, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/c1f3c8d0-en>

Cambridge Econometrics (2018). *Impacts of circular economy policies on the labour Market-Annexes to the main final report*, DG Environment, European Commission.

Chateau, J., Mavroeidi, E. (2020), "The jobs potential of a transition towards a resource efficient and circular economy", OECD Environment Working Papers, núm. 167, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/28e768df-en>.

Comisión Europea (2018). *Impacts of circular economy policies on the labour market, final report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Comisión Europea (2020). *Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva*, COM (2020), 98 final, 11.3.2020.

Cotec (2019). *Situación y evolución de la Economía Circular en España*, Fundación COTEC para la Innovación.

Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2012), *Towards the Circular Economy*, vol. 1: Economic and business rationale for a circular economy, Cowes: Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2013), *Towards the Circular Economy*, vol. 2: Opportunities for the consumer goods sector, Cowes: Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2014), *Towards the Circular Economy*, vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains, Cowes: Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2015). *Delivering the circular economy. A toolkit for policymakers*, Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation, Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit (SUN), McKinsey Center for Business and Environment (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*.

Ellen MacArthur Foundation (EMF) (2019), *Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change*, Cowes: Ellen MacArthur Foundation.

Eurostat (2021). *Sankey material flow diagram*. Disponible en <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/energy-flow-diagrams>

Gobierno de España (2020). *España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular* disponible en https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030_def1_tcm30-509532.PDF

Gobierno de España (2021). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*, disponible en https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/30042021-Plan_Recuperacion_%20Transformacion_%20Resiliencia.pdf

OCDE (2020). *COVID-19 and the low-carbon transition. Impacts and possible policy responses*, disponible en <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-low-carbon-transition-impacts-and-possible-policy-responses-749738fc/>

IRP (2018). *Re-defining Value—The Manufacturing Revolution. Remanufacturing, Refurbishment, Repair and Direct Reuse in the Circular Economy*, A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

McCarthy, A., Dellink, R. y Bibas, R. (2018). *The Macroeconomics of the Circular Economy Transition: A Critical Review of Modelling Approaches*, OECD Environment Working Papers, núm. 130, OECD Publishing, Paris

McKinsey Center for Business and Environment (2016). *The circular economy: Moving from theory to practice* McKinsey Center for Business and Environment Special edition, October.

Morgan, J., Mitchell, P. (2015). *Employment and the circular economy Job creation in a more resource efficient Britain*, Green Alliance and WRAP, Gran Bretaña.

Rizos, V., Elkerbout, M., Egenhofer, C., Núñez, J. (2020). *Framing the circular economy as an EU Recovery Opportunity*, CEPS Policy Insights, núm. PI2020-32. December.

Vardakoulias, O. (2020), *Blueprint for a green recovery in Greece*, WWF Greece.

Wijkman, A., Skånberg, K. (2015). *The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. A study pertaining to Finland, France, the Netherlands, Spain and Sweden*. The Club of Rome.

Woltjer, G. (2018). *Methodologies for Measuring the Macroeconomic and Societal Impacts of the Circular Economy*. Circular Impacts Project.

Residuos municipales

El reto: mejorar la eficacia y eficiencia en la gestión

Ángel Fernández Homar

Presidente de la Fundación para la Economía Circular.

Fotos: Roberto Anguita



La producción de residuos municipales alcanza entre el 7 % y el 10 % de los residuos totales generados en la Unión Europea. Los retos que plantea su gestión radican en la gran heterogeneidad de su composición y la dispersión de su generación, en su proximidad directa a los ciudadanos, en su marcada visibilidad pública y en sus potenciales impactos en el medio ambiente y la salud humana, aparte de la pérdida de recursos que implican.

Los residuos municipales requieren de un sistema de gestión completo, que abarque desde una recogida eficiente (en cantidad y calidad), con trazabilidad de todos los flujos, pasando por sistemas eficaces de clasificación y tratamiento en infraestructuras adaptadas a la naturaleza concreta de cada flujo de residuos y finalizando en procesos de reciclado de alta calidad y eficiencia que garanticen su consideración final como recurso. Todo ello debe llevar asociado una correcta financiación del sistema, que ha de asumirse solidariamente por parte de los productores, los consumidores y los diferentes ámbitos de las administraciones públicas.

Los impactos de los residuos son innegables. La cadena de valor de los productos cotidianos que se convierten, tras su uso y consumo, en residuos, es compleja y la reducción de su impacto requiere de un cambio de paradigma en el que productores, minoristas, consumidores, gestores, recicladores, organizaciones sociales, administraciones públicas y ciudadanía, han de cooperar para innovar en una misma dirección más sostenible, más social y más solidaria con todos los territorios. De hecho, la transición hacia la economía circular, que en el ámbito de los residuos debe derivar en una menor producción de residuos y en un aprovechamiento máximo de los generados, pasando a ser recursos tanto materiales como energéticos, supone todo un nicho de oportunidades para la creación de empleo y actividad económica, sobre todo a nivel local, y representa un claro ejemplo de apuesta por la innovación,



en línea con la Estrategia renovada de política industrial de la Unión Europea.

La Unión Europea ha iniciado ya la transición hacia la economía circular. En diciembre de 2015 publicó su primer Plan de acción, consistente en un paquete de medidas para ayudar a las empresas y los consumidores europeos en la transición a una economía más sólida y circular, donde se utilicen los recursos de modo más sostenible. Las acciones propuestas contribuirán a «cerrar el círculo» de los ciclos de vida de los materiales y productos a través de un mayor reciclado y reutilización, de forma que aporten beneficios al medio ambiente y a la economía. Una primera consecuencia de este Plan ha sido la revisión de las Directivas existentes en materia de residuos, además del desarrollo de otra serie de directivas específicas para materiales significativos. Estas nuevas directivas de residuos han sido

consideradas por la propia Comisión Europea como uno de los logros más importantes de la Unión Europea en el período de 2014 a 2019 en materia de gestión ambiental y van a enmarcar el modelo de gestión de los residuos en los próximos años.

También el Estado español ha asumido su responsabilidad actualizando y adaptando la normativa nacional, estando en estos momentos en proceso legislativo para aprobar la nueva Ley de residuos y suelos contaminados, que pondrá a España en la vanguardia en la gestión de los residuos municipales en el ámbito europeo.

Cabe indicar que la producción de residuos en España ha seguido una evolución acorde con los objetivos de reducción de un 19 % en los últimos 15 años, frente a una reducción del 1 % en la UE.

La transición hacia la economía circular, que en el ámbito de los residuos debe derivar en una menor producción y en un aprovechamiento máximo de los generados, supone todo un nicho de oportunidades para la creación de empleo y actividad económica, sobre todo a nivel local, y representa un claro ejemplo de apuesta por la innovación, en línea con la Estrategia renovada de política industrial de la Unión Europea

Es una apuesta ambiciosa a la vez que imprescindible para que el país sea capaz de aprovechar de una forma más eficiente los recursos de que se dispone evitando al máximo el desaprovechamiento de los mismos de los que España es neta importadora. Ello generará gran cantidad de puestos de trabajo de calidad y contribuirá al comercio de proximidad.

Unos ambiciosos objetivos

El nuevo marco legislativo europeo establece objetivos de reciclado de residuos municipales para los años 2025, 2030 y 2035; fija nuevos objetivos para los envases y residuos de envases hasta el año 2030 y establece un máximo vertido del 10 % de los residuos generados para 2035. Se avanza en la obligatoriedad de establecer sistemas de recogida selectiva, al incorporar nuevas fracciones: fracción orgánica en diciembre de 2023 y residuos textiles y residuos peligrosos del hogar en enero de 2025.

Las motivaciones del nuevo marco regulatorio residen en la necesidad de que la gestión de residuos en la Unión mejore y se transforme en una gestión sostenible de recursos, con clara orientación a proteger, preservar y mejorar la calidad ambiental, así como a proteger la salud humana, garantizar el uso prudente, eficiente y racional de los recursos naturales, promover los principios de la economía circular, mejorando el uso de la energía renovable, aumentar la eficiencia energética, y contribuir a la competitividad a largo plazo. El uso eficiente de los recursos aportará ahorros netos a las empresas, a los consumidores y a los gestores, por lo que el nuevo paradigma ha de entenderse como una oportunidad de mejora a todos los niveles y en todos los ámbitos.

Además, las nuevas directivas introducen una serie de cambios dirigidos a mejorar la comparabilidad de los datos entre Estados miembros, estableciendo directrices armonizadas para el cálculo de objetivos.

Así incluyen:

- **Único sistema de medición de la tasa reciclado:** ha de incluirse tanto la gestión municipal (la organizada

por las Entidades locales en desarrollo de sus competencias) como la gestión privada de residuos comerciales.

El porcentaje de reciclado se obtiene dividiendo la cantidad total reciclada entre la cantidad total generada.

Con el establecimiento de un sistema de cálculo común para todos los Estados miembros, se eliminará uno de los principales problemas identificados en lo que se refiere al análisis de los resultados de generación y gestión de residuos, como es la falta de comparabilidad y la inseguridad respecto a los datos.

- **Nueva regla para el cómputo de material reciclado:** se introducen los conceptos de “punto de medición” y de “punto de cálculo”, de forma que, para la cuantificación de los residuos reciclados, se debe tener en cuenta las mermas en los procesos y operaciones de reciclado, cuando sean significativas.

A destacar que sería deseable el establecimiento de criterios comunes para aplicar este nuevo sistema, para evitar caer nuevamente en la falta de armonización y comparabilidad entre Estados miembros.

- Además, se introduce una **nueva definición de residuo municipal** y se señala que a partir del 2027 el bioestabilizado procedente de la materia orgánica presente en la fracción resto no podrá considerarse reciclado.

Aspectos principales del modelo de gestión

Los ambiciosos objetivos fijados para el año 2035: reciclado 65 % y vertido máximo del 10 %, junto con otros condicionantes de la nueva normativa determinan un nuevo modelo de gestión para los residuos municipales basado en la recogida selectiva, que pueda garantizar un reciclado de calidad. Los aspectos principales serían:

- Universalidad de la recogida selectiva: en todos los territorios y tanto en el ámbito domiciliario, como para los residuos generados fuera del hogar; posible establecimiento de sistemas diferenciados según generadores.

La recogida selectiva es clave para gestionar los residuos de forma sostenible y evolucionar hacia una economía circular que considera los residuos como recursos

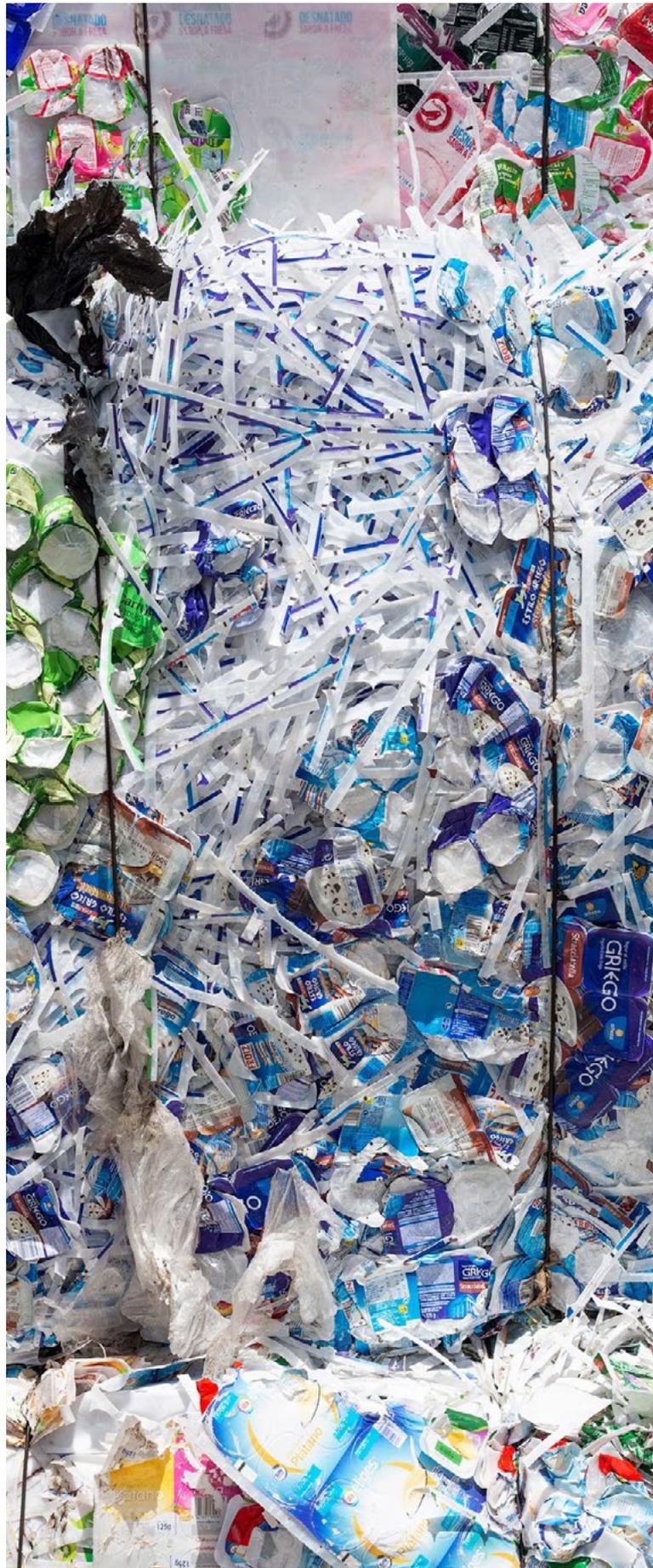
- Ampliar el foco a cualquier flujo: fracciones que hasta ahora no eran de interés en cuanto a reciclado y reducción de vertido: voluminosos, restos obra menor, celulosas, plásticos no envases.... Sin avanzar en estas fracciones no se alcanzarán los objetivos.
- Alta eficiencia de los sistemas de recogida selectiva para cualquier flujo: la participación en los diferentes flujos de recogida selectiva deberá alcanzar, para todas las fracciones principales, valores entre el 80 % y el 90 %. Aunque para algunas fracciones ya está extendida la recogida selectiva a la práctica totalidad del territorio, es necesario que incrementen las cantidades recogidas hasta esos porcentajes.
- Desarrollo de los puntos limpios para la captura significativa de reciclables y reutilizables: para un conjunto importante de residuos reciclables o reutilizables, los puntos limpios serán la instalación de referencia para su recogida separada.
- Mejora de la eficiencia en las plantas de separación y triaje: las plantas de triaje de resto y de clasificación de las fracciones recogidas separadamente deben separar una mayor cantidad y tipos de materiales destinados a reciclado y reducir sus rechazos destinados al vertido. Para ello serán necesarias inversiones para incorporar mejoras tecnológicas y para construir nuevas instalaciones.
- Eliminación del vertido directo, sin tratamiento previo, aspecto ya establecido en la actual normativa pero que sigue sin cumplirse en algunos territorios. Además, se podría limitar/prohibir la entrada en vertedero de residuos reciclables y/o valorizables.
- El reciclado deberá complementarse con otras vías de valorización, para poder cumplir el objetivo de máximo 10 % de vertido. Para ello será necesario dimensionar adecuadamente nuevas plantas que permitan tratar los rechazos, aprovechando de esta forma, los recursos contenidos en dichos rechazos.

Todo ello con la flexibilidad necesaria para que el modelo se pueda adaptar a las múltiples casuísticas de nuestros municipios y a los nuevos objetivos que se vayan definiendo.

Los sistemas de gestión de residuos no son un “pret a porter” sino un traje a medida.

Cada zona de España deberá adaptar su sistema de gestión a sus características propias que pueden diferir de un lugar a otro con variables tales como: concentración o dispersión de la población, climatología, actividad económica, tipo de industria, agricultura etc.

De forma paralela al establecimientos de sistemas de gestión eficientes, tanto a nivel de recogida como de tratamiento, se deberán llevar a cabo otras medidas trans-



versales como el establecimiento de medidas e incentivos económicos favorecedores del nuevo modelo (impuestos a la eliminación, tasas con enfoque Pago x Generación ...); cumplimiento de la normativa (necesidad de un sistemas de control de la correcta separación en origen y de los tratamientos); impulso al desarrollo del mercado del reciclado y la decidida actuación en relación a la política de fin de condición de residuo y a la recalificación como subproducto que favorezca la circularidad del recurso con garantías suficientes para los posibles consumidores, con estándares de eficiencia y calidad, y en base a políticas de productos-recursos; comunicación eficaz; etc.

Estas actuaciones deben ser implantadas por los diferentes ámbitos de las administraciones (local, autonómica y estatal) de forma coordinada.

Los objetivos de gestión de residuos establecidos en la nueva normativa europea son tremendamente ambiciosos y suponen todo un reto, a la vez que una oportunidad. El primer reto al que nos enfrentamos como sociedad, es conseguir reducir la cantidad de residuos que se generan, y para ello hay que actuar en el origen tanto en la fase de diseño y producción, como en la etapa de distribución y venta, y finalmente en la fase de uso y consumo.

Las políticas públicas deben ir enfocadas a impulsar y apoyar medidas de reducción, de reutilización, de remanufactura y actualización, de reciclabilidad, etc., en colaboración con el sector privado, que debe ver en este objetivo una oportunidad de reducir costes económicos y ambientales mejorando sus resultados no solo económicos sino los de satisfacción de los trabajadores y de la sociedad en general.

El cambio en los modelos de producción debe ir acompañados de cambios en los hábitos de consumo, para lo cual será necesario desarrollar actuaciones de información, educación y concienciación.

Con respecto al reciclado, partimos en España de una tasa entre el 36 % y el 41 %, dependiendo de si se computan o no los residuos comerciales gestionados por canal pri-

vado. Sin embargo, si consideramos los nuevos condicionantes sobre reciclado establecidos en la reciente Directiva de residuos esta tasa se rebajaría a un nivel del 30 %.

1. Nuevo sistema de cálculo del porcentaje de reciclado, con aplicación del punto de cálculo al final del proceso de reciclado.
2. No cómputo del bioestabilizado como reciclado.

Hay que indicar que es prioritario conocer y contabilizar las cantidades de residuos gestionados por entidades privadas de los cuales no se tiene, a día de hoy, suficiente información y no aparecen en los datos de Eurostat, ofreciendo una imagen del país peor que la real.

Para cumplir con el objetivo de reciclado establecido para el año 2035 habría que pasar de ese 30 % a un 65 %, lo que supone más que duplicar la cantidad de residuos reciclados. Este incremento de cantidad reciclada solo se podrá alcanzar si se establecen sistemas de recogida selectiva eficientes (en calidad y cantidad), para la gran mayoría de los flujos de residuos y en la totalidad del territorio nacional.

La recogida selectiva es clave para gestionar los residuos de forma sostenible y evolucionar hacia una economía circular que considera los residuos como recursos.

Para alcanzar un elevado nivel de eficiencia es necesario mantener la fórmula mixta de gestión pública y de gestión privada, la primera dirigida al servicio a los ciudadanos y pequeñas actividades económicas y la segunda para dar respuesta a las actividades comerciales y de servicios.

Un tema pendiente en la actualidad y que deberá ser desarrollado lo antes posible, es disponer de un sistema de captura de la información que tenga en cuenta los gestionados por vía privada y un procedimiento para su incorporación a las estadísticas oficiales. Además, se ha de complementar con procedimientos de verificación y garantizar la armonización con los métodos utilizados en la UE.

Según nuestras estimaciones es necesario que las fracciones habituales (vidrio, papel-cartón, envases ligeros y materia orgánica) alcancen un porcentaje de recogida selecti-

Para conseguir reducir a una quinta parte los residuos destinados a vertedero, en primer lugar hay que eliminar la opción del vertido directo de los residuos municipales. Para ello se han de implementar las plantas TMB y de tratamiento de materia orgánica que gestionen las cantidades que ahora son vertidas sin tratamiento alguno



va por encima del 80 %-90 %. En estas recogidas se ha de prestar especial atención a la participación de generadores singulares, así como a la calidad de la recogida selectiva.

Alcanzar esta aportación tan extraordinaria es posible si se desarrollan medidas en los tres ámbitos de las administraciones. Varias entidades locales ya habrían conseguido esos porcentajes a fecha actual, utilizando diversas medidas, es decir, adaptando el modelo de gestión a sus necesidades y particularidades.

En paralelo al desarrollo de la recogida de alta eficiencia, se ha de crear y ampliar la capacidad de instalaciones de clasificación y reciclaje para dar tratamiento adecuado al material reciclable capturado. Las instalaciones deben trabajar en I+D+i para mejorar de la captura de materiales reciclables (incremento de rendimientos, nuevos materiales...), que permitan separar una mayor cantidad de material reciclable.

No es suficiente con desarrollar sistemas de recogida selectiva eficiente para unas pocas fracciones. Para alcanzar

un 65 % de reciclado, habrá que sumar toneladas recicladas de otras muchas nuevas fracciones, cada una aportando de acuerdo a sus posibilidades. La fracción textil, los voluminosos, los plásticos y metales no envases, aportarán de forma significativa al cumplimiento del objetivo de reciclado.

En este proceso, se considera conveniente, tal como es recogido en el Proyecto de Ley de Residuos, la aplicación de la responsabilidad ampliada del productor y el desarrollo de SCRAP, a nuevos flujos de residuos (textiles, muebles, colchones, ...). Hay que tener en cuenta que la implantación de los SCRAP en España ha supuesto una mejora considerable de la gestión de esos residuos, cumpliendo el principio de jerarquía, aumentando considerablemente las cantidades recicladas y permitiendo un reparto del incremento de los costes por la extensión de sistemas de recogida selectiva y reciclado.

Adicionalmente al objetivo de reciclado, la UE ha establecido otro objetivo de difícil cumplimiento para nuestro país en el año 2035; se trata de un vertido máximo del

10 % de los residuos municipales generados; en España se han definido objetivos intermedios que han de acelerar el proceso de cambio. Teniendo en cuenta que en el año 2017 el porcentaje de vertido ha sido de un 51 %, podemos entender la magnitud del reto.

Para conseguir reducir a una quinta parte los residuos destinados a vertedero, en primer lugar hay que eliminar la opción del vertido directo de los residuos municipales. Para ello se han de implementar las plantas TMB y de tratamiento de materia orgánica que gestionen las cantidades que ahora son vertidas sin tratamiento alguno. En segundo lugar, se habrán de establecer límites al vertido, impidiendo el vertido de aquellos residuos reciclables o valorizables. Para ello, además de incrementar las tasas de reciclado, habrá que desarrollar las alternativas de valorización, que actualmente solo corresponde a valorización energética, de modo que se aprovechen como recursos energéticos los residuos y rechazos no reciclables y reduzcan la cantidad vertida hasta el porcentaje objetivo.

Además, es necesario agilizar los trámites para la puesta en marcha de estas plantas de tratamiento, o no podrán encajarse las inversiones en el Plan de recuperación verde, ni se llegará a tiempo para el cumplimiento de objetivos parciales.

Atendiendo al principio de autosuficiencia y proximidad, el Proyecto de Ley de Residuos señala que el conjunto de estas instalaciones conformará una red estatal integrada de instalaciones de eliminación de residuos y de instalaciones para la valorización de residuos domésticos mezclados.

Como complemento a estas actuaciones en la gestión de los residuos municipales se han de considerar también los instrumentos económicos y otras medidas incentivadoras por parte de las administraciones para incentivar la aplicación del principio de jerarquía de residuos y la promoción de la economía circular. Las cantidades que se recauden con cargo a dichos instrumentos económicos deberán tener un carácter finalista. Entre los incentivos se encuentran los cánones sobre la eliminación de los residuos, considerado en el Proyecto de Ley de residuos, la promoción de los sistemas de pago por generación, posibles medidas fiscales, etc.

Por último, para lograr un reciclado efectivo en la economía circular, es necesario fomentar y garantizar el mercado de los materiales y productos fruto de las operaciones de reciclado. En este caso las distintas administraciones juegan un papel dinamizador y ejemplarizante propiciando y facilitando el consumo de los diferentes productos secundarios en el marco de la compra pública verde.

También es fundamental aplicar con rigor los mecanismos que permitan desclasificar los residuos para pasarlos a las

Para lograr un reciclado efectivo en la economía circular, es necesario fomentar y garantizar el mercado de los materiales y productos fruto de las operaciones de reciclado. En este caso las distintas administraciones juegan un papel dinamizador y ejemplarizante propiciando y facilitando el consumo de los diferentes productos secundarios en el marco de la compra pública verde

categorías de materia prima secundaria o subproducto. Clasificación que deberá ofrecer las suficientes garantías legales y de calidad a los posibles consumidores.

Para el año 2030 se plantea en el Proyecto de Ley un escenario donde los residuos se han reducido más de un 10 %, poniendo el foco en el despilfarro alimentario, los residuos textiles, fomento de la reparación y alargamiento de la vida útil y reutilización de los envases, especialmente en el sector HORECA, etc. Y alcanzando el 65 % de reciclado y un máximo del 10 % de vertido de los residuos generados en el año 2035. Para ello, va a ser necesario, actuar sobre todos los flujos con máxima ambición, invertir en infraestructuras y realizar una apuesta decidida por la eficiencia y la innovación.

Financiación del sistema

El método más extendido de financiación del sistema de gestión de residuos municipales es el de tasas de residuos. Los criterios para su cobro son variados, desde una tasa fija a otros indexados con parámetros como superficie de

la vivienda, consumo de agua, ubicación de la vivienda, número de habitantes etc. Estos criterios, de fácil aplicación, ya que no requieren de nuevos sistemas de control, deberían ir desapareciendo dado que no estimulan la colaboración adecuada de la ciudadanía, pasando a otros sistemas más progresivos.

Raramente se encuentran tasas relacionadas con una gestión ambiental correcta encaminada a la reducción en la producción de residuos, a la reutilización o al alargamiento de la vida útil.

Los pagos por generación (por peso o por volumen), se circunscriben a zonas muy limitadas del país, aunque últimamente se van implantando en más puntos de la geografía ligados a las recogidas puerta a puerta, identificación mediante tarjeta o llave, etc.

También en algunas zonas se incentiva la recogida selectiva de determinadas fracciones, como puede ser el caso de la materia orgánica con su tratamiento exento del pago de la tasa repercutiendo al ciudadano únicamente el tratamiento de la fracción resto. Otro de los incentivos aplicados de forma aún incipiente son las bonificaciones por participación en la recogida selectiva, en el compostaje doméstico, la utilización de los puntos limpios, etc.

En general las tasas no cubren los costos totales de la gestión debiendo recurrir a complementar el costo a través de la caja única. Y teniendo en cuenta que, en general, el incremento de las tasas ha sido inferior al incremento del IPC en el mismo período, la aportación de la caja única se ha ido incrementando en detrimento de otros servicios a cubrir por los ayuntamientos.

Es evidente que la implantación de todas las medidas derivadas de los nuevos objetivos va a representar un incre-

mento del costo de la gestión de los residuos municipales importante. El mayor costo respecto a los actuales podría superar el 20 % y en algunas zonas de España incluso llegar al 40 %, suponiendo un incremento superior a los 850 millones de euros de costo de gestión, además de las inversiones en recogida, transporte y tratamiento que requerirán los nuevos objetivos.

Si históricamente las arcas municipales han sido deficitarias, la situación creada por la pandemia de mayores gastos y menores ingresos, dificulta aún más, si cabe, la gestión económica municipal. Por ello se hace imprescindible un análisis profundo encaminado a apoyar, desde todas las instancias nacionales y autonómicas, a las entidades locales en la consecución de los objetivos que la normativa les marca como los responsables de esa gestión. Son imprescindibles medidas que aligeren el costo, por una parte, y aporten nuevos ingresos por otra.

Entre los primeros es importante la puesta en marcha de más sistemas integrados de gestión como podrían ser el del textil, de determinados voluminosos (muebles, cochones, etc.), papel, envases comerciales, etc., analizando otro tipo de fiscalidad para aquellas fracciones difíciles de encuadrar en un SCRAP.

En el capítulo de nuevos ingresos sería muy conveniente valorar económicamente los efectos ambientales beneficiosos que representa una gestión adecuada. En esta línea sería coherente valorar la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero derivada de la correcta gestión de los residuos, analizando y valorando la función de sumidero de emisiones de carbono, o el ahorro en divisas que representan la reutilización, la energía renovable generada o la servitización. ❀



Reciclaje de paneles fotovoltaicos en España: obligación legal, reto logístico y oportunidad industrial

Alejandro Labanda

Director de Regulación y Estudios. Unión Española Fotovoltaica (UNEF).



Fuente: PVCycle.

El pasado año 2020 la Agencia Internacional de la Energía [1] proclamó a la energía solar fotovoltaica como la nueva reina del mercado eléctrico a nivel mundial. Apoyándose en su carácter renovable, su bajo coste y su reducido impacto ambiental, la Agencia sitúa, en todos sus escenarios, a la fotovoltaica como la tecnología más instalada en las próximas décadas.

Una de las fortalezas de esta tecnología es el reducido impacto ambiental de sus instalaciones. Para que este reducido impacto sea completo, debe asegurarse la correcta gestión del final del ciclo de vida de sus componentes. Los

módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de aproximadamente 25-30 años por lo que para los países pioneros en esta tecnología, como España, la primera generación de parques solares (instalados en la década de los 2000) llegará pronto al final de la vida útil.

Es por ello que el reciclaje de paneles fotovoltaicos está atrayendo un creciente interés por parte tanto de empresas como de tomadores de decisión y del público general, que exige a las energías renovables el cumplimiento estricto de los máximos estándares ambientales y de economía circular.

La energía fotovoltaica deberá enfrentarse en esta década a la gestión del final de vida útil de la primera generación de plantas solares. España, como uno de los países pioneros en el desarrollo de la energía solar fotovoltaica, será también uno de los primeros países en tener que enfrentar el reto de los residuos electrónicos fotovoltaicos

Proyección del residuo fotovoltaico en España

Como punto de partida para analizar este reto, debe comenzarse estimando cuál es la magnitud del residuo fotovoltaico que se generará en los próximos años. Para este ejercicio teórico se emplean generalmente dos modelos que deben interpretarse como dos partes compatibles con la misma realidad, que arrojan un rango en el que se moverán los residuos generados.

- *Early loss*, o pérdida temprana, que asume que hay una fracción de los módulos que llegan al final de su vida útil de forma prematura, arrojando un crecimiento lineal de los residuos fotovoltaicos.
- *Regular loss*, o pérdida estándar, que asume que los módulos se degradan siguiendo una curva de tipo ‘normal’ centrada en el final de la vida útil, arrojando un pico cuya aparición depende del año de instalación.

A nivel mundial, el Programa de Sistemas de Energía Fotovoltaica de la Agencia Internacional de Energía (IEA PVPS) e IRENA [2] estimaron el residuo proveniente de módulos fotovoltaicos hasta 2030 en un rango de 1,7 millones de toneladas (*early loss*) y 8 millones de toneladas (*regular loss*) acumuladas.

España, como país pionero en el despliegue fotovoltaico, será también uno de los primeros países en tener que enfrentar el reto de los residuos electrónicos fotovoltaicos. En 2008 nuestro país fue el mercado líder europeo, con la introducción de 2,7 GW, pero a ese *boom* le siguieron años con cifras reducidas hasta llegar a una fase de moratoria, tendencia que se rompió en el año 2019, cuando nuestro país volvió a ser líder europeo once años después.

La previsión más exhaustiva realizada hasta la fecha sobre la generación de residuos fotovoltaicos en España se basa en los cálculos de J.D. Santos y M.C. Alonso-García del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT que arrojan una generación anual de residuos fotovoltaicos del orden de 10 000 toneladas entre 2022 y 2027 para escenarios de degradación conservadores [3].

No obstante, en este estudio el volumen anual de residuos fotovoltaicos muestra diferencias significativas en función de los escenarios considerados sobre la durabilidad de las plantas instaladas el año 2008. Si asumimos que la degradación de estas plantas seguirá un modelo *regular loss*, para un tiempo de vida estimado de 20 años, se generaría un pico de unas 22 000 toneladas de paneles en 2028.

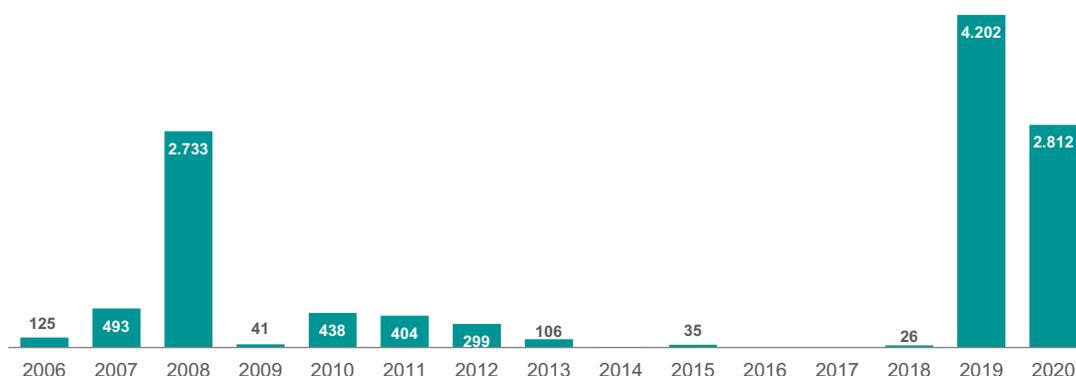


Figura 1. Potencia instalada solar fotovoltaica en España. Fuente: REE.

Como apuntan los autores de este estudio, un comportamiento tipo *regular loss*, podría suponer un reto logístico para una potencial industria de reciclaje nacional, pues de un pico muy acusado se pasará a volúmenes muy inferiores hasta que se comiencen a gestionar los módulos de las plantas actuales. Así, la visibilidad sobre la generación de residuos fotovoltaicos en los próximos años se convierte en un asunto clave pues permitirá discernir cómo se están comportando los módulos instalados en España durante el boom solar de 2008.

Alternativas al reciclaje: reducir y reutilizar

Como se ha mencionado, en paralelo a un despliegue de nueva capacidad sin precedentes en los próximos años, la energía fotovoltaica se deberá enfrentar al reto de la gestión

del final de vida útil de las plantas de generaciones anteriores. No obstante, la regla de las tres erres ‘3R’ (reducir, reutilizar y reciclar) para disminuir el volumen de residuos también se puede aplicar a los paneles fotovoltaicos. Antes de llegar al reciclaje, existen alternativas que permiten reducir el uso de materiales y el ritmo de degradación de los módulos.

En primer lugar, los fabricantes fotovoltaicos llevan años reduciendo la cantidad de materiales utilizados para fabricar un panel [3]. Aunque la composición de los distintos materiales sigue siendo similar a la de generaciones anteriores, los paneles actuales han aumentado significativamente la ratio de potencia por peso, es decir generan mucha más energía para el mismo peso. Esto supone mayor eficiencia en el uso de materiales, menor impacto ambiental y menor residuo futuro.



Figura 2. Reducción del uso de materiales en un panel fotovoltaico de silicio. Fuente: Fraunhofer.

La curva de aprendizaje en la reducción de costes que ha alcanzado la energía fotovoltaica en la última década (los módulos son hoy un 90% más baratos que hace diez años) también se apoya en un menor uso de materiales gracias a las mejoras en la producción, la sustitución de materiales y tecnologías de fabricación más eficientes.

En particular, los fabricantes se centran en la reducción de uso de los materiales llamados críticos. Aunque de forma general la disponibilidad de materiales no es una preocupación para este sector, los materiales críticos sí merecen una atención especial. Esta es, de hecho, una de las ra-

zones para impulsar un sector industrial de reciclaje fotovoltaico, pues la recuperación de materiales críticos de paneles reciclados al fin de su vida útil puede servir como alternativa para el aprovisionamiento de estos materiales en el futuro (aluminio, cobre, plata y estaño).

Respecto a la reutilización, los paneles reparados también se pueden revender como repuestos o como paneles usados a un precio de mercado reducido, y los paneles o componentes parcialmente reparados pueden venderse en el mercado de segunda mano.

Estado del arte de las tecnologías de reciclaje de módulos fotovoltaicos

Aunque no es muy conocido para el público general (e incluso entre profesionales más especializados), el reciclaje de paneles fotovoltaicos es una operación sencilla desde un punto de vista técnico. De hecho, el reciclado de paneles alcanza una tasa de recuperación más alta que otros residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de uso convencional.

La composición de un módulo fotovoltaico de silicio (el 95% del mercado) es principalmente vidrio (78%) y alu-

minio (10%), ambos elementos fácilmente reciclables, y en menor cantidad se encuentran plásticos (7%) y metales y semiconductores (5%). Así, simplemente recuperando el marco de aluminio y el vidrio de la parte delantera y procesándolos adecuadamente, se consigue reciclar más del 80% en peso del panel.

El elemento determinante en este proceso es la técnica empleada para la recuperación del vidrio y de los materiales presentes en las células fotovoltaicas (donde se encuentran los compuestos de mayor valor). Actualmente, las instalaciones industriales de reciclaje de paneles em-

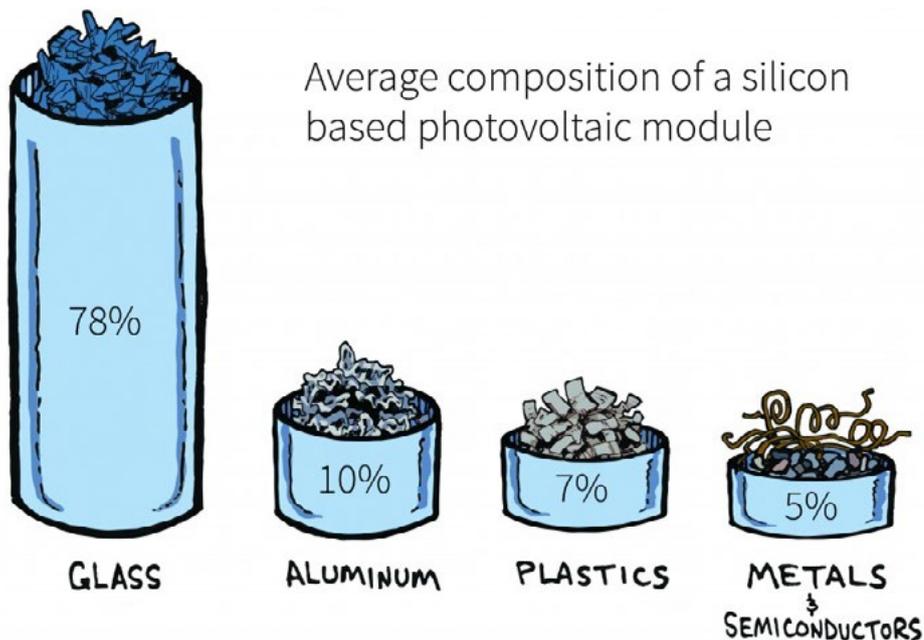


Figura 3. Composición media de un módulo fotovoltaico de silicio. Fuente: PVCycle.

La generación de residuos de paneles fotovoltaicos en España estará influida por la evolución de la durabilidad de las plantas instaladas el año 2008, que suman 2,7 GW. Si estos paneles presentan un tiempo de vida del orden de veinte años, se podría generar un pico de residuos de unas 22 000 toneladas en 2028

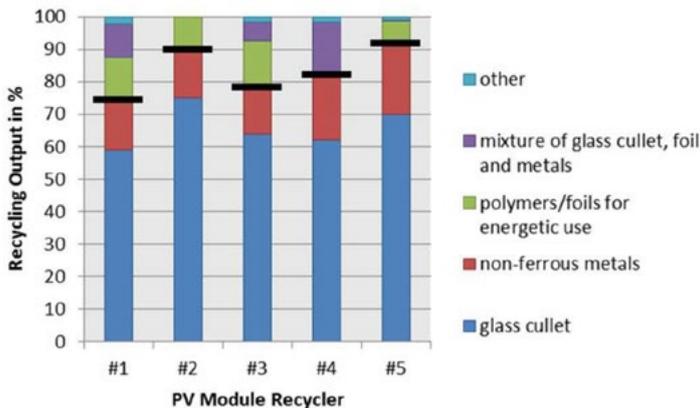


Figura 4. Recuperación de materiales en instalaciones de reciclaje de paneles fotovoltaicos en Europa. Fuente: IEA-PVPS.

plean en su mayoría tratamientos mecánicos (corte, trituración y tamizado) para tratar el vidrio. Estas soluciones permiten alcanzar altas tasas de recuperación y cumplir con la normativa europea, que exige un 85%, pero los materiales de alto valor (que representan bajos porcentajes en masa) no se recuperan.

Para tener una perspectiva general sobre las tecnologías y métodos empleados para el reciclaje de paneles, la Task12 del Programa PVPS de la Agencia Internacional de la Energía elaboró en 2018 un estudio [7] en el que realizó una petición de información a distintas instalaciones de procesado de residuos fotovoltaicos a la que respondieron cinco agentes: dos en Alemania, uno en Bélgica y dos en Italia.

Los resultados de este estudio muestran que las instalaciones industriales para el reciclado de paneles conse-

guían tasas de reciclaje muy altas entre el 74% y el 95% en peso. Los encuestados #1 al #4, instalaciones industriales, utilizaban procesos mecánicos, separando los materiales del módulo mediante trituración y tamizado. Mientras que el #5, una instalación piloto, estaba probando la combinación de procesos térmicos y mecánicos.

Como se puede ver en la Figura 4, debido a los procesos mecánicos empleados por estas instalaciones industriales, aunque se consiguen alcanzar altas tasas de recuperación en peso, la recuperación de materiales se limita al vidrio y los metales no ferrosos. Estos procesos no permiten extraer los polímeros encapsulantes usados para proteger a las células fotovoltaicas, por lo que no recuperan los elementos de alto valor económico presentes en ellas. Es por esto que la innovación y el desarrollo se centra en la eliminación del encapsulante con el objetivo de recuperar estos compuestos de mayor valor y aumentar la rentabilidad económica del reciclado.

Retos tecnológicos del reciclado y tendencias de I+D

Siguiendo el objetivo de recuperar el mayor porcentaje en peso del panel, la investigación en reciclaje de paneles se centró en la recuperación de componentes de alto peso específico a bajos costes. Como resultado, aunque se han alcanzado altas tasas de recuperación, éstas se apoyan en el vidrio y el aluminio. No obstante, el valor económico del panel al final de su vida útil no está en el vidrio, que es un material abundante, sino en el silicio, la plata, el aluminio y el cobre. Sin embargo, hoy en día, el silicio a menudo no se recicla, sino que se tritura con el vidrio. La plata queda también como residuo y no se recupera.

¿Cómo funciona una instalación industrial de reciclaje de paneles?

Debido a que actualmente la cantidad de paneles que llega al final de su vida útil es baja, estos se procesan en plantas de tratamiento de otros residuos eléctricos y electrónicos. No obstante, en 2018 se puso en funcionamiento la primera planta de Europa exclusivamente diseñada para el reciclaje de paneles fotovoltaicos, logrando procesar ese año 1800 toneladas y con capacidad para tratar hasta 4000.

La planta, construida y operada por Veolia está ubicada en Rousset (Bouches-du-Rhône, Francia) y es capaz de recuperar el 95% en peso de los paneles. En el proceso de reciclaje ([vídeo](#)) primero se elimina la caja de conexiones eléctricas, los cables y el marco de aluminio que se sitúa alrededor del vidrio. Tras ello, se tritura el vidrio en varias etapas hasta alcanzar finos granos que son una mezcla de vidrio, el encapsulante, la lámina trasera del panel y las células solares. Los materiales recuperados (vidrio, aluminio, y cables y componentes electrónicos) se venden como materias primas a distintas industrias fabricantes.

Panel component	Kg/module	% of panel weight	kg/tonne of waste	ASP €/ kg	Potential value per panel	Value € per tonne	% value
Glass	13,22	69,97%	699,74	0,05	0,66	35,0	4,9%
Aluminium	2,50	13,23%	132,33	1,00	2,50	132,3	18,6%
Polymer	1,96	10,35%	103,48	0	0	0,0	0,0%
Silicon	0,61	3,23%	32,29	10,00	6,10	322,9	45,4%
Silver	0,0066	0,03%	0,35	500,00	3,30	174,7	24,6%
Copper	0,201	1,06%	10,64	4,30	0,86	45,7	6,4%
Junction box	0,40	2,12%	21,17	0,02	0,01	0,4	0,1%
Total materials	18,89	100%	1000		13,4	711,0	

Figura 5 Composición en peso y en valor económico de un panel fotovoltaico de silicio. Fuente: CEA

Como se ha visto, los procesos empleados actualmente se basan en soluciones mecánicas tipo *downcycling* en las que se acaban descartando los materiales más valiosos. Para recuperar estos materiales ha de retirarse el polímero encapsulante (generalmente Etil Vinil Acetato o EVA, vinilo transparente que se adhiere a las células fotovoltaicas para protegerlas), proceso complejo por la degradación del mismo durante la vida útil del panel.

Por ello, las tendencias tecnológicas actuales se centran en la eliminación del encapsulante para separar el vidrio de los materiales de las células y recuperar los metales presentes en éstas y los electrodos de silicio. Sin embargo, eliminar el encapsulante es el proceso más difícil en el reciclaje de módulos, estudiándose actualmente métodos térmicos mejorados, así como procesos mecánicos y químicos.

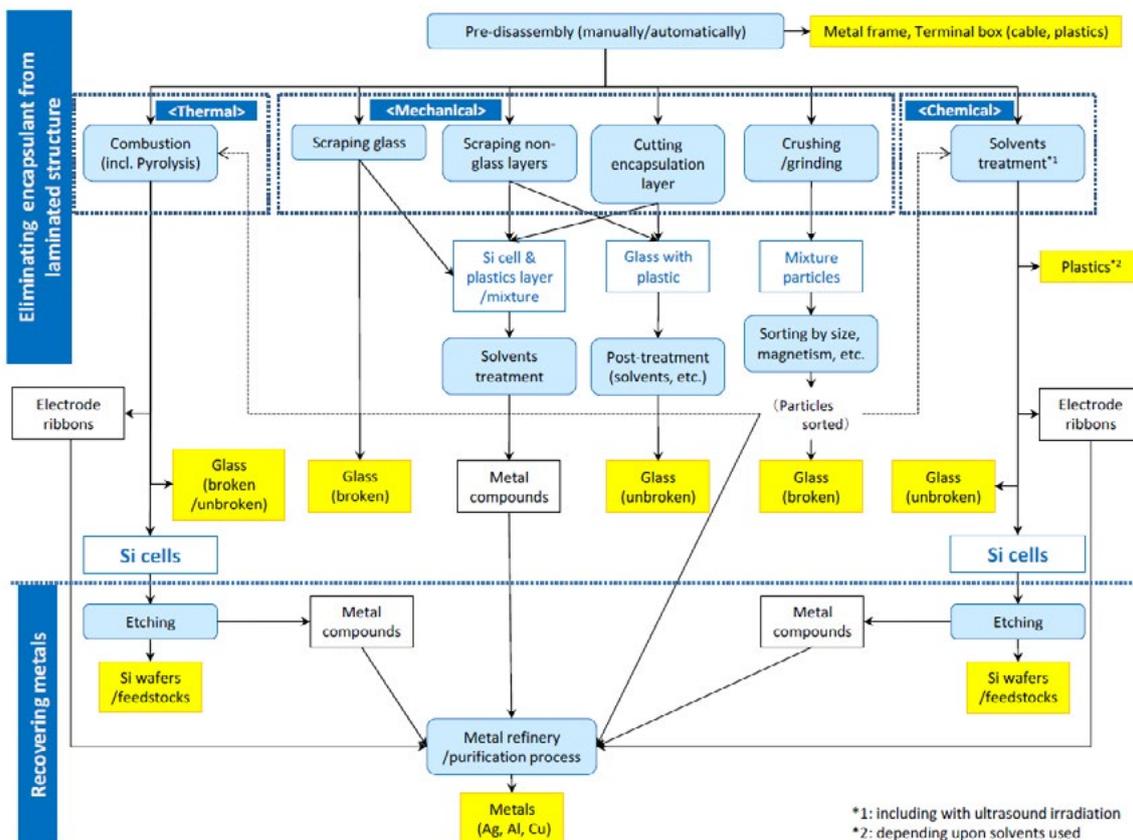


Figura 6. Alternativas para el reciclaje de módulos fotovoltaicos de silicio. Fuente: IEA PVPS.

La recuperación de materiales valiosos de bajo peso es clave para que se pueda generar un incentivo económico a aumentar las tasas de recuperación y reciclaje en el futuro. Además, algunos de estos materiales se consideran materias primas críticas (CRM) para la economía europea, debido a su importancia en la cadena de valor de las tecnologías limpias.

Es esencial, por tanto, que se refuerce la investigación en este sentido para alcanzar alternativas de explotación comercial que permitan una mayor explotación posterior de los materiales de los paneles, tanto por una cuestión económica como ambiental.

Marco normativo: Reciclar es una obligación en España para todos

La Unión Europea fue pionera en la aprobación de obligaciones normativas de reciclado de paneles fotovoltaicos. En 2012 se aprobó la Directiva 2012/19 sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) incluyendo en estos residuos a los paneles fotovoltaicos y extendiendo a los mismos un objetivo de 85% de recolección y un 80% de reciclaje de sus materiales.

La Directiva RAEE 2012/19 se basa en el concepto de Responsabilidad Ampliada del Productor que es la persona física o jurídica que fabrique y venda aparatos eléctricos y electrónicos, ponga en el mercado productos fabricados por terceros y el que realice adquisiciones comunitarias o importe de terceros países. Aplicándolo a los paneles fotovoltaicos, este 'productor' pueden ser todas las empresas presentes en la cadena: el fabricante del panel, su distribuidora, la promotora de la planta, la EPCista o la empresa instaladora de autoconsumo.

En España, la Directiva se traspuso mediante el Real Decreto 110/2015, que inicialmente incluyó los paneles dentro de la categoría de dispositivos electrónicos de consumo, pero desde 2019 los clasificó bajo una categoría específica. El Real Decreto define también los requisitos mínimos de las instalaciones de reciclaje de residuos fotovoltaicos, así como el procedimiento para gestionar los residuos fotovoltaicos de cada tecnología.

En definitiva, por aplicación del RD 110/2015, los 'productores' (fabricantes, distribuidores, instaladores, EPCistas, promotores) de paneles fotovoltaicos en España tienen las siguientes obligaciones:

- Inscribirse en los Registros Nacionales de Productores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y de Pilas y Acumuladores gestionados por el Ministerio de Industria, denominados RII-AEE y RII-RPA.
- Declarar a dichos Registros de forma trimestral información relativa a las cantidades de productos puestas en el mercado nacional.
- Adoptar las medidas necesarias para que los paneles sean recogidos al final de su vida útil y tengan una correcta gestión ambiental, financiando los costes de dicha gestión.

Aunque aún no se declara tanta capacidad fotovoltaica como se instala, en los últimos años el conocimiento de estas obligaciones ha aumentado considerablemente y con él la adscripción de las empresas del sector fotovoltaico a los Sistemas Colectivos de Responsabilidad Ampliada del Productor (SCdeRAP) que se aseguran del cumplimiento de las mismas.

En Europa la asociación PVCycle, recicló 11 514 toneladas de paneles en 2019. En España, se cuenta con Ecoasimeltec, y la Fundación Ecolec que también realizan esta función. Como alternativa, los 'productores' pueden cumplir con las obligaciones de procesado de paneles fotovoltaicos a través de sistemas individuales.

Oportunidad social y geoestratégica de una industria nacional de reciclaje

Actualmente, las cantidades de residuos fotovoltaicos son reducidas y los procesos de reciclaje existentes no permiten extraer los materiales de mayor valor, por lo que no hay un fuerte incentivo económico a crear plantas específicas de reciclaje de paneles fotovoltaicos. Así, por el momento, los paneles fotovoltaicos se procesan en plantas de reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Las técnicas actuales no permiten recuperar materiales presentes en el panel que tienen un alto valor y son críticos para la economía europea como el silicio y la plata. Por ello, la innovación se centra en la recuperación de estos elementos cuya obtención es más compleja

Sin embargo, con el volumen de residuos fotovoltaicos a procesar en los próximos años, la inversión en plantas específicas se plantea como una cuestión necesaria. Estas instalaciones, al margen de sus beneficios ambientales, tienen un gran potencial de creación de un modelo económico circular en el sector fotovoltaico. Las empresas no son ajenas a esta cuestión y han presentado varias propuestas a la manifestación de interés de economía circular del Ministerio para la Transición Ecológica de plantas de reciclaje de paneles.

Hay que considerar que los paneles fotovoltaicos ya instalados acumulan una gran cantidad de materias primas que, una vez recuperadas, pueden introducirse de nuevo en la economía para fabricar nuevos paneles aumentando así la seguridad del suministro fotovoltaico futuro. Dicho de otra forma, el crecimiento de los volúmenes de residuos de paneles fotovoltaicos a gestionar en los próximos años, aunque será un considerable reto logístico, supone a la vez una oportunidad industrial y geoestratégica.

La recuperación de los materiales presentes en los paneles fotovoltaicos serviría para crear un mercado secundario de materiales críticos. Esta cuestión no es desdeñable pues la seguridad en el aprovisionamiento de materiales críticos es un aspecto de crucial importancia geopolítica en la transición energética, especialmente en países o regiones, como la Unión Europea, que dependen en gran medida de las importaciones.

Además, en un contexto en el que las energías renovables tienen que construir los términos del contrato social para su aceptación como nuevas energías convencionales, no hay que desdeñar el potencial impacto social de una in-

Además de un reto logístico, el reciclaje de paneles fotovoltaicos en España es una oportunidad para desarrollar un sector industrial con oportunidades de empleo nacional en distintos niveles de capacitación que fortalecería la posición geoestratégica de nuestro país en el aprovisionamiento de materiales críticos

dustria nacional de reciclaje de paneles. El reciclaje de paneles es una actividad industrial que ofrece oportunidades de empleo nacional con distintos niveles de capacitación. ✿

Bibliografía

- [1] World Energy Outlook 2020, International Energy Agency, 2020
- [2] End-of-life Management Solar Photovoltaic Panels. IRENA-IEA PVPS, 2016
- [3] Photovoltaics report, 2020, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, 2020
- [4] Projection of the photovoltaic waste in Spain until 2050, J.D. Santos, M.C. Alonso-García, Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), 2018
- [5] Update of the projection of the photovoltaic waste in Spain until 2050, J.D. Santos*, M.C. Alonso-García, N. Vela, Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), 2019

- [6] End-of-Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies, International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Program, 2018
- [7] Life Cycle Inventory of Current Photovoltaic Module Recycling Processes in Europe, International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Program, 2018
- [8] Analysis of Material Recovery from Silicon Photovoltaic Panels, Latunussa C, Mancini L, Blengini G, Ardente F, Pennington, European Union Joint Research Center Technical Reports, 2016
- [9] Market analysis and business models for a circular economy in PV, 2017, Robert Thomas CEA TECH; Marie Charlotte Hoffman, Projektkompetenz; David Pelletier, CEA TECH INES.

El valor de la educación en la transición de lo lineal a lo circular



**Brais Suárez Eiroa¹, Lorena Reboredo Díaz²,
Cristina Míguez González², Débora Lorenzo Ugalde²**

¹ Departamento de Ecología y Biología Animal, Universidad de Vigo.

² Grupo Koremi - especialistas en proyectos educativos.

Fotos: Jesús Trillo Lago.

La sociedad humana lleva décadas ante la misma dicotomía: exprimir el presente o garantizar el futuro. Con todos los matices, la sostenibilidad pretende integrar ambos caminos. Sin embargo, la sostenibilidad depende, en última instancia, de las decisiones humanas, y la ausencia de decisiones férreas ha derivado en omitir constantemente la oportunidad de ofrecer garantías de futuro a costa de exprimir el presente.

Esta forma de desarrollo es la causa, por ejemplo, de la pérdida de recursos hídricos en muchas zonas del planeta;

de la amenaza y pérdida de buena parte de la biodiversidad a escala global; de ciudades cuyo aire supera constantemente los límites recomendados para proteger la salud; de eventos climáticos extremos que aparecen con más frecuencia, o de la pérdida de paisajes de gran valor. Eso sí, se ha exprimido el presente, y se ha conseguido crecimiento económico. Pero el progreso alcanzado se ve ahora amenazado por un futuro que ha viajado al presente. Los problemas que antes eran lejanos en el tiempo ya están aquí. Y por este motivo, la agenda política se nutre hoy en día de conceptos como emergencia climática o crisis

ecológica. En la actualidad, la dicotomía que se plantea al inicio de este texto se diluye en la necesidad de abordar urgentemente problemas del presente que vienen del futuro. La transición ecológica y social ha dejado de ser una opción para ser una necesidad.

Pero, ¿qué busca la transición ecológica y social? Esencialmente, el objetivo es transitar hacia un nuevo modelo de desarrollo que sea socialmente justo y ambientalmente sostenible (Raworth, 2017), un objetivo con el que poca gente podría discrepar. Frente a este panorama, es necesario plantearse si la sociedad está preparada para llevar a cabo acciones lo suficientemente transformadoras como para promover nuevas formas de desarrollo justo que preserven el medio ambiente. Las personas son la base de todas y cada una de las piezas que conforman la sociedad: las empresas, los gobiernos, la sociedad civil, o las organizaciones no gubernamentales. Por lo tanto, en última instancia, la transición depende de que las personas que conforman las distintas piezas del puzzle tengan los conocimientos adecuados, las habilidades requeridas, los valores necesarios, o los recursos suficientes. Sin lugar a dudas, la educación es un elemento esencial para promover la transición necesaria.

La educación circular busca generar un marco de trabajo que permita emprender urgentemente este camino. En ausencia de una educación circular, seguiríamos educando en un pensamiento lineal que no hace otra cosa que retrasar el cambio de paradigma que necesitamos.

Necesidades educativas de la transición ecológica y social

Existen diversas aproximaciones para diseñar nuevas formas de desarrollo que permitan compatibilizar las necesidades humanas con el techo ecológico: economía ambiental, economía verde, economía circular, decrecimiento, economía azul, bioeconomía, economía ecológica... Cada una de ellas plantea particularidades en relación a sus congéneres, pero también existe una conexión epistemológica fundamental entre todas ellas: la

necesidad de buscar soluciones para ajustar las actividades humanas a los límites que plantea la naturaleza. Si se toma esta afirmación como punto de partida, lo importante no son tanto las diferencias y la elección de una de estas posturas para definir el camino que debería seguir la transición ecológica y social, sino la integración de estrategias provenientes desde los diferentes puntos de vista.

Existe un consenso absoluto en la literatura científica para afirmar que la educación es un elemento transversal clave en la transición ecológica y social (Suárez-Eiroa *et al.*, 2019). Es necesario que las personas puedan implementar las estrategias ya conocidas, y también crear soluciones desconocidas en la actualidad. Para ello, es necesario adquirir la capacidad de pensar de forma innovadora, de establecer sinergias, de gestionar los recursos comunes, de modificar hábitos, o de llevar a la práctica las acciones teóricas, entre muchas otras cosas. En otras palabras, es necesario preparar a las personas para diseñar y convivir en un sistema de desarrollo justo que preserve el medio ambiente.

Educación circular: Un marco de trabajo para la transición educativa

La educación circular nace como un marco de trabajo para formar a las personas para diseñar y convivir en un sistema de desarrollo justo que preserve el medio ambiente. En primer lugar, explorando diferentes variables que puedan actuar como barreras o facilitadores en la transición individual hacia el nuevo sistema. En segundo lugar, definiendo las competencias clave para poder diseñar y convivir en dicho sistema. En tercer lugar, planteando las herramientas pedagógicas más oportunas para trabajar dichas competencias. En ausencia de estos elementos, seguiremos promoviendo una educación lineal que choca frontalmente con los retos que se plantean.

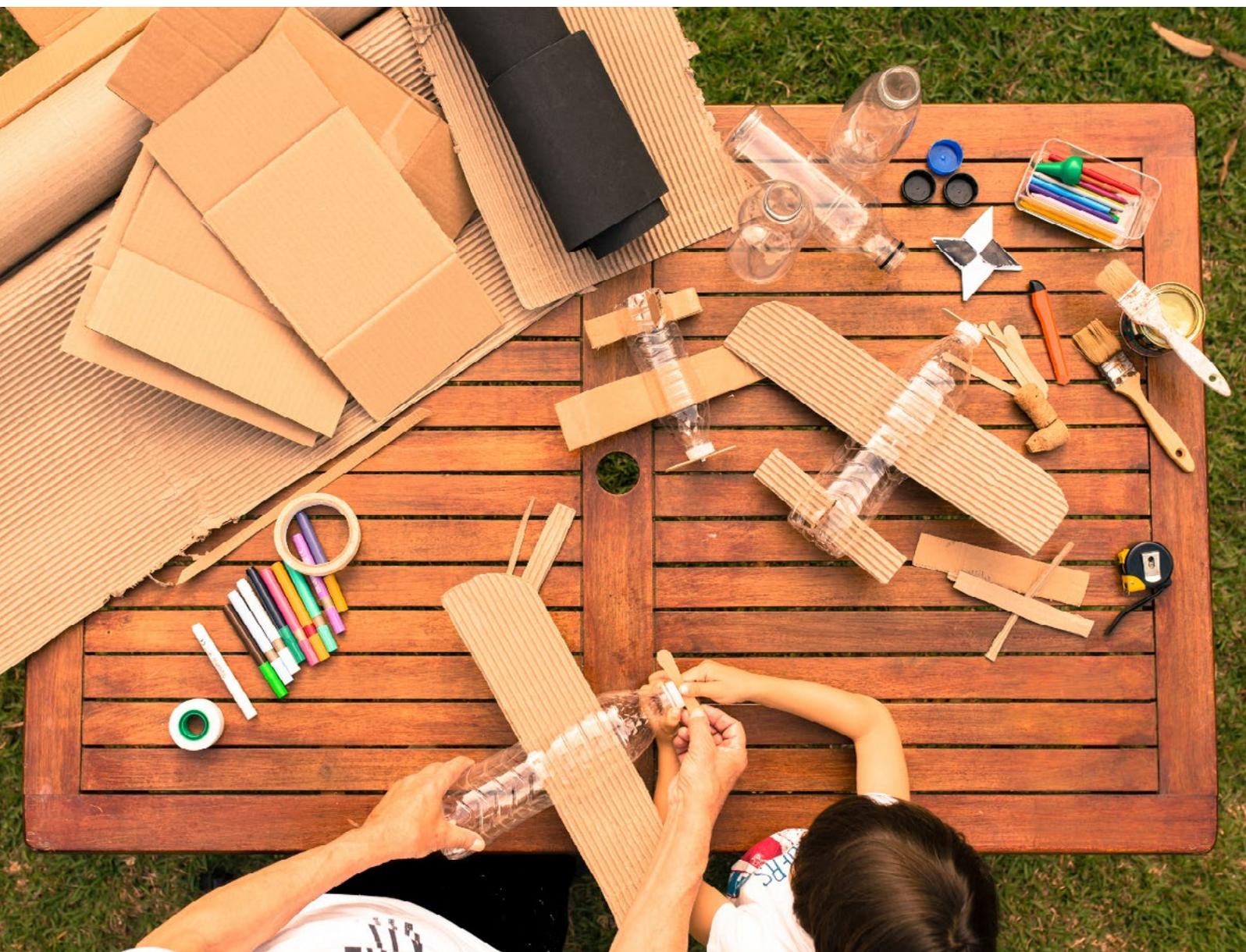
El marco de trabajo que se propone a continuación sirve cómo una primera aproximación a las necesidades detec-

La transición depende de que las personas que conforman las distintas piezas del puzzle tengan los conocimientos adecuados, las habilidades requeridas, los valores necesarios. Sin lugar a dudas, la educación es un elemento esencial para promover el necesario cambio. En ausencia de una educación circular, seguiríamos educando en un pensamiento lineal que no hace otra cosa que retrasar el cambio de paradigma que necesitamos

tadas. Por ende, no pretende ser definitivo, pero sí que tiene la intención de impulsar la transición educativa hacia un futuro socialmente justo y ambientalmente sostenible.

Entre las diferentes variables que pueden actuar como barreras en la transición, se pueden destacar las siguientes: valores, cuestiones emocionales, conocimientos, habilidades, hábitos, presión social, o recursos disponibles. Esta lista, que no pretende ser exhaustiva ni definitiva, emana de una amplia revisión de literatura sobre diferentes teorías que tratan de modelizar el comportamiento proambiental, explorando, de este modo, las diferentes variables que intervienen desde que el individuo es consciente de un problema hasta que tiene la intención de hacer algo y, finalmente, hasta que se produce la acción. Algunos ejem-

plos son la teoría de la acción planificada (Ajzen, 1991), la teoría de los constructos personales (Catulli and Reed, 2017), o la teoría del consumidor (Catulli and Reed, 2017). Por lo tanto, para impulsar la transición ecológica y social individual es necesario trabajar, cuanto menos, todas las variables expuestas previamente. De poco sirve tener un conocimiento profundo de los problemas, o disponer de todos los recursos necesarios, si no se valora de forma adecuada la importancia de solucionarlos, y de poco sirve la predisposición a cambiar de hábitos si no se tienen los conocimientos suficientes para decidir qué cambios son necesarios. Esto es una enorme ventana de posibilidades educativas, ya que impulsar la transición individual significa trabajar las diferentes variables, ya sea de forma conjunta o separada.



La educación circular nace como un marco de trabajo para formar a las personas para diseñar y convivir en un sistema de desarrollo justo que preserve el medio ambiente. En primer lugar, explorando diferentes variables que puedan actuar como barreras o facilitadores en la transición individual hacia el nuevo sistema. En segundo lugar, definiendo las competencias clave para poder diseñar y convivir en dicho sistema. En tercer lugar, planteando las herramientas pedagógicas más oportunas para trabajar dichas competencias

Por otro lado, hemos detectado cinco grandes bloques de competencias clave que emanan, directamente, de las estrategias y necesidades para diseñar y convivir en el nuevo sistema de desarrollo. Estos cinco bloques de competencias configuran lo que se puede denominar como una mente circular: la mente resiliente, la mente natural, la mente creativa, la mente sinérgica, y la mente ejecutora.

La mente resiliente nos permite afrontar la realidad en la que vivimos, y está estrechamente relacionada con nuestra capacidad para lidiar con el cambio. La resiliencia ha sido señalada como un prerrequisito de la sostenibilidad, en tanto en cuanto un sistema más resiliente tiene una mayor capacidad de adaptarse y transformarse positivamente cuando sea necesario (Biggs *et al.*, 2015). El término “positivamente” implica que el sistema se transforma en otro más sostenible y más resiliente. Sin resiliencia, no hay cambio, y sin cambio no hay transición hacia un nuevo modelo de desarrollo. La mente resiliente abarca competencias tan importantes como la tolerancia a la incertidumbre o la inteligencia emocional.

La mente natural nos permite entender la realidad en la que vivimos, una realidad en el que los elementos están interconectados y realimentados, y, por lo tanto, una realidad dinámica que funciona como un gran sistema complejo que es necesario aprender a gestionar. La ecoalfabetización siempre ha sido uno de los pilares fundamentales en la educación ambiental, pero existen otros componentes clave para forjar la mente natural, por ejemplo, la capacidad de observación del medio natural o el pensamiento sistémico adaptativo complejo.

La mente creativa nos permite innovar y crear cosas que no existían previamente. Existe un consenso absoluto

sobre la importancia del diseño y la innovación para afrontar los retos que tenemos por delante, y también los retos que desconocemos a día de hoy. Un diseño y una innovación que van mucho más allá de la creación de bienes y servicios más ecológicos, y que engloban aspectos transformadores como la creación de nuevos modelos de negocio, nuevas formas de entender las relaciones sociales o nuevos planteamientos educativos. La mente creativa abarca competencias como, por ejemplo, la capacidad crítica constructiva o la suficiencia investigadora.

La mente sinérgica nos permite encontrar soluciones innovadoras positivas que beneficien a todas las personas y al entorno. Las externalidades derivadas de la actividad humana son, a día de hoy, asumidas por otras personas y por el propio sistema natural. Minimizar todas las formas de externalidades, y responsabilizarse de la generación de las mismas, es fundamental en el futuro-presente. Del mismo modo, es esencial el establecimiento de relaciones sinérgicas entre diferentes organismos públicos y privados, y también entre estos organismos y la sociedad, relaciones que busquen beneficios sociales y ambientales más allá del mero incremento de ingresos económicos. Algunas de las competencias que se incluyen en la mente sinérgica son, por ejemplo, la empatía o la capacidad de trabajar en equipo.

La mente ejecutora nos permite tomar decisiones y actuar. La intención, no genera cambios, pero la acción sí, y por eso es necesario superar las barreras detectadas desde que el individuo toma conciencia de un problema hasta que se produce la acción. La mente ejecutora incluye competencias como la proactividad o la capacidad para tomar decisiones.



Por último, existen multitud de herramientas pedagógicas que permiten trabajar las competencias contempladas en los párrafos anteriores: aprendizaje basado en problemas, trabajo por proyectos, aprendizaje por descubrimiento, trabajo colaborativo, etc. Aunque puedan existir elementos comunes que faciliten el aprendizaje en todos los niveles educativos y en todos los lugares –por ejemplo, despertar la curiosidad, las emociones o la atención (Mora, 2017)–, el proceso educativo es dependiente del contexto. Si analizamos el proceso educativo como un puzzle, cada persona podría elegir las piezas que considerase más oportunas en función de las circunstancias, y reconstruir constantemente su puzzle a la luz de las necesidades incipientes.

Educa Circular: Un programa educativo para promover la educación circular

El Grupo Koremi y la Fundación Española para la Economía Circular han desarrollado *Educa Circular* (www.educacircular.es), un programa educativo pionero en España que nace con la ambición de promover la educación circular en los centros educativos, las familias y las empresas. *Educa Circular* actúa como un diccionario que traduce la transición ecológica y la economía circular al lenguaje pedagógico, conectando las necesidades demandadas por el cambio de paradigma con las personas de todas las edades. En clave de futuro, hemos de implementar cambios

profundos a nuestro sistema educativo para que sea capaz de preparar las mentes que necesitamos. En este proceso, la educación circular se erige como un marco de trabajo que guía el camino, y *Educa Circular* es un ejemplo de cómo poner en práctica la teoría: todos los proyectos de *Educa Circular* se nutren de los conocimientos que derivan del estudio de la educación circular.

A día de hoy, *Educa Circular* consta de cuatro proyectos educativos (*Líderes*, *Escuelas circulares*, *Voces* y *A vueltas*) y dos proyectos de ocio educativo (*Educa Circular* y *Scape planet*). Los primeros se desarrollan en los centros educativos, involucrando a toda la comunidad educativa y aprovechando el inagotable recurso que son los equipos docentes, educadores y educandos al mismo tiempo. Los segundos se llevan a cabo en los barrios de las ciudades y poblaciones, y también en grandes auditorios o espacios públicos con amplios aforos. A continuación, se presentan los proyectos actuales.

- **Líderes:** el objetivo del proyecto es formar a líderes para el cambio que necesitamos. Las personas que participan en el proyecto pasan por cuatro fases de formación: compromiso con el liderazgo, cimentación del liderazgo, puesta en práctica del liderazgo, y consolidación del liderazgo. Además, a lo largo del proyecto pueden llevar a cabo acciones con las que acumular créditos del planeta, una unidad de medida creada en el contexto del proyecto para cuantificar la inversión realizada en el futuro del planeta.

Educacircular actúa como un diccionario que traduce la transición ecológica y la economía circular al lenguaje pedagógico, conectando las necesidades demandadas por el cambio de paradigma con las personas de todas las edades

- *Escuelas circulares*: el objetivo del proyecto es “transformar” los centros educativos en espacios de convivencia con la economía circular, sostenible y resiliente, para lo cual es necesario habilitar siete espacios donde tienen cabida diversas herramientas del paradigma de la economía circular. El proyecto incluye la formación inicial del equipo directivo y del profesorado, la planificación, desarrollo y puesta en marcha de los espacios, y el seguimiento posterior del mismo.
- *Voces*: el objetivo del proyecto es preparar un congreso sobre economía circular, sostenible y resiliente. Las personas participantes diseñan el congreso desde cero, un proceso que termina poniendo a prueba su capacidad comunicativa para explicar y concienciar sobre las necesidades del nuevo paradigma.
- *A Vueltas*: el objetivo del proyecto es implementar un programa de radio en el centro educativo, a través del cual abordar cuestiones de actualidad relacionadas con la economía circular, sostenible, y resiliente, una oportunidad única para participar en un programa de radio real desde dentro mientras se integran conceptos del nuevo paradigma.
- *Scape Planet*: es un juego de escape itinerante donde la ciudadanía debe enfrentarse en tiempo récord a los principales problemas medioambientales.

Para salir, tendrán que demostrar que han entendido algunos de los conceptos clave para implantar una economía más circular, más sostenible, y más resiliente.

- *Educircular*: es un parque de ocio intergeneracional donde se trabaja la educación circular a través del propio juego. Las familias que participan viajarán jugando a través de diversos mecanismos que rigen el funcionamiento de un sistema de desarrollo circular, sostenible y resiliente, aprendiendo y divirtiéndose en la misma proporción.

En resumidas cuentas, Educacircular emana de la necesidad de generar cambios transformadores para superar los retos que tenemos por delante, del análisis exhaustivo de las soluciones, y de las necesidades educativas incipientes para promover el cambio. Tanto la fundamentación teórica de la educación circular como los proyectos de Educacircular han sido desarrollados por un equipo de trabajo multidisciplinar integrado por personas de diversos ámbitos del conocimiento: biología, pedagogía, filología, ciencias ambientales, educación, periodismo, ingeniería, etc. Es fundamental que la comunidad científica, la comunidad educativa, las empresas y los organismos públicos establezcan sinergias como Educacircular, lo que facilitaría que la transición ecológica y social saltase del papel a la realidad de la ciudadanía. ✿

Bibliografía y referencias

Ajzen, I., 1991. The theory of Planned Behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes* 50, 179–211.

Catulli, M., Reed, N., 2017. A Personal Construct Psychology based investigation into a product service system for renting pushchairs to consumers. *Business Strategy and the Environment* 26, 656–671. <https://doi.org/10.1002/bse.1944>

Figge, F., Young, W., Barkemeyer, R., 2014. Sufficiency or efficiency to achieve lower resource consumption and emissions? The role of the rebound effect. *Journal of Cleaner Production* 69, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.031>

Mora, F., 2017. Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama, Segunda edición, 2017. ed. Alianza Editorial.

Raworth, K., 2017. Doughnut Economics. Random House Business Books.

Suárez-Eiroa, B., Fernández, E., Méndez-Martínez, G., Soto-Oñaite, D., 2019. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. *Journal of Cleaner Production* 214, 952–961. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.271>

Mckellar, Peter (1957) *Imagination and thinking: A psychological analysis*. Oxford, England.

La importancia del compostaje en la economía circular de los residuos ganaderos

Salustiano Mato e Iria Villar

Departamento de Ecología y Biología Animal. Universidad de Vigo.

Como consecuencia de las actividades habituales del ser humano se generan una gran cantidad y volumen de residuos de diferentes orígenes y que varían en composición y peligrosidad. En 2018, la cantidad de residuos generados por los países de la Unión Europea por la totalidad de actividades económicas y hogares ascendió a 2337 millones de toneladas (Eurostat, 2018). Una parte importante de estos residuos son materiales biodegradables orgánicos que presentan diferentes características y composición dependiendo, fundamentalmente, de su origen: agrícola, ganadero, forestal, agroindustrial o urbano. En el ámbito de la actividad ganadera, las deyecciones, tanto líquidas como sólidas, y los restos de las camas (purines y estiércoles) han sido tradicionalmente recuperados o reutilizados como abono agrícola. La producción de estos residuos derivados de la actividad ganadera es diversa y abundante en España y se genera tanto en explotaciones extensivas como intensivas. En el año 2011, por ejemplo, la producción de estiércol de la UE fue de 1400 millones de toneladas, de las cuales 118 millones de toneladas correspondieron a España (Foged *et al.*, 2011).

El aumento de la ganadería intensiva en las últimas décadas ha generado una problemática asociada a su gestión debido a la disposición indiscriminada de estos residuos en el suelo y la consecuente contaminación del medio. En general, no es conveniente el vertido directo al suelo debido a que su descomposición no controlada y/o su toxicidad pueden generar efectos perjudiciales. Estos residuos biodegradables poseen materia orgánica no estabilizada, un elevado nivel de fitotoxicidad, alta carga de contaminantes y, frecuentemente, agentes patógenos siendo, por lo tanto, un riesgo para el medio ambiente y para la salud. Puesto que estos residuos ganaderos son ricos en nutrientes y materia orgánica, es razonable que sean devueltos al suelo en condiciones óptimas para garantizar su fertilidad y completar el ciclo natural. De esta manera, estos residuos ganaderos deben ser estabilizados y acondicionados reduciendo los posibles riesgos anteriormente citados antes de su disposición al suelo. Dentro de los procesos que pueden ser empleados para la estabilización de compuestos orgánicos se encuentra el compostaje. Este proceso de reciclaje de la materia orgánica cumple con la prioridad de actuación en política de residuos (Figura 1) y con los requerimientos de la normativa vigente e impulsa la economía circular transformando residuos en recursos.

El origen del compostaje se pierde en la noche de los tiempos. Es un proceso natural que se da de forma espontánea, de manera que el hombre lo ha utilizado empleando técnicas artesanales desde los tiempos remotos. El uso de residuos de animales como fertilizante orgánico para los cultivos, mezclados con restos de las cosechas con las que se formaban las camas para el ganado, era una forma tradicional de fabricación de fertilizante por los agricultores casi desde el origen de las actividades agrícolas. Estas mezclas eran amontonadas y a través de la experiencia del agricultor, volteadas periódicamente y resguardadas del viento y de la lluvia y, de esta manera, se conseguía



Figura 1. Prioridad en la política de residuos según la Directiva 2008/98/CE.



Figura 2. Estrategia tradicional de preparación de abono con estiércol de ganado.

una fermentación aeróbica de una forma espontánea que estilizaba los materiales residuales que formaban estos montones (Figura 2). El producto resultante se aplicaba al suelo durante el abonado de los cultivos. Así, se establecía un modelo circular y sostenible en el cual la ganadería proporcionaba fertilizantes a la agricultura y esta, a su vez, proveía una fuente de alimento para el ganado, eliminando el concepto de residuo.

Con el paso del tiempo estas técnicas artesanales se fueron abandonando rompiendo con el flujo circular de materia y energía. El crecimiento poblacional y el elevado consumo de recursos naturales fomentaron la ganadería y agricultura intensiva y conllevaron la aparición y el uso excesivo de los fertilizantes químicos, entre otros problemas ambientales y sociales. El trabajo que suponía atender los montones de estiércol se evitaba, pero el uso incontrolado de estos productos fertilizantes ha provocado un desequilibrio químico de nutrientes y oligoelementos de gran cantidad de suelos cultivables, lo cual condujo a una disminución de la fertilidad de estos suelos.

En los años treinta del siglo pasado se desarrolló en la India el llamado “proceso Indore”, que consistía en acumular los residuos ganaderos mezclados con restos de cosechas vegetales en montones de 1,5 metros de altura, durante periodos de 3 a 6 meses y removerlos dos veces durante ese periodo. Desde ese momento se desarrollaron multitud de pruebas y con el paso del tiempo se han diseñado multitud de técnicas que han posibilitado el control y monitorización completo de este proceso biológico, que conocemos como compostaje.

Así pues, el proceso de compostaje constituye una actividad agroecológica, que responde de manera completa y adecuada al objetivo de llevar a cabo una economía circular en la gestión de los residuos ganaderos al ser un proceso biológico en el que los residuos orgánicos son oxi-

El uso de residuos de animales como fertilizante orgánico para los cultivos, mezclados con restos de las cosechas con las que se formaban las camas para el ganado, era una forma tradicional de fabricación de fertilizante por los agricultores casi desde el origen de las actividades agrícolas

dados a formas biológicamente estables como el humus, promoviendo el dicho “hacer volver a la tierra lo que de la tierra ha salido”. La agroecología es, por lo tanto, un caso paradigmático de economía circular y una oportunidad de abordar retos de conservación ambiental y patrimonial, explorar otro modelo para producir y consumir alimentos reactivando los mercados locales, generar oportunidades de empleo, o renovar los instrumentos de programación y de ejecución del Desarrollo Rural. La actividad agroecológica del compostaje está demostrando que es una estrategia de alta sinergia, que aprovecha los residuos, reduce costes de gestión, reduce consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, fija carbono fertilizando el suelo, y articula en proximidad a productores y a consumidores

¿Qué es el compostaje?

El compostaje hace referencia a la biodegradación controlada de una mezcla de sustratos en estado sólido y en condiciones aerobias llevada a cabo por comunidades microbianas. Es un proceso espontáneo y exotérmico que provoca la liberación de energía en forma de calor causando la elevación de la temperatura hasta condiciones termófilas. Durante el proceso de compostaje se generan diferentes condiciones térmicas que llevan a la sucesión de distintas comunidades microbianas, así mismo, a lo largo de esta biodegradación se produce la liberación de sustancias tóxicas (fitotoxinas) como los compuestos intermediarios amoníaco, ácidos orgánicos de bajo peso molecular y el óxido de etileno. La diferencia entre un proceso natural de degradación de sustratos orgánicos o una putrefacción –que se sucede habitualmente en acumulaciones sobre el suelo, pilas de estiércol o vertederos– frente al proceso de compostaje es que este último debe ser controlado. Este control hace alusión a la necesidad de monitorización de los parámetros tales como la tempe-

ratura, oxígeno, humedad, etc. a lo largo del proceso, así como de controlar la composición y naturaleza del sustrato heterogéneo en fase de compostaje.

Los cambios fisicoquímicos y biológicos que se suceden durante el compostaje dan como resultado la generación de calor, la formación de dióxido de carbono, agua y, como principal producto, el compost, formado por tres componentes básicos: materia orgánica estabilizada, materia mineral y microbiota (Figura 3). Por lo tanto, la principal finalidad del compostaje es la obtención de un producto final de uso agronómico a partir del tratamiento de residuos orgánicos y, por lo tanto, es una tecnología de valorización medioambientalmente respetuosa al transformar los residuos ganaderos en productos aplicables al suelo posibilitando el cierre del ciclo de los nutrientes y el desarrollo de la economía circular de la región.

Uno de los factores principales y determinantes del compostaje es la temperatura. Básicamente, se considera que el compostaje en óptimas condiciones puede dividirse en cuatro fases:

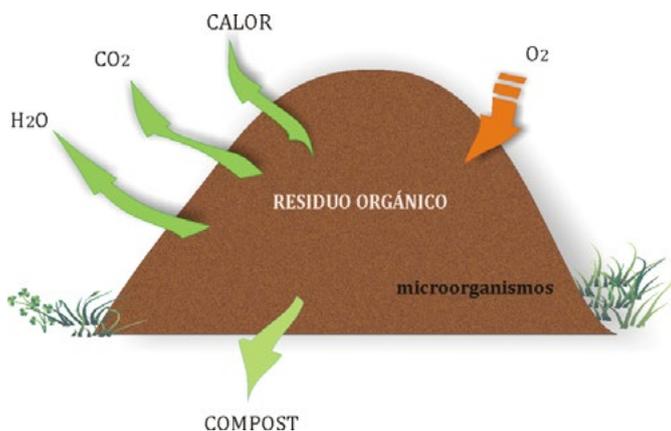


Figura 3. Esquema del proceso de compostaje (elaboración propia).

Fase mesófila inicial (desde la temperatura ambiental hasta los 45 °C): en esta etapa comienza la degradación de los compuestos más fácilmente biodegradables, como azúcares, grasas, almidón y proteínas, que tiene como consecuencia el aumento de la actividad microbiana y la elevación de la temperatura. Esta etapa puede durar desde horas hasta varios días.

Fase termófila (45-70°C): a medida que se eleva la temperatura los organismos adaptados a temperaturas altas reemplazan a los organismos mesófilos. En esta etapa comienza la degradación de los compuestos más complejos y resistentes por parte de la microbiota termófila y continúa la degradación de los compuestos más lábiles. Se desarrolla una actividad metabólica elevada que genera la

prolongación de las altas temperaturas y se produce la higienización del sustrato al eliminarse los patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. Esta etapa puede durar desde varios días a incluso meses dependiendo del tipo de residuo, las características del sistema de compostaje y el control sobre el proceso.

Fase de enfriamiento: el agotamiento de los materiales fácilmente biodegradables conlleva la disminución de la actividad microbiana y, con ello, el descenso térmico hasta temperaturas ambientales, produciéndose la recolonización por parte de la microbiota mesófila con capacidad para degradar compuestos como la celulosa, hemicelulosa y otros polímeros. Esta fase puede durar desde varios días a semanas por eso, en ocasiones, la fase de enfriamiento y maduración se consideran como una única etapa del proceso.

Fase de maduración: el material orgánico se estabiliza, predominando los procesos de degradación de los compuestos más recalcitrantes y la polimerización de sustancias similares al humus. Esta etapa del proceso suele requerir varios meses.

Condiciones previas (Acondicionamiento del residuo ganadero)

El proceso de compostaje es dirigido por la actividad de los microorganismos, por lo que los factores que puedan limitar el desarrollo de la microbiota particular en cada fase, afectarán al desarrollo del proceso de compostaje. Por ello, el compostaje de un residuo ganadero requiere una serie de requisitos previos que van a condicionar el desarrollo de la actividad microbiana. Las características del material inicial determinan la evolución del proceso de compostaje, su eficacia y la calidad del compost. A continuación, se presentan algunos de los parámetros más importantes:

■ Estructura

La matriz de compostaje es una masa de partículas sólidas que debe contener suficientes poros e intersticios para posibilitar que se desarrolle un proceso aerobio, de manera que, el aire circule por el interior de la masa aportando una concentración óptima de oxígeno, eliminando el dióxido de carbono y el exceso de humedad y limitando la acumulación excesiva de calor (Haug, 1993). Por lo tanto, como el residuo ganadero no presenta la estructura óptima, como ocurre, por ejemplo, con residuos pastosos como los purines de cerdo, es necesario adicionar un material que aporte espacio libre entre las partículas. Por lo general, se emplean como agentes estructurantes materiales de naturaleza orgánica como los residuos agroforestales (Figura 4).



Figura 4. A la izquierda madera triturada que puede ser empleada como agente estructurante y a la derecha purín de cerdo.

■ Humedad

Es importante que el contenido de agua disponible sea suficiente para hacer frente a los requerimientos fisiológicos de la microbiota. El agua actúa como medio de transporte, no sólo para las sustancias solubles con las que se alimentan los microorganismos sino también, para eliminar los productos de desecho resultado del metabolismo celular. El contenido óptimo de humedad al inicio del proceso depende del tipo de material a compostar, pero varía entre 50–70 % (Bernal *et al.*, 2009; de Bertoldi *et al.*, 1996). Contenidos mayores de humedad pueden provocar que el agua ocupe los microporos de la mezcla dificultando la oxigenación, mientras que, contenidos menores provocan el descenso de la actividad biológica.

■ Relación C/N

Se considera que los microorganismos emplean para su metabolismo 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno, requiriendo carbono como fuente de energía y como componente de las células y nitrógeno para la síntesis proteica y los ácidos nucleicos. Se considera que la matriz de compostaje es adecuada cuando presenta un ratio inicial de C/N entre 25-35 (Bernal *et al.*, 2009; Díaz and Savage, 2007; Haug, 1993). Valores bajos del ratio C/N, como ocurre en los purines y estiércoles por su elevado contenido de nitrógeno conllevan la pérdida de este nutriente por volatilización o por lixiviación. La adición de material estructurante ayuda a mejorar este ratio al proveer de carbono orgánico a la mezcla.

Seguimiento y control del proceso

Una vez establecidos y corregidos los parámetros relativos a la naturaleza del residuo ganadero, es necesario el seguimiento y control del proceso dentro de valores adecuados para cada una de las fases del compostaje. Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta son la tempera-

tura, oxígeno y la humedad. El control del proceso puede realizarse de forma manual *in situ* con la ayuda de sondas de mano y la toma de muestras (Figura 5) o mediante sistemas más o menos automatizados (Figura 6).

La evolución de la temperatura a lo largo del tiempo es un parámetro clave del proceso de compostaje (Figura 7),

***La agroecología es,
por lo tanto, un caso
paradigmático de
economía circular y una
oportunidad de abordar
retos de conservación
ambiental y patrimonial,
explorar otro modelo
para producir y consumir
alimentos reactivando los
mercados locales, generar
oportunidades de empleo,
o renovar los instrumentos
de programación
y de ejecución
del Desarrollo Rural***



Figura 5. Medición de la temperatura y el oxígeno en pilas de compostaje aireadas a través de volteos (Mato, 2005).

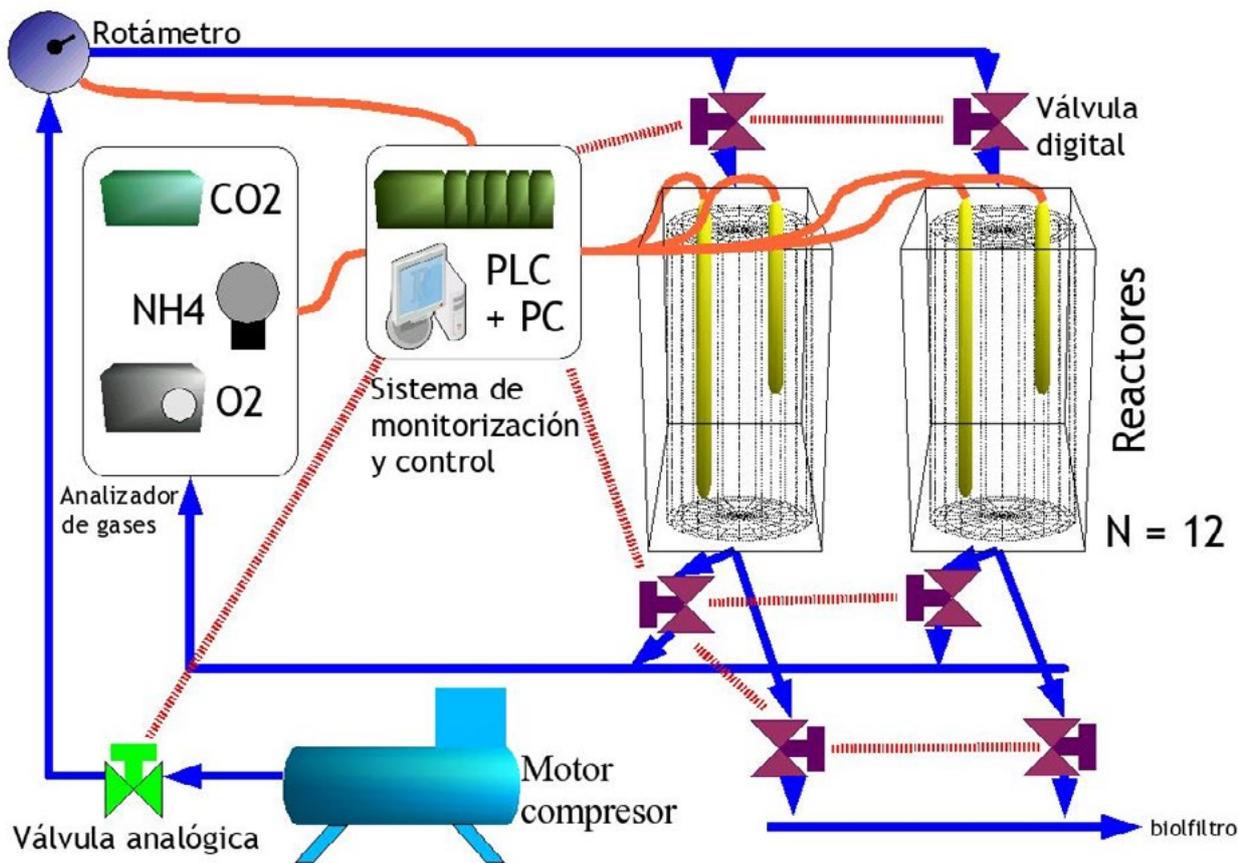


Figura 6. Esquema del dispositivo de reactores de laboratorio para la monitorización y control del proceso de compostaje del grupo de investigación Biología Ambiental de la Universidad de Vigo.

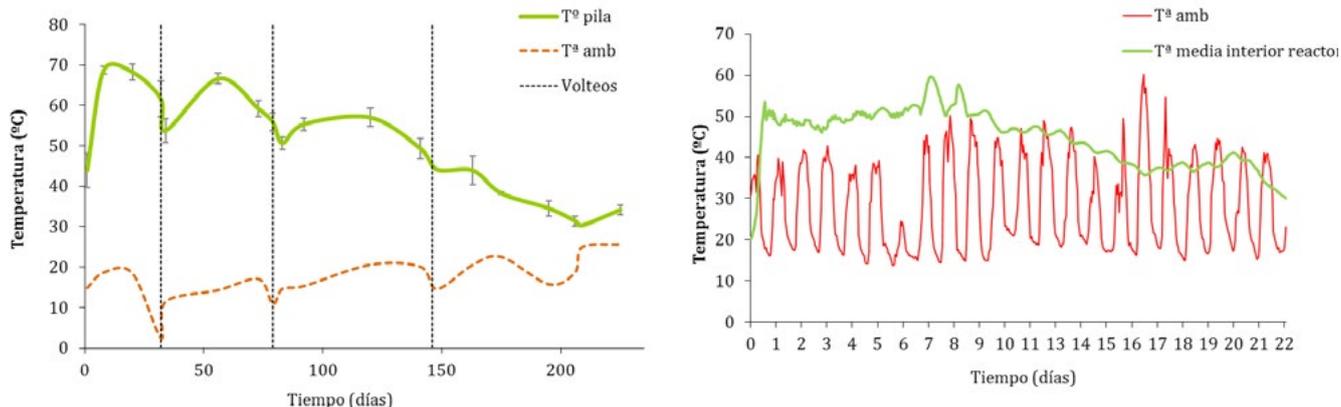


Figura 7. A la izquierda, evolución de la temperatura en una pila volteada de estiércol de 40m3 durante 230 días y a la derecha, evolución de la temperatura en un reactor estático de 600L con ventilación forzada durante 22 días.

consecuencia de la elevada actividad microbiana, con relación directa en la degradación de la materia orgánica.

Para una correcta higienización del material y la obtención de un compost libre de parásitos y semillas de malas hierbas se han de mantener en continuo temperaturas por encima de 55°C durante 15 días (European Commission, 2001). De esta manera, la temperatura durante el proceso debe ser controlada asegurando que se alcancen temperaturas termófilas y que se sostengan en el tiempo lo suficiente para garantizar la higienización pero sin exceder de los 70°C (un exceso puede provocar la muerte de la mayoría de los microorganismos, retardar la colonización en las fases posteriores y, como consecuencia, retrasar la degradación del residuo). El control de temperatura se puede realizar para

enfriar la masa o bien, para reactivar el proceso y se suele efectuar mediante la introducción de aire por ventilación forzada y/o por operaciones de volteo del material.

La concentración de oxígeno en la masa de compostaje no debe ser inferior al 5 % (Epstein, 2011), ya que se produciría una sucesión hacia microorganismos anaerobios y, por lo tanto, hacia procesos de fermentación no deseables y la generación de malos olores. La aireación puede ser proporcionada mediante sistemas de ventilación, y operaciones de volteo o ambos. Así mismo, también se puede producir la aireación pasiva de manera natural cuando tanto la estructura y porosidad de la mezcla, así como, la forma y tamaño de la pila posibilitan el intercambio de gases (Figura 8).

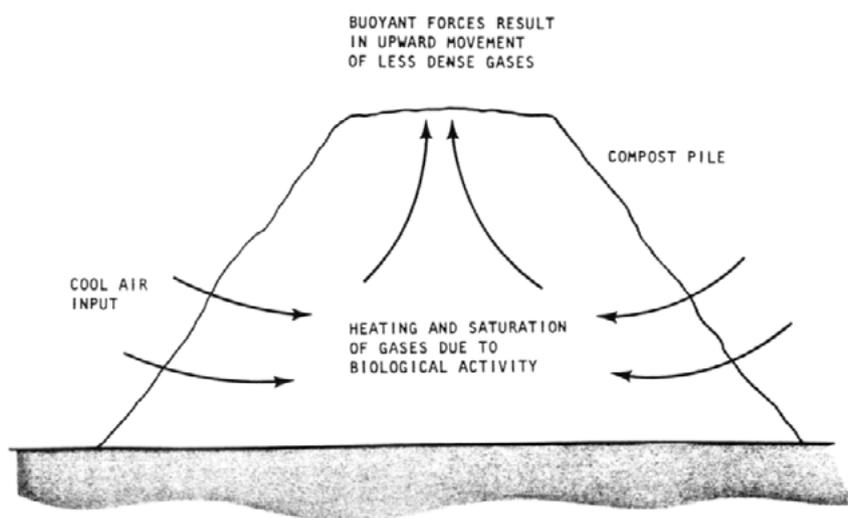


Figura 8. Esquema de la ventilación natural en una pila de compostaje (Haug, 1993).



Figura 9. Evaporación de agua durante el compostaje en una pila con volteo mecánico (Mato, 2005).

El proceso de compostaje tiene como efecto asociado la pérdida de agua como consecuencia de su evaporación debido a las altas temperaturas (Figura 9), de manera que los valores son más altos al inicio y decrecen a medida que el proceso avanza. Debe incorporarse agua, especialmente en las fases iniciales, cuando los valores de humedad sean limitantes considerando que por debajo de 30-35 % se inhibe el proceso.

Compost

A lo largo del proceso de compostaje la materia orgánica desciende debido a su mineralización y a la pérdida de carbono en forma de dióxido de carbono como resultado

de la respiración microbiana, sobre todo, en las primeras fases. En la fase de maduración prevalecen los procesos de síntesis de compuestos húmicos que condicionan la calidad del compost final obtenido y determinan el grado de estabilización y madurez de la materia orgánica. Si el proceso de compostaje se realiza adecuadamente se obtiene materia orgánica higienizada y estabilizada rica en compuestos húmicos y nutrientes que actúa como enmienda orgánica de los suelos mejorando las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo. La aplicación del compost permite la rehabilitación y mejora de los suelos agrícolas, asegurando el uso sostenible de los recursos.

Tabla 1. Clasificación de los sistemas de compostaje más comúnmente empleados (Epstein, 2011; Moreno and Moral, 2008).

	Sistemas abiertos	Sistemas semiabiertos	Sistemas cerrados
Estáticos	Montones/Pilas/ Mesetas con aireación pasiva o forzada	Pilas con cubierta semipermeable aireadas	Contenedores/Túneles aireados
Dinámicos	Pilas volteadas Mesetas volteadas	Trincheras Pilas/Mesetas en naves cerradas volteadas	Túneles dinámicos Tambores



Figura 10. Sistema abierto dinámico de una pila de compostaje a la izquierda y detalle de un volteo con pala a la derecha.



Figura 11. Sistema semiabierto dinámico de una planta de compostaje de estiércol de vacuno con trincheras móviles a la izquierda y detalle del proceso de volteo a la derecha.

Planta de compostaje de residuos ganaderos

Priorizar el tratamiento de los residuos orgánicos generados en la propia explotación ganadera, o lo más cerca posible del punto de generación, permite no sólo reducir los costes de transporte sino también las emisiones y otros problemas ambientales asociados. La autogestión de los residuos y el uso del compost obtenido en la propia explotación es un ejemplo de residuo cero y un eje prioritario de la economía circular.

De manera general, la elección de un sistema o tecnología de compostaje depende de varios factores como pueden

ser: tipología y cantidad de residuos, espacio requerido, consideraciones económicas, aspectos legales, localización, aspectos ambientales y calidad del producto, entre otros (Epstein, 2011). En la tabla 1 se presentan algunos de los sistemas más comunes, clasificados según su relación con el medio y la mezcla o cambio de posición.

De manera habitual, el sistema más empleado para el tratamiento de estiércoles y purines son los sistemas dinámicos, tanto abiertos como semiabiertos (Figura 10 y 11). Las pilas volteadas y las trincheras consisten en montones o acúmulos del material a compostar en hileras más o menos alargadas que se mezclan periódicamente mediante volteos.

Priorizar el tratamiento de los residuos orgánicos generados en la propia explotación ganadera, permite no sólo reducir los costes de transporte, sino también las emisiones y otros problemas ambientales asociados. La autogestión de los residuos y el uso del compost obtenido en la propia explotación es un ejemplo de residuo cero y un eje prioritario de la economía circular



Figura 12. Biorreactor de residuos orgánicos (BIORESOR) del Equipo de Biotecnología Ambiental de la Universidad de Vigo (Patente 009900981).

En menor medida se pueden emplear sistemas cerrados para algunos tipos de residuos ganaderos que requieren mayor control del proceso (tratamiento de gases, recogida de lixiviados, sistema de toma de datos, etc.) (Figura 12).

El compostaje tiene la gran ventaja, frente a otros procesos de valorización de residuos, de poder realizarse tanto de un modo más tradicional, con una baja inversión, como con una fuerte inversión tecnológica que conlleve la automatización del proceso. En la figura 13 se presenta un esquema sencillo de una planta de autogestión de residuos ganaderos. La planta debe zonificarse para que no se produzcan contaminaciones entre residuos y productos con distinto grado de degradación y nivel de patógenos. Primeramente, se diferencia una zona de acopio de los materiales destinados a compostaje (residuos ganaderos y material estructurante). Debido a que los purines y es-

tiércoles son generados de manera continua, el tiempo de permanencia en esta zona debe ser minimizado ya que al tratarse de residuos con elevada degradabilidad se pueden generar fermentaciones indeseables, producción de lixiviados y malos olores.

En esta zona se puede realizar la trituración o procesado previo de los sustratos y su pesaje. Como sistema de compostaje, se proponen las pilas dinámicas ya que son adecuadas para este tipo de residuos y porque requieren mínima infraestructura, con lo cual, la inversión inicial es baja. En esta zona de compostaje más intensiva, debe realizarse un control riguroso de la degradación de la materia orgánica optimizando el tiempo de proceso. En la fase de maduración, también en pilas, se limitan los volteos y las labores de control son menores. El compost debe almacenarse separadamente para evitar contaminaciones y mantener sus propiedades. Aunque el balance de masas del proceso de compostaje va a depender de la tipología del residuo, el sistema empleado y el desarrollo y tiempo de proceso, la reducción de masa y volumen es claramente significativa. Así, a partir de 100 toneladas de purín fresco, tras un proceso dinámico de compostaje de 4 meses de duración, se obtiene tras el cribado entre 20-25 toneladas de compost.

La selección de la tecnología de compostaje debe realizarse de manera que permita gestionar adecuadamente el volumen de residuos ganaderos generados en la explotación, se realice en el menor tiempo posible y se obtenga como resultado un producto con calidad agronómica. Con una inversión acorde a sus posibilidades, las explotaciones pueden gestionar sus residuos de un modo local, obteniendo un producto de uso agronómico y, por lo tanto, promoviendo la optimización de los recursos, la reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos, objetivos, todos ellos, de la economía circular. ✿

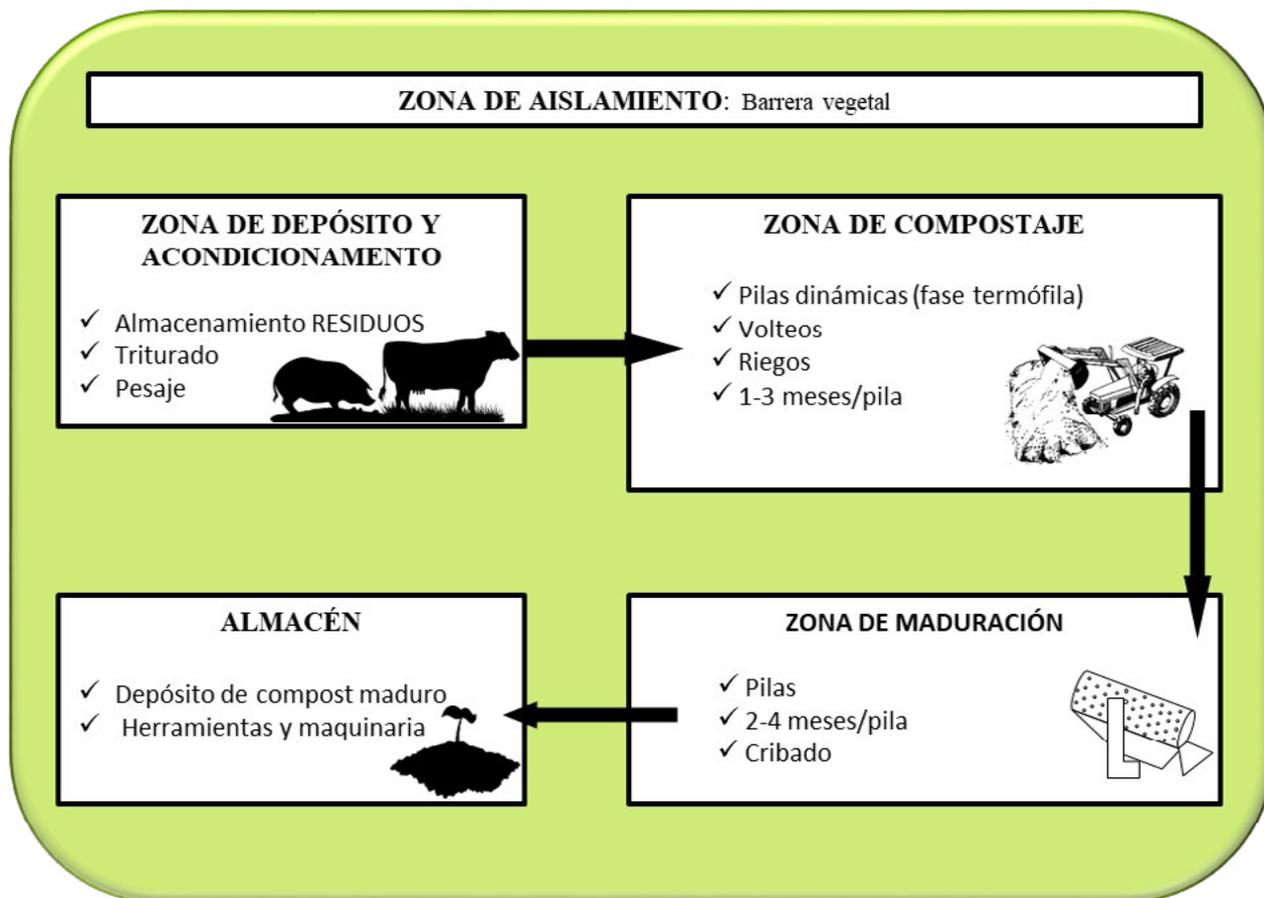


Figura 13. Esquema de una planta de compostaje para la autogestión de residuos ganaderos.

Bibliografía

Bernal, M.P., Alburquerque, J.A., Moral, R., 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresour. Technol.* 100, 5444–5453. doi:10.1016/j.biortech.2008.11.027

Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (Eds.), 1996. *The Science of Composting*. Springer Netherlands, Dordrecht. doi:10.1007/978-94-009-1569-5

Diaz, L.F., Savage, G.M., 2007. Factors that affect the process, in: Diaz, L.F., De Bertoldi, M., Bidlingmaier, W., Stentford, E. (Eds.), *Compost Science and Technology, Waste Management Series*. Amsterdam, pp. 49–65.

Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DO L 312 de 22.11.2008, p. 3)

Epstein, E., 2011. *Industrial composting*. Environ. Eng. Facil. Manag. Taylor Francis Group LLC

European Commission, 2001. Working document: biological treatment of biowaste, 2nd draft. *Dir. Gen. Environ.* 22–22

Eurostat, 2018. Waste statistics - Statistics Explained [WWW Document]. URL http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics (accessed 14.05.21).

Foged, H. L., Flotats, X., Blasi, A. B., Palatsi, J., Magri, A., & Schelde, K. M. (2011). Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No. I concerning “manure processing activities in Europe” to the European commission. In Directorate-General Environment.

Haug, R.T., 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton.

Mato, S. (2005). Compostaxe de Residuos Orgánicos. En: Galicia. *Ecoloxía (Enciclopedia): Volume XLVIII Ciencia e Tecnoloxías Ambientais*. 18-42. Hércules Ediciones. A Coruña

Moreno, J., Moral, R., 2008. *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Formación y servitización, fundamentales para lograr el cambio

Dra. Sònia Llorens y Dra. Mar Isla

Cátedra Economía Circular y sostenibilidad de la Fundación Tecnocampus Mataró-Maresme

<https://catedraeconomicircular.tecnocampus.cat/>

Sabemos que la realidad puede llegar a ser persistente, tozuda..., escandalosa en algunos casos.

Hace ya tiempo que no sólo los expertos ambientales advierten del impacto ambiental y de las consecuencias de nuestro modelo actual de actividad y de consumo insostenible..., la propia naturaleza ya nos está avisando ¡Algo tenemos que cambiar!

Un ejemplo claro se puede deducir de la imagen inferior, en la cual se muestran los flujos de materiales en la Unión Europea. Según se puede observar anualmente se transforman 8000 millones de toneladas de materiales en energía o productos, de los cuales solamente 600 millones provienen actualmente de los circuitos del reciclaje. Este modelo conlleva inevitablemente a una crisis

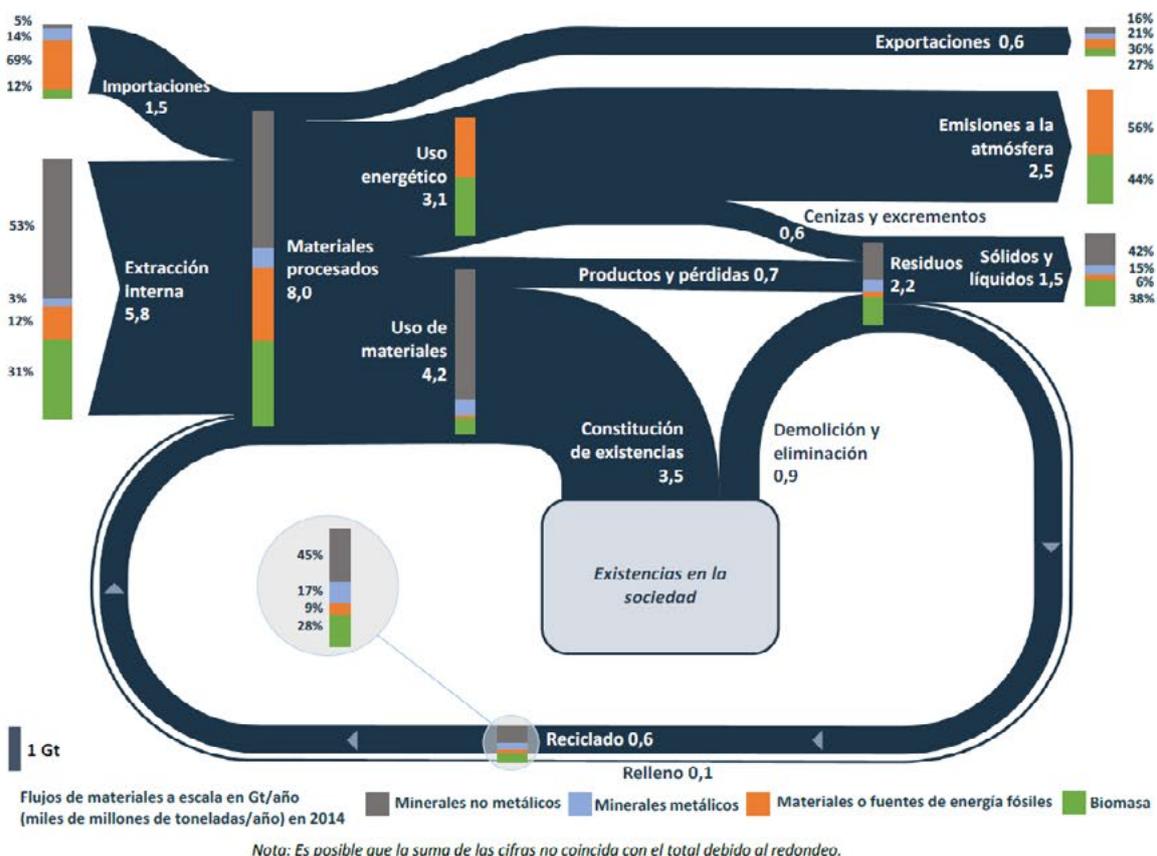


Fig 1. Flujos de materiales en la economía (UE) (Mayer, et al., 2014)

de recursos materiales, aunque lo mismo se puede deducir cuando se analizan los flujos del agua o de energía.

Durante estos meses de confinamiento forzado por la pandemia, hemos podido ver, por ejemplo, cómo la contaminación en algunos territorios descendía drásticamente (Kandari, 2021) pero estos datos no eran más que un espejismo, no se ha realizado todavía ninguna transición del modelo productivo o de consumo: han sido datos única y exclusivamente relacionados con la covid19.

Por todo ello aparecen distintas voces que apuestan por una recuperación de los territorios considerando la revisión del paradigma actual de extracción-producción-uso-desecho (denominada también la Economía Lineal): El *Green Deal* de la Unión Europea (UE-European Green Deal, 2021), la Estrategia Española de Economía Circular (MITECO-Estrategia Española EC, 2021) los fondos europeos de re-

cuperación post covid que incorporan la transición verde (UE-Next Generation Europe, 2021)..., etc.

En realidad, existen distintas estrategias y propuestas para reorientarnos hacia la sostenibilidad, y una de ellas es la llamada transición hacia una nueva economía circular.

Cuando hablamos de economía circular de hecho estamos definiendo un concepto nuevo, pero que no dista mucho de los patrones de comportamiento que existían en la economía doméstica del siglo pasado: nuestro@s abuel@'s vivían en un formato de residuo-cero, reparaban, alargaban la vida útil de los productos, etc..., la gran diferencia en todo caso con el nuevo paradigma de la Economía Circular es que ahora ya no se pone el foco en el ámbito doméstico: el momento actual urge a tomar medidas e implantar nuevas estrategias para la resiliencia que impactan a toda la sociedad en general, administraciones y entes públicos en general y al tejido industrial.



Fig. 2. Bases del Pacto Verde Europeo (UE-European Green Deal, 2021)

La formación ejerce un papel fundamental para el establecimiento de un lenguaje común y para la incorporación de conceptos, metodologías, tecnologías y otras herramientas de transición hacia la circularidad

La economía circular, como ya sabemos, es un concepto de base económica que se incluye en el marco del desarrollo sostenible y cuya orientación se basa en repensar los modelos actuales de desarrollo, producción y oferta de bienes y servicios para reducir el consumo y derroche

de materias primas, agua y fuentes de energía. Se trata de implementar una nueva economía, circular –no lineal–, basada en el principio de “cerrar el ciclo de vida” de productos, servicios, residuos, materiales, agua y energía.

Así, el nuevo paradigma de la Economía Circular acoge, a modo de paraguas, estrategias muy diversas, orientadas a productores, consumidores, administraciones... Estrategias recogidas bajo los conceptos de base del ecodiseño de productos y servicios, el cual pone el foco en la fase de definición conceptual y donde se tienen en consideración los aspectos ambientales (y los impactos negativos asociados) de todas las fases del ciclo de vida (producción, embalaje, transporte, puesta en marcha, operación/uso, mantenimiento y reparaciones y fin de vida) de ese producto o servicio, con el fin de minimizar esos impactos.

Estrategias de simbiosis industrial implementada, por ejemplo, en polígonos industriales donde se gestiona de forma compartida el calor generado y consumido por empresas distintas. Esta estrategia se relaciona con la llamada ecología industrial y territorial, en la cual se buscará un formato organizacional de un territorio industrial para la optimización de flujos de recursos.



Fig 3. La Economía Circular considera en muchos casos la reincorporación de patrones de comportamiento y conocimientos de antaño, implementados ahora mediante nuevas tecnologías de futuro. Fuente: Elaboración propia.

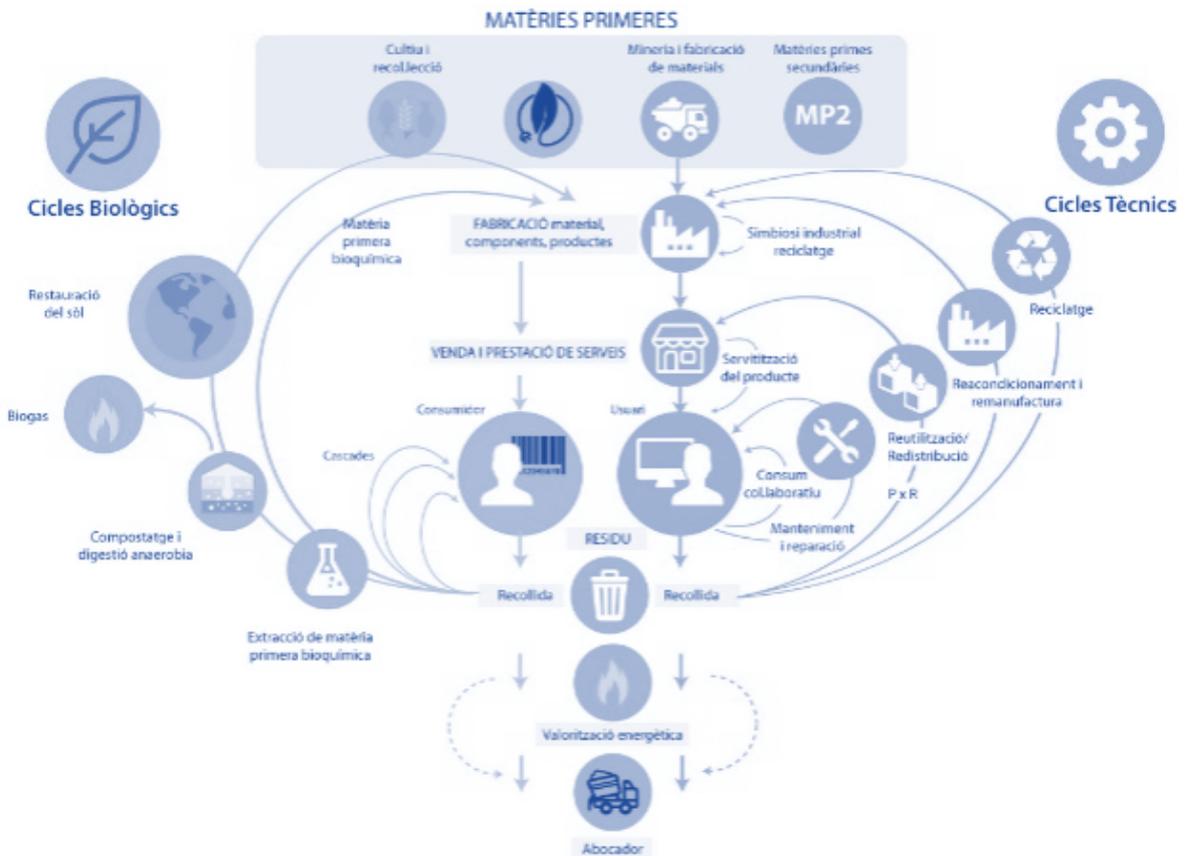


Fig 4. Diagrama de estrategias para la Circularidad según Ellen Mc Arthur Foundation (Ellen Mc Arthur Foundation, 2021).



Fig. 5. Ejemplo de ecodiseño, donde se reconceptualiza el producto para poder reutilizar el agua del lavado de manos.

Estrategias orientadas a nuevos modelos de negocio y de consumo y nuevas tecnologías asociadas: emerge con fuerza la servitización de productos, como los autos o motocicletas, donde se paga por uso en lugar de adquirir el producto.

Estrategias orientadas al alargamiento de la vida útil de productos y/o componentes (mantenimientos, PxR, reacondicionamiento, remanufactura...) y la lucha contra la conocida obsolescencia programada.

Nuevas estrategias y tecnologías para la gestión de los residuos y el reciclado de los productos y/o componentes donde se requiere de innovación y desarrollo relacionado con la gestión del residuo, la trazabilidad y separación de los materiales, nuevas tecnologías de reciclado, valorización energética...

Minería de vertedero: durante años hemos “sepultado” recursos; las nuevas tecnologías permiten pensar en re-obtener ciertos materiales apreciados y escasos en los vertederos.

Nuevas políticas, estrategias y tecnologías para la transición energética (energías renovables, nuevas tecnologías del hidrógeno, movilidad eléctrica...) y para una mejor gestión del ciclo integral del agua (con el uso de aguas regeneradas, por ejemplo).

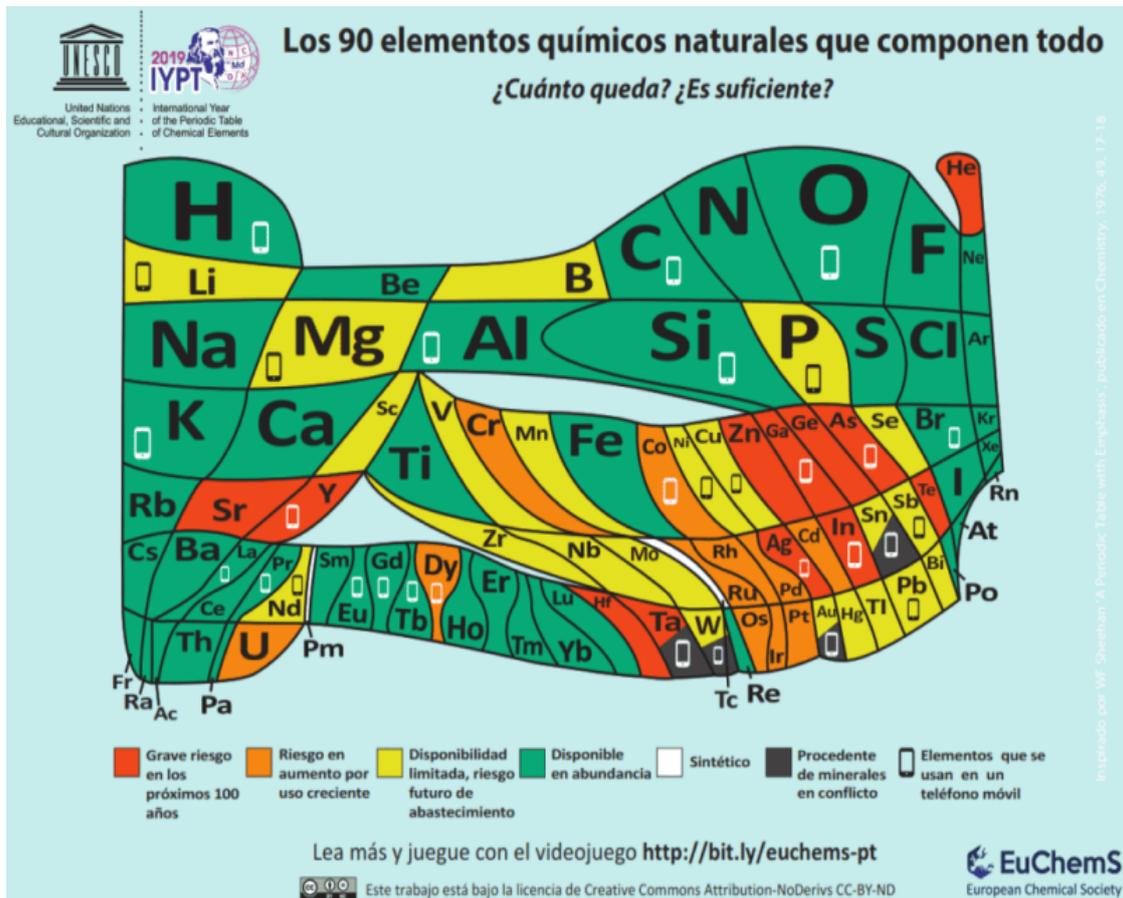


Fig. 6. Tabla periódica que muestra la escasez de algunos de los recursos materiales críticos con los que fabricamos elementos tan habituales como los smartphones. Durante años muchos de estos elementos han ido a parar a los vertederos.

En realidad, resulta complejo listar todas las estrategias de una forma secuencial, pues a menudo se correlacionan entre ellas. El mapa de oportunidades se complica aún más si intentamos mapearlas en los distintos sec-

tores de actividad, considerando a su vez flujos de materiales y recursos concretos, y si las analizamos desde una perspectiva de sociedad, administración o industria.

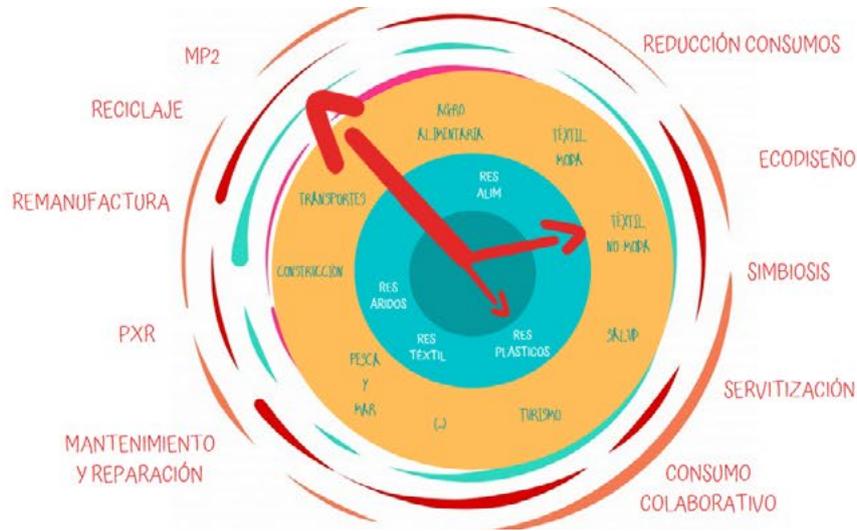


Fig 7. Las estrategias deben considerar distintos enfoques a la misma vez. Fuente: elaboración propia

Y es que para que el desarrollo e implementación de estas estrategias se realice, será imprescindible empoderar a los agentes del cambio, es decir, a aquellas personas e instituciones que van a liderar e impulsar el cambio en su entorno personal y profesional. Estos agentes del cambio deben disponer de una hoja de ruta, de un “mapa de navegación” donde puedan encontrar las estrategias y herramientas al alcance, las políticas y regulaciones locales e internacionales, las barreras y las oportunidades, las iniciativas de éxito, las tecnologías ya implantadas y las que están en desarrollo y cómo no, las metodologías y las métricas con que vamos a medir esos cambios.

El mejor modo para poder empoderar a estos agentes del cambio a todos los niveles será informar y formar. La

formación ejerce un papel fundamental para el establecimiento de un lenguaje común y para la incorporación de conceptos, metodologías, tecnologías y otras herramientas de transición hacia la circularidad.

Es por ello por lo que la incorporación de la economía circular en los diferentes planes de estudio y el desarrollo de programas de formación y aprendizaje se sitúan entre los objetivos universales para las políticas de economía circular, en palabras de la Fundación Ellen Mc Arthur (MacArthur, 2021). Debemos desarrollar e implementar estos programas formativos orientados a los distintos colectivos, por ejemplo:

1. **Formación para los equipos directivos y centros de toma de decisión empresarial:** nos encontramos en un entorno VUCA (volátil, incierto, cambiante, ambiguo...) y las estrategias avanzan y evolucionan de manera rápida, así que las direcciones empresariales deben adaptar sus propuestas de valor de forma rápida y ágil a las nuevas tendencias de mercado y requerimientos de entorno (mercado, regulaciones...).

Por ejemplo, una de las estrategias principales para luchar contra la obsolescencia programada es la reorientación de los modelos de negocio hacia la servitización o servicialización de los productos que ofrecen las empresas. Esta estrategia se basa en cambiar el foco de las empresas que diseñan, fabrican y comercializan productos, para poner el foco en ofrecer soluciones y servicios al usuario.

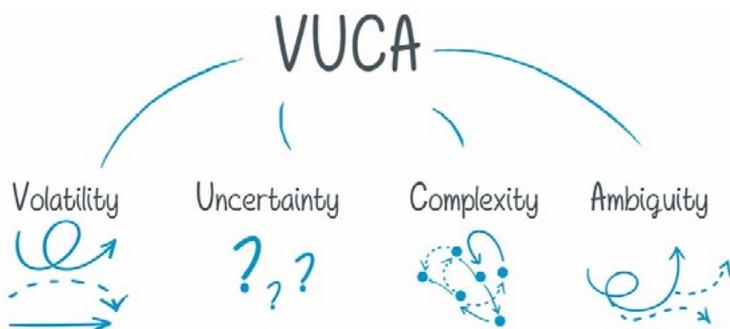


Fig 8. El entorno VUCA requiere de reacción rápida, ágil y flexible a todos los niveles de las empresas. (Incipy, 2021)

Qué significa servicializar?

Pasamos de ofrecer productos... a ofrecer soluciones al cliente/usuario

Incorporación del “*service thinking*”

En lugar de visualizar el producto como un ente aislado la actividad PaS (*Product as Service*) pone el foco en crear una correcta combinación de productos y Servicios para ayudar al cliente a conseguir sus objetivos.



Fig 9. La servitización requiere un cambio organizacional y cultural de la empresa, entre otros. Fuente: elaboración propia.

Así, una empresa dedicada a la manufactura y venta de motocicletas puede reorientar la propuesta de valor hacia la necesidad real del usuario: la movilidad, reenfocando la estrategia de modelo de negocio hacia propuestas de *pay-per-use* (pago por uso): eso implica, por un lado, un beneficio directo para el usuario, que paga por el uso para poder realizar los desplazamientos y se despreocupa del resto de acciones relacionadas con el entorno del producto (seguros, mantenimientos, etc; además si este usuario es una empresa, la propuesta le permite reducir activo y

le da flexibilidad ante altibajos en la demanda). Por parte de la empresa este modelo de negocio permite incorporar ingresos menos puntuales, fidelizando al cliente y además sigue manteniendo la propiedad del producto y con ello de los recursos que en un futuro vas a ser escasos y críticos; eso conlleva directamente a un interés de la empresa por diseñar y fabricar productos sin obsolescencia programada, durables, que se puedan mantener y reparar o remanufacturar, y que se puedan reciclar a su fin de vida útil recuperando de nuevo las materias primas.

Niveles de servitización

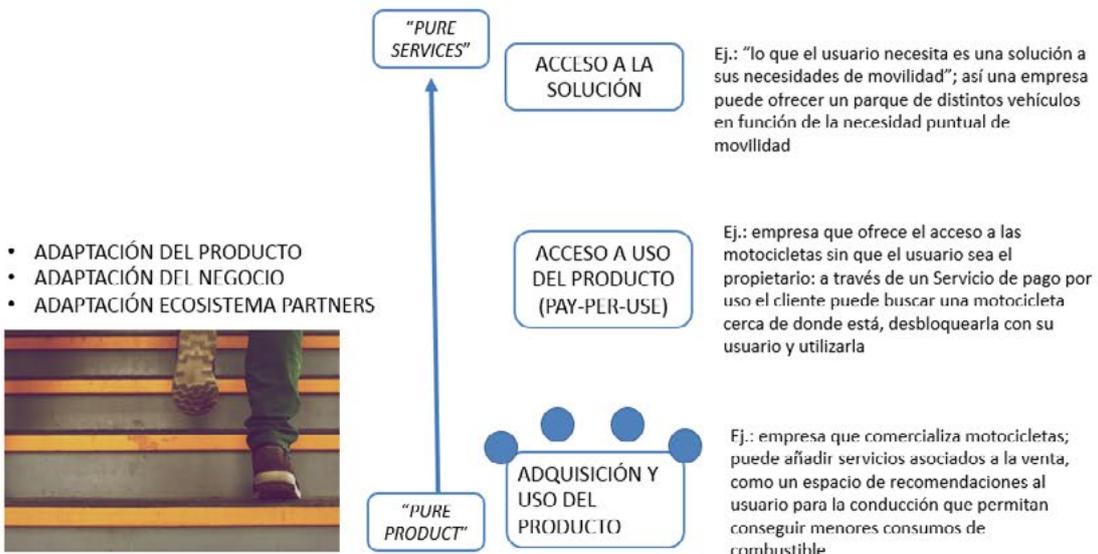


Fig 10. Niveles de servitización a los que se puede aproximar una empresa cuando redefine su modelo de negocio. Fuente: elaboración propia.

Pero un cambio de propuesta de valor como este requiere de una reorganización a muchos niveles de la empresa que deberán comprender, impulsar y liderar l@s CEO: la propuesta de valor se redefine y eso implica una redefinición de:

- El diseño del producto debe ser revisado para su durabilidad, mantenibilidad, reparabilidad. Además, deberá sensorizarse incorporando tecnologías 4.0 que permitan monitorizar y gestionar el uso por parte de los clientes
- La propuesta comercial se debe reorientar, monetizando la nueva propuesta de valor
- El ecosistema de *partners* se debe revisar, ampliando los esquemas colaborativos con *partners* que impactan en las distintas fases del ciclo de vida del producto
- Toda la organización debe incorporar adaptaciones asociadas a este nuevo modelo de negocio.

Y todo ello a menudo se implementa a través de una transformación cultural, organizativa y digital que deberá ser impulsada desde la dirección.

Emerge además un nuevo marco de actividad denominado Industria 5.0, basado en una industria orientada a la sostenibilidad, resiliente y centrada en las personas. Y es que no sólo nos encontramos en un momento de transición hacia la circularidad: la industria 4.0 impacta y modifica las reglas del juego gracias al desarrollo e implantación de nuevas tecnologías digitales (IoT, Big Data, Cloud Computing...) con productos, procesos y servicios SMART, y a su vez vivimos un cambio hacia nuevos modelos sociales que también deberemos incorporar en nuestras estrategias empresariales (UE-acceso a informe: Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry, 2021).

Para ello es imprescindible que las escuelas de negocio incorporen en sus itinerarios formativos los nuevos modelos de negocio circulares, y las nuevas métricas de impacto social y ambiental.

2. Formaciones a mandos intermedios y perfiles técnicos calificados para nuevos desarrollos tecnológicos y de negocio: en la línea de lo expuesto anteriormente, se requiere la formación de las personas que en sus puestos de trabajo deberán incorporar esta nueva orientación, y comprender la hoja de ruta, las estrategias, y los pasos que se están dando en el contexto

(nuevos requerimientos del consumidor y del mercado, nuevas regulaciones, nuevos competidores y nuevos posibles *partners*, nuevos diseños y nuevas tecnologías). En este sentido se desarrollarán formaciones considerando distintas categorías:

- Una primera correspondiendo a **especialidades técnicas**, ya sean nuevas o simplemente con mayor demanda respecto a la que había ahora. Así, por ejemplo, aparecerán necesidades técnicas para nuevos desarrollos de tecnologías de reciclado, implementación de tecnologías para monitorizar y optimizar procesos productivos y de uso, necesidades vinculadas al desarrollo y uso de materiales renovables, etc.
- Una segunda categoría corresponderá a **competencias adicionales**, sobrevenidas a las capacidades técnicas específicas de los actuales trabajadores, que deberán conocer mejor los procesos y el ciclo de vida de los productos, la selección de materiales, la gestión de la logística inversa, entre otros. Esto sucederá, en parte, porque las propias empresas lo requerirán, y en parte porque también se verán desplazamientos sectoriales y empresas y profesionales que deberán “reinventarse”. Y es que, si en el pasado los conocimientos relacionados con los aspectos ambientales, la modelización de impactos, contabilidad o finanzas “verdes” resultaban del todo marginales, poco a poco irán ocupando posiciones estratégicas en las compañías y por tanto en las enseñanzas de las distintas disciplinas académicas.
- Una tercera categoría de nuevas competencias, de igual o mayor trascendencia que las anteriores será la relacionada con la **transmisión de los valores y la cultura de la sostenibilidad**; así, perfiles relacionados con la comunicación y el marketing ambiental tomarán importancia.

3. Nuevas formaciones profesionales para operarios y personal técnico de soporte a la transición hacia la circularidad. A modo de ejemplo, una de las transiciones urgentes y requeridas es la conocida transición energética, que implica incorporar nuevas tecnologías y

Una de las estrategias principales para luchar contra la obsolescencia programada es la reorientación de los modelos de negocio hacia la servitización de los productos que ofrecen las empresas. Esta estrategia se basa en cambiar el foco de las empresas que diseñan, fabrican y comercializan productos, para poner el foco en ofrecer soluciones y servicios al usuario

diseños para la reducción de la demanda y el consumo energético, por un lado, y la incorporación de energías renovables por otro. Es este sentido van a ser necesarios técnicos profesionales formados en instalaciones fotovoltaicas, en la rehabilitación de edificios para dotarlos de un mayor aislamiento térmico, el cambio de calderas, así como operari@s formad@s en los procesos de la gestión de los residuos (paneles solares, baterías eléctricas provenientes de los nuevos modelos de movilidad...). En este espacio se recuperarán a su vez oficios en desuso, relacionados con las estrategias de reparación, mantenimiento o reforma, naturalmente todos ellos bajo nuevos parámetros más tecnificados.

De hecho, la formación profesional está llamada a jugar un gran papel en la transformación de la mayor parte del mercado laboral (Economy, 2021).

4. Formaciones para las administraciones.

Las administraciones tienen ante sí grandes retos que ejecutar, relacionados con:

- Generación de los marcos regulatorios y normativas: uno de los impulsos de la transición vendrá dirigida por marcos regulativos, que impidan continuar explotando recursos y generando residuos al ritmo actual.
- Acciones de soporte y financiación a empresas y ciudadanos para realizar la transición: las mismas administraciones tienen un papel fundamental en la sensibilización y la comunicación de los cambios a realizar, y estos cambios deben ser explicados a ciudadanía y tejido empresarial, y para ello la administración necesita tener una visión global y una comprensión de estas estrategias. Asimismo, deben vehicular y gestionar el soporte económico para la redefinición de los modelos de negocio, de consumo y, de producción.

- Acciones que promuevan el cambio hacia productos de menor impacto ambiental. Una de las palancas de cambio a implementar a través de las administraciones es el impulso de la compra pública verde; ello permitirá generar mercado y demanda de productos innovadores de menor impacto ambiental, por ejemplo, mediante la incorporación de materiales reciclados, que generen menos impactos de consumo en fases de uso, etc.

5. Formaciones e informaciones para la ciudadanía:

la Economía Circular impacta y se despliega a todos los niveles, y para ello es necesario también informar, y formar a la ciudadanía para impulsar el cambio hacia nuevos modelos de consumo, y con la capacidad de incorporar criterios ambientales y sociales en las compras (los conceptos como el *fast fashion* deberán ser revisados en profundidad en los años venideros).

Para todo ello los centros de formación juegan un papel fundamental y deben transformar los programas a todos los niveles del sistema educativo.

Tecnocampus ha querido hacer esta apuesta por la sostenibilidad y la transición hacia un nuevo contexto de circularidad, con la creación de la Cátedra de Economía Circular, como instrumento para sacudir las bases del modelo de diseño, producción y consumo caduco. El compromiso de la Cátedra es acompañar y empoderar a los agentes del cambio, de las administraciones, las empresas y la sociedad en general, a través de su actividad docente, investigadora y de transferencia tecnológica.

Asimismo, la Cátedra se orienta a dar herramientas a los docentes para la creación de programas nuevos, de formación específica en medio ambiente y economía circular pero también en la incorporación de las competencias a los ya existentes, para que las nuevas generaciones salgan preparadas para los nuevos tiempos. ✨

Bibliografía y referencias

Càtedra Economia Circular- Tecnocampus Mataró-Maresme (2021). Recollit de <https://catedraeconomicircular.tecnocampus.cat/>

Economy, C. (2021). Closing the skills gap: *Vocational Education@Training for the Circular Economy*.

Ellen Mc Arthur Foundation (2021). Recollit de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

Incipy (2021). Recollit de <https://www.incipy.com/blog/business-agility-adaptarse-a-un-entorno-vuca/>

Kandari, R. K. (2021). COVID-19 pandemic lockdown: effects on the air quality of South Asia. *Environmental Sustainability*. doi: <https://doi.org/10.1007/s42398-020-00154-6>

MacArthur, F. E. (2021). *Objetivos universales para políticas de economía circular. Permitiendo una transición a gran escala*.

Mayer, A., Haas, W., Wiedenhofer, D., Krausmann, F., Nuss, P., & Blengini, G. A. (2014). «Monitoring the circular economy in the EU28 - A mass-balanced assessment of economy wide material flows, waste and emissions from official statistics». *Journal of Industrial Ecology*.

MITECO-Estrategia Española EC (2021). Recollit de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>

UE-acceso a informe: *Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry* (2021). Recollit de https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-5_0_en

UE-European Green Deal (2021). Recollit de https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

UE-Next Generation Europe (2021). Recollit de https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es

Moda y reciclaje

María Rodríguez Sánchez

Socióloga. Experta en Consumo Responsable y RSE.



Foto cedida por Neomatique

Al mismo tiempo que se empieza a cuestionar la fabricación de las prendas y el precio de las mismas, se produce un proceso que lleva a los consumidores españoles a preguntarse muchas cosas en relación a los productos que tienen en su armario, entre ellas, si es necesario tener tanta ropa, si es necesario que se fabrique tanta, por qué las tallas no coinciden en todas las marcas; por qué la ropa comprada a precios ínfimos solo dura unos meses (varios lavados y luego es inservible, una modalidad de obsolescencia), qué hacer con la ropa una vez que la desechamos, dónde llevarla o dónde reciclarla. También se empiezan a preguntar los consumidores acerca del impacto de la moda sobre la biodiversidad, qué tienen que ver nuestros hábitos de consumo con el cambio climático... Es el inicio de un proceso que parece imparable y que a través de las instituciones internacionales, los gobiernos (Unión Europea, España) las empresas, las organizaciones empresariales, los sindicatos y la sociedad civil, se está instalando en nuestra sociedad.

Naciones Unidas

El 14 de marzo de 2019 la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, celebrada en Nairobi, aprobó la Alianza de las Naciones Unidas para la Moda Sostenible. En el marco de esta iniciativa todas las Agencias de la ONU se coordinarán para promover proyectos y políticas que aseguren que la cadena de valor de la moda contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (<https://unfashionalliance.org>).

Es importante precisar que, cuando Naciones Unidas habla de Moda, se refiere a ropa, cuero y calzado, hechos de textiles y productos relacionados. Igualmente en esta iniciativa se enmarcan aspectos que tienen que ver con toda la cadena de suministro de los productos (desde la producción de materias primas hasta los establecimientos de venta) y que cuando se habla de sostenibilidad, se está hablando de conceptos mucho más amplios y en línea con lo establecido en el año 2010 por la ISO 26000 (Respon-

El 14 de marzo de 2019 la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, celebrada en Nairobi, aprobó la Alianza de las Naciones Unidas para la Moda Sostenible



Foto cedida por AMSE.

sabilidad Social Empresarial): la sostenibilidad incluye aspectos sociales (condiciones de trabajo y remuneración de los trabajadores), y ambientales (reducción del flujo de residuos de la industria y la disminución de la contaminación del agua y las contribuciones a las emisiones de gases de efecto invernadero).

Algunos datos según Naciones Unidas:

1. La industria de la confección y el calzado es una de las más contaminantes a nivel mundial, responsable de 1,7 millones de toneladas de emisiones de CO₂ al año y 90 millones de toneladas de residuos al año, el sector textil es responsable de la contaminación del 20% de las aguas residuales industriales debido a los productos químicos y acabados. Se recicla, después de su uso, exclusivamen-

te el 13% de la ropa y de este, solo el 1% se recicla en un circuito cerrado para crear nuevas prendas.

2. Esta industria contribuye en 2,4 billones de dólares a la fabricación global y emplea a 86 millones de personas en todo el mundo, principalmente mujeres, sector de población laboral vulnerable en la mayoría de las ocasiones.
3. En el marco de la Sesión 27 de la UN-CEFACT, celebrada los días 19 y 20 de abril de 2021, se ha propuesto “Promover la economía circular y el uso sostenible de los recursos naturales en la región de UNECE. Para ello, se ha promovido un “Llamamiento a la Acción” que invita a todos los actores de la industria de la confección y el calzado a tomar medidas para la trazabilidad y la transparencia con el fin de acelerar la sostenibilidad y la circularidad de las cadenas de valor en esta industria, en línea con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Habrá que esperar a 2022 para que los actores de la industria informen a través de los países y organizaciones, sobre la aplicación de sus compromisos a la Secretaría de la UNECE/CEFACT; posteriormente informarán cada dos años.

Unión Europea

La Comisión Europea publicará este año la “Estrategia para los productos textiles sostenibles” que determinará cómo promover la circularidad y la sostenibilidad del sector. Desde diferentes instancias se aboga porque la UE introduzca en la misma estándares ambientales, aplicando por ejemplo los principios del diseño ecológico a los productos textiles siguiendo el modelo de los aparatos eléctricos y electrónicos, regulados a través de la actual Directiva de ecodiseño, ampliando su ámbito de aplicación como parte de la Iniciativa de Política de Productos Sostenibles (<https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2021/04/ECOS-REPORT-HOW-ECODESIGN-CAN-MAKE-OUR-TEXTILES-CIRCULAR.pdf>). “La legislación puede y debe estimular el diseño sostenible para la durabilidad, la reutilización, la reparabilidad y la reciclabilidad también en los textiles”.

Esta Estrategia complementará de forma sectorial alguna de las actuaciones de información a los ciudadanos, contempladas en la Agenda del Consumidor Europeo 2020-2030, -COM (2020) 696 final de 13 de noviembre 2020- Reforzar la resiliencia del consumidor para una recuperación sostenible.

Acuerdos del sector empresarial español

Este año 2021, por primera vez en la historia, todos los eslabones empresariales de la cadena de valor de la moda



Foto cedida por TEXFOR.

en España, se han unido con un fin común: optar a los Fondos Europeos para la Reconstrucción de la Economía tras la Covid 19.

Según Pilar Riaño en Modaes.es el 16 de abril 2021: “La sostenibilidad jugará un papel fundamental en el Plan de Transformación del sector, no solo por las nuevas demandas del consumidor y las estrategias de las empresas, sino también por las normativas españolas y europeas que entrarán en vigor en breve; la más inminente es la prohibición de excedentes no vendidos contemplado en el Proyecto de Ley de Residuos que se aprobará este año”.

“El Objetivo de ese Plan de Transformación, aunque abordará algunos aspectos relacionados con la digitalización, fundamentalmente apostará por un cambio de modelo en el sector, centrándose en la sostenibilidad y abarcando toda la cadena de valor, comenzando en el diseño (con proyectos como la puesta en marcha de un centro de formación en ecodiseño) y terminando en la recogida, tratamiento y reintroducción en el circuito de las fibras textiles”.

La circularidad de la moda

Si queremos hablar de la Circularidad de la Moda, hay que empezar analizando todo el proceso desde la producción de los materiales hasta el consumidor. Es fundamental que, en aras de la implantación de una verdadera economía circular, las empresas empiecen a utilizar fibras/materiales fácilmente reciclables (no mezclar materiales del ciclo biológico con los del ciclo técnico –naturales con

sintéticos–, ya que esto dificulta el reciclaje con la tecnología actual).

En el Informe del Parlamento Europeo aprobado en febrero de 2021: *Recomendaciones detalladas para avanzar hacia una economía neutra en carbono, sostenible, libre de tóxicos y completamente circular en 2050, respuesta al Plan de Acción para la Economía Circular: Por una Europa más limpia y más competitiva –COM (2020) 98 final–* de la Comisión Europea, se comenta que “ hasta el 80% del impacto medioambiental de un producto viene determinado por su diseño. El consumo global de materiales se doblará en los próximos 40 años, en tanto que el volumen de residuos generados cada año crecerá un 70% de aquí a 2050. La mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero y más del 90% de la pérdida de biodiversidad y la escasez de agua son consecuencia de la extracción y procesamiento de recursos”. Esta referencia a la industria en el marco europeo es importante para situarla con carácter global, después hay que bajar a lo concreto, al sector de la moda, y es importante la propuesta de la necesidad de que se incluya al sector textil en el marco de la revisión de la Directiva 2009/125/CE de 21 de octubre, por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicable a los productos relacionados con la energía.

Fases del producto

- **Ecodiseño:** Según la ISO 14006, ecodiseño: “es la integración de aspectos ambientales en el diseño y desa-

rollo del producto con el objetivo de reducir impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida del producto”, para el Foro Social de la Industria de la Moda (2020) esta definición se traduce en “pensar en el producto a lo largo de toda su vida, desde su diseño, pasando por considerar todo el proceso de producción y al final de su vida activa, su tratamiento como residuo. Pensar en “qué” y “cómo” se diseña, teniendo en cuenta el impacto ambiental, social y económico”.

- **Preparación para la reutilización:** Continuando con el documento aprobado en el marco del Foro Social de la Industria de la Moda y teniendo en cuenta la definición con la que el Ministerio para la Transición Ecológica la define “La preparación para la reutilización se distingue en la normativa de la prevención y se ubica como segunda etapa en la jerarquía de gestión, aunque está íntimamente ligada a las estrategias de reducción de residuos. Incluye las operaciones de valorización consistentes en la comprobación, limpieza o reparación, mediante las cuales productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa”. La preparación para la reutilización, es a) un eslabón importante de la denominada Economía Circular y b) aparece como el segundo escalón después de la prevención en la jerarquía de residuos que marca la Directi-

va, estableciendo este proceso como fase obligada antes de proceder al reciclaje.

El proceso de recuperación para la recogida textil consta de 3 fases diferenciadas: a) Recogida, b) Clasificación y Tratamiento y c) Comercialización. Según el Plan estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2020 (PEMAR) en España se generan anualmente un millón de toneladas de residuos textiles domésticos y solo un 10% era gestionado para reutilización y reciclaje.

Se va acercando la fecha del 1 de enero de 2025, en la que será obligatoria la recogida selectiva de textiles, (Directiva 2018/851) y es necesario ir avanzando en compromisos para hacer posible los objetivos que se derivan de la misma. También es importante tener en cuenta que, según el Informe de RREUSE (abril 2021) “En cuanto a las actividades centradas en la reutilización de productos específicos como los textiles y los aparatos eléctricos, que serán objeto de los próximos planes de acción de la UE, se crean hasta 35 y 140 puestos de trabajo por cada 1000 toneladas recogidas, respectivamente”. La recuperación económica que debe conllevar una recuperación importante de puestos de trabajos, creación de otros y definir un nuevo modelo productivo para el país, se cimentará también, sobre los puestos de trabajo que se puedan crear en este sector, tanto en el ámbito de la economía social como en la mercantil.



Foto cedida por AMSE.



Foto cedida por AMSE.



Foto cedida por Neomatique.

Es fundamental que, en aras de la implantación de una verdadera economía circular, las empresas empiecen a utilizar materiales fácilmente reciclables: no mezclar materiales del ciclo biológico con los del ciclo técnico –naturales con sintéticos–, ya que esto dificulta el reciclaje con la tecnología actual

- **Reciclaje:** Según la Real Academia de la Lengua, reciclar es someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.

El incremento producido en el mercado, como consecuencia de la *fast-fashion*, ha supuesto que, en lugar de las 4 colecciones de moda existentes hasta hace unas décadas, hayamos pasado a 52 colecciones anuales, las marcas han incorporado el concepto de obsolescencia en su producción y comercialización, son prendas más baratas, que tienen una vida útil escasa y que por lo tanto generan más residuos, además la composición de las mismas, mezcla de materiales naturales y sintéticos, dificulta el reciclaje en este momento.

El volumen de producción de ropa se ha multiplicado en la última década hasta “superar los cien mil millones de

prendas, un *stock* que solo se vende al completo en contadas ocasiones de ahí que las empresas, decidan su incineración” (Cristina Suárez – Revista Ethic 15-4-2021).

La ley aprobada en Francia en febrero de 2020, por la que se prohíbe a las empresas destruir bienes utilizables no vendidos, redirigiéndolas hacia la donación de excedentes a sociedades benéficas, es una de las iniciativas más interesantes planteadas en el marco de la UE. España, en línea con la Unión Europea, aprobó en junio de 2020 y en el marco del anteproyecto de Ley de Residuos, (se prohíbe la destrucción de excedentes no vendidos de productos no perecederos tales como textiles, juguetes o aparatos eléctricos, salvo que dichos productos deban destruirse conforme a otra normativa) recoge el mismo veto, durante el primer semestre de

La economía circular no es simplemente reciclar y solucionar el problema de los residuos; en el marco de su implementación lo más importante es cuestionar el modelo imperante en este momento y en el sector de la moda es una cuestión prioritaria. Si se quieren alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, hay que reducir de forma sustancial los productos de moda existentes en el mercado

2021 esta Ley se aprobará y tendrá vigencia en nuestro país y también la recogida de residuos post-consumo en 2022. Significa que el productor es el responsable del impacto medioambiental de sus productos, incluso cuando ya han salido de su circuito comercial, en línea con lo establecido en el Plan de Economía Circular de la Unión Europea.

La circularidad es uno de los objetivos de los grandes grupos económicos del sector de la Moda de España: Inditex, Mango, El Corte Inglés, Tendam, (empresas que forman parte del Foro Social de la Industria de la Moda de España) ya avanzan algunas respuestas en sus planes de sostenibilidad.

- **Consumidor responsable y sostenible:** Es evidente que los consumidores son agentes fundamentales para conseguir cambiar las pautas de consumo, y más en un proceso de cambio hacia una economía circular. La dificultad inicial por parte del consumidor es la falta de información y la dificultad de ejercer un consumo responsable, teniendo en cuenta todos los aspectos relacionados anteriormente. En el Documento del Foro Social de la Industria de la Moda: “La falta de información se traduce en no encontrar suficientes datos en las tiendas y en las prendas a la hora de realizar una compra con conocimiento de causa: en qué condiciones se han extraído las materias primas, si se han respetado los derechos humanos en la cadena de producción, si la prenda está libre de trabajo infantil y trabajo esclavo, si se ha respetado la salud y seguridad de los trabajadores, si se ha contaminado el medio ambiente, si ha habido maltrato animal, cuál es su huella hídrica, su huella de carbono, si libera micro plásticos durante el lavado, cuánto va a durar la prenda, si es fácilmente reciclable, si la empresa paga sus impuestos en los países donde genera beneficios, si es justa con sus proveedores, si tiene un sistema de tallaje acorde a las medidas antropométricas de la sociedad, etc.”

Igualmente eliminar la desconfianza del consumidor en las marcas es fundamental, en el documento del Foro So-

cial de la Industria de la Moda, se especifica “la tercera gran barrera con la que se encuentran los consumidores es la barrera de la confianza en forma de escepticismo, a menudo acentuada por el *greenwashing* y el *socialwashing*. No se trata de que las empresas mientan, sino de que exageren demasiado los aspectos positivos puntuales que no son coherentes con la realidad de su negocio... La conclusión es una sociedad escéptica y descreída a la que le cuesta distinguir si las declaraciones de las empresas son reales, y ante la duda se paraliza”.

Durante el año 2021, se ha publicado el estudio realizado por la Unión Europea y las autoridades de Consumo de los Estados miembros en relación al *greenwashing* (blanqueo ecológico) -anunciar como sostenibles actividades económicas que en realidad no lo son- y las conclusiones son interesantes; el 25% de las web de moda analizadas no cumplían los requisitos que avanzaban en su web y publicidad.

El Parlamento Europeo (febrero 2020) ha solicitado que se adopten medidas más estrictas para conseguir un consumo 100% circular, neutro en carbono, sostenible y saludable en 2050, para ello es fundamental que se adapten los derechos de los consumidores a este nuevo modelo de consumo circular, incluyendo aspectos básicos como información adecuada, completa y real sobre el impacto medioambiental de los productos, a través del etiquetado (que incluya posibilidad de reparación de producción, durabilidad...) También el desarrollo de garantías específicas hacia otras modalidades de consumo más sostenible, por ejemplo comercio de segunda mano.

Algunas consideraciones sobre estas formas de comercialización:

Comercio electrónico: Durante la pandemia el comercio electrónico (también de los productos de moda) se ha incrementado de forma muy importante, consolidando una tendencia que se venía manifestando en épocas anteriores. Elementos importantes para el consumidor en su vertiente de ciudadano responsable, vuelven de nuevo a escaparse de

su capacidad de acción. El comercio electrónico genera un enorme impacto ambiental, no solo en lo que podríamos considerar como “envíos super-urgentes” y su incidencia en el tráfico y la contaminación derivada de los vehículos de reparto, también hay que tener en cuenta el embalaje, que suele estar sobredimensionado para el producto que contiene, el efecto que sobre el medio ambiente tienen las devoluciones, todo ello sin dejar de tener en cuenta que este sector de reparto vive en una precarización laboral permanente que incide, de forma importante, en el tejido social y económico de la comunidad. Las nuevas formas de consumir, (como el comercio *online*) deben tener en cuenta estos aspectos para conseguir su minimización ambiental y sobre todo deben garantizar los derechos de los consumidores, incluso de los más vulnerables.

Ropa de segunda mano: Esta nueva tendencia de hábitos de compra del consumidor, se va instalando de forma importante en la sociedad española, sobre todo en la franja de los nacidos entre los años 80 del siglo pasado e inicio de los 2000, más allá de las aplicaciones móviles que están surgiendo y que posibilitan esa venta (Wallapop, Ebay...), existen iniciativas de venta de ropa de 2ª



Foto cedida por Neomatique.

mano, incluso en supermercados en las tiendas de Leeds (Reino Unido).

Caminamos hacia una sociedad diferente de la que hemos conocido en estas primeras décadas del siglo XXI, gobiernos, empresas, y consumidores debemos ser conscientes de las responsabilidades individuales que tenemos y de las que son colectivas.

Los consumidores deberán tener en cuenta a la hora de la compra de un producto y siempre que se disponga de la información suficiente para poder decidir de forma adecuada, lo que podríamos denominar las 9 R de la Sostenibilidad:

Las 9 erres

Reflexionar: El consumidor debe ser reflexivo y crítico, dando valor a la información a la educación ambiental, aspectos claves para su modelo de consumo.

Rediseñar: Se debe instar a las empresas a crear elementos de consumo que tengan un diseño sostenible, y que busquen el equilibrio entre la funcionalidad y el medio ambiente.

Rechazar productos de carácter tóxico, no biodegradables o no reciclables.

Reducir gastos, la explotación de los recursos naturales y reducir la contaminación y los residuos.

Reutilizar: alargar la vida útil de los productos.

Reparar: se pueden hacer cambios a un producto para alargar su vida útil.

Reciclar: separar residuos de forma adecuada para su reciclaje.

Redistribuir: tener en cuenta que la huella ecológica global se ha disparado, el consumo actual se basa en la utilización de recursos de otros territorios y de generaciones futuras.

Reclamar: El consumidor puede y debe tener una participación activa en las actividades de su vida cotidiana. Y tiene la obligación de reclamar si alguno de sus derechos (a la salud, a la seguridad, al medio ambiente sano, a la protección de sus intereses económicos, a la resolución de conflictos...) es conculcado.

La economía circular no es simplemente reciclar y solucionar el problema de los residuos; en el marco de su implementación lo más importante es cuestionar el modelo imperante en este momento y en el sector de la moda es una cuestión prioritaria: si se quieren alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, hay que reducir de forma sustancial los productos de moda existentes en el mercado.

Estamos inmersos en una crisis que supondrá una nueva época, estoy absolutamente convencida que a futuro, los consumidores conseguirán influir de forma importante en el mercado, para poder transformar, desde su consumo diario, esta sociedad imperfecta en la que nos ha tocado vivir.

Quizás con las nuevas iniciativas privadas y públicas a través de la legislación correspondiente, se vayan implementando acciones que signifiquen todavía más cambios en

los comportamientos empresariales, junto con la responsabilidad individual del consumidor para discriminar de forma positiva a las empresas que mejoren las condiciones de vida de las personas y el planeta.

Consumidores, críticos, conscientes, responsables, solidarios..., consumidores del siglo XXI, recordemos con Antonio Machado que “al andar se hace camino y al volver la vista atrás, se ve la senda que nunca se ha de volver a pisar”.



Foro Social de la Industria de la Moda en España



En el Edificio Rana Plaza en Bangladesh, un 24 de abril de 2013 murieron 1134 personas, la mayoría de ellas mujeres y 2437 quedaron heridas. La falta de seguridad en el trabajo, los salarios bajos, la gran cantidad de horas trabajadas por salarios míseros... No ha sido el único accidente con víctimas mortales, solo el que ha tenido mayor repercusión por las iniciativas que, al hilo del accidente, se han desarrollado, desde organismos nacionales e internacionales, desde empresas, sindicatos y también desde la sociedad civil. También supuso la consolidación de un cuestionamiento por parte de los consumidores sobre “su ropa y calzado”, iniciándose un proceso en el que el querer saber la trazabilidad de los productos se ha ido instalando cada vez con más fuerza en la sociedad, también en nuestro país.

Una de esas iniciativas es el Foro Social de la Industria de la Moda de España, que se presentó públicamente el 12 de abril de 2018 en la sede del Consejo Económico y Social y que está compuesto por organizaciones de la sociedad civil, sindicatos, empresas, organizaciones empresariales y universidades.

Este Foro, surgido desde la sociedad civil, llevaba funcionando en la elaboración de documentos previos desde el año 2016 y con presencia de empresas y organizaciones empresariales desde el 2017. Fue un largo proceso que culminó en abril 2018 con la presentación pública de la Iniciativa, durante el periodo entre el 2016 y el 2018 surgieron otras iniciativas de carácter parecido al Foro español en otros países, Alemania (Textil Bündnis) y Holanda (Dutch Covenant), pero ambos se constituyeron de forma diferente al español, fueron a iniciativa del Ministerio de Trabajo Alemán y del Consejo Económico y Social Holandés.

El Foro Social de la Industria de la Moda de España se constituye como un ámbito:

- De encuentro y reflexión, abierto a otros agentes públicos o privados del sector, y a su relación con iniciativas internacionales similares.
- De intercambio de experiencias y mejores prácticas, como motor de innovación.
- De debate entre las organizaciones presentes en este ámbito industrial y comercial.
- Y para el seguimiento de los acuerdos que se adopten de forma consensuada.

Los Roques son el conjunto de domos volcánicos más impresionantes de Canarias.

Parque Nacional de Garajonay

CUARENTA AÑOS CONSERVANDO Y RESTAURANDO LOS ANCESTRALES BOSQUES DE LAURISILVA CANARIA

Por Ángel B. Fernández López, director conservador.

En marzo de 1981, hace cuarenta años, salía publicada en el Boletín Oficial del Estado la ley de creación del Parque Nacional de Garajonay.

Garajonay es sobre todo laurisilva. Representa la muestra que mejor se conserva de los bosques húmedos de Canarias. Este exuberante ecosistema forestal siempre verde, caracterizado por árboles de hojas lauroides y una espléndida profusión de musgos y helechos, entre otros, que llegan a cubrir el suelo y los propios árboles, es el tapiz de vida más complejo y diverso de Canarias. También es agua, desde sus nieblas que envuelven de magia el bosque, hasta los riachuelos que se despeñan para regar y dar de beber al resto de la isla. También es geología, con sus impresionantes domos volcánicos, los Roques, diques volcánicos, conocidos localmente como taparuchas y profundos acantilados que exponen impresionantes apilamientos de coladas basálticas, todas ellas manifestaciones de las raíces volcánicas de un territorio desmantelado por la erosión. Y también es un espacio cultural donde se conservan algunos de los mayores santuarios de los antiguos gomeros, sin olvidar las huellas de los usos ganaderos y forestales vigentes hasta hace pocas décadas y presentes en la memoria de mucha gente que los vivieron.

La excepcional laurisilva canaria

La laurisilva canaria es, en parte, un excepcional refugio, donde habitan hoy en día especies muy próximas a algunas de las que formaron parte de los extintos bosques subtropicales que poblaron el sur de Europa y norte de África hace millones de años. Un mundo, por tanto, superviviente de especies antiguas, que llamamos paleoendemismos, que se han librado de la extinción al abrigo de un clima oceánico más estable y benigno que en los continentes vecinos. Un bosque relíctico, auténtico eslabón perdido de la historia de la vegetación en la Tierra, que afortunadamente perdura en Canarias.

Otro aspecto fascinante de este bosque es la extraordinaria abundancia de especies endémicas formadas más recientemente como consecuencia del aislamiento. Son los neoendemismos formados en una explosión de evolución impulsada por el aislamiento insular, que convierten a la laurisilva canaria en un libro abierto de la evolución en islas. La laurisilva es la capital de los endemismos en la Unión Europea. No hay en ningún otro lugar de la Unión Europea una concentración tan alta de especies únicas que solo viven en una zona pequeña de la Tierra. El prota-



Garajonay es un bosque nublado.

gonismo de plantas y animales endémicos en la laurisilva es extraordinario.

Por otro lado, la laurisilva de Canarias, junto con la de los archipiélagos de Azores y Madeira, constituye una manifestación natural singularísima por su situación geográfica. Nada parecido se encuentra en esta parte del planeta. Su parentela más cercana se localiza en ecosistemas forestales situados en lugares muy alejados del planeta, en zonas de latitud templado cálida con lluvia repartida a lo largo del año, algo que tiene lugar en las fachadas orientales de los continentes como son, entre otros, el sur de Corea, Japón y China, este de Australia, Tasmania...

Los bosques de laurisilva de Garajonay destacan por ser la representación mejor conservada de este magnífico ecosistema y esta fue la razón para su inclusión en la Red de Parques Nacionales de España. Efectivamente, los bosques de laurisilva sufrieron en el pasado un enorme retroceso y degradación como consecuencia de la presión humana. Hoy apenas queda una tercera parte de la superficie original, que ya de por sí era un territorio muy reducido que no alcanzaba las 90 000 has, debido a las condiciones de aridez dominantes en Canarias. Además, la mayor parte de lo que queda son bosques degradados o de reciente recolonización sobre terrenos abandonados en las últimas décadas. Se estima que las zonas que pueden ser conside-

radas en buen estado de conservación apenas alcanzan las 5000 has, refugiadas en las zonas más escarpadas de su territorio original. En Garajonay, como en ningún otro lugar de Canarias es posible adivinar como fueron las selvas de Canarias antes de la llegada del ser humano a las islas. Aquí se conservan la mayor parte de los árboles más altos y más grandes de la laurisilva canaria, concretamente el 85% de los árboles con más de 60 centímetros de diámetro a la altura del pecho. No es que en La Gomera el clima o el suelo sean más favorables. Simplemente se trata de que aquí sobreviven árboles más viejos que no han caído cortados bajo los efectos de la matarasa en la misma medida que en las restantes islas. La clave ha sido un trato histórico más respetuoso. Asociado a este legado de grandes árboles antiguos, senescentes e incluso madera muerta, se mantiene una compleja diversidad de formas de vida que no encuentran condiciones y sustratos adecuados para habitar los bosques más transformados, mucho más pobres y menos exuberantes, y que son mayoría en las Islas.

Bajo la aparente monotonía que parece dibujar el manto forestal que cubre sus paisajes, el bosque de Garajonay asombra con su variedad derivada de la multitud de condiciones ambientales que se producen, concentradas en un territorio relativamente pequeño. Es una selva de selvas, donde se encuentran todos los tipos de laurisil-

va, desde la laurisilva de barbusano en las altitudes más bajas, los monumentales bosques dominados por tiles o viñatigos en los fondos de barranco, los fantasmagóricos brezales de crestería, los musgosos y exuberantes bosques de laurisilva situados en ámbitos de mayor incidencia de nieblas o los artísticos fayales, brezales de caprichosas formas propios de la vertiente sur.



Bosque de tiles.

Gestión de la vegetación

Respecto a la gestión de la vegetación, el Parque ha venido desarrollando dos fórmulas muy diferenciadas, pero complementarias, de actuación. Por un lado, en las áreas ocupadas con hábitats naturales se consolida el cese de la explotación para permitir el desarrollo de la naturaleza de acuerdo con su dinámica natural, en la línea propugnada por la UICN para la categoría II de Parques Nacionales. Se partía de un sistema forestal sometido a usos y aprovechamientos forestales y ganaderos desde la llegada del ser humano a las Islas con consecuencias negativas para la biodiversidad nativa. Son muchas las especies de flora que sufrieron fuertes retrocesos históricos asociados a los usos, quedando con poblaciones muy reducidas, generalmente en sitios escarpados de difícil acceso. Pero, a diferencia de lo ocurrido en la mayor parte de los montes de laurisilva de las Islas, los montes públicos de La Gomera mantenían todavía amplios remanentes de bosques antiguos con árboles viejos de gran tamaño. Se partía, por tanto de una situación privilegiada para iniciar un proceso de recuperación espontánea y naturalización del ecosistema mediante el cese de la explotación. En realidad, la reducción de los usos tradicionales había comenzado mucho antes de la creación del Parque, a finales de la década de los cuarenta y principios de los cincuenta del siglo pasado, con la prohibición del pastoreo y desde finales de los sesenta, con la paulatina desaparición de la demanda de leñas y maderas a causa de la generalización de los combus-

tibles fósiles y la madera de importación. Esta situación hizo posible que las restricciones de los aprovechamientos fueran asumibles socialmente. De esta manera, en los hábitats naturales, los aprovechamientos se limitaron a la extracción de residuos de árboles o ramas muertas procedentes de intervenciones selectivas para la reducción del riesgo de incendios en lugares estratégicos. El cese de la explotación desencadenó una notable dinámica de cambio en la composición y estructura del bosque. Una de las consecuencias más notables de ello es una notable recuperación y naturalización del bosque.

Una situación muy diferente tenía lugar en áreas ocupadas en el momento de la creación del Parque por plantaciones forestales, principalmente pino insigne, pino canario implantado fuera de su hábitat de distribución natural y, en menor medida, pino carrasco y eucalipto. La mayor parte de dichas plantaciones habían sido realizadas en los años sesenta por el Patrimonio Forestal del Estado. Los consorcios realizados en aquellos momentos con los ayuntamientos tenían el objetivo de sustituir amplias zonas cubiertas por esplendidos bosques de laurisilva, junto con otras áreas más alteradas, por plantaciones de coníferas. Un incendio producido en febrero de 1967, escapado de las quemaduras de residuos de corta del monte nativo, sirvió como detonante para el surgimiento de una oposición frontal a la continuación de estas actuaciones por parte de los ayuntamientos. De esta forma el monte gomero se libró de una gran debacle ecológica. No obstante, las plantaciones fueron realizadas en las zonas intervenidas antes del incendio. Con el Parque Nacional, por parte del ICONA, heredero del organismo promotor de estas plantaciones, se da un giro de 180° en la filosofía de la gestión, iniciándose un importantísimo programa de eliminación de las plantaciones y recuperación de los bosques de laurisilva. Este programa, en una labor cuidadosa y tenaz que mantuvo su continuidad hasta el año 2012, logró que la mayor parte de las cumbres y vertientes sur del parque recuperasen su cobertura de vegetación nativa. El gran incendio de 2012 quemó casi al completo las zonas restauradas. A pesar de la desastrosa regresión ecológica que este incendio produjo, los efectos positivos del programa perduran parcialmente con la evolución postincendio de la vegetación promovida en dichos programas de restauración.

El parque inició, a partir de 1983, un pionero programa de recuperación de especies de flora amenazada en un momento que ni siquiera existían Catálogos de especies protegidas. Hoy sabemos que Garajonay y su entorno albergan la segunda o tercera Área Importante para la conservación de especies de flora amenazada de España, lo que da idea del importante reto de gestión que supone la recuperación de especies de flora amenazada en el parque. Este programa, que ha ido ampliando el número de especies gestionadas hasta superar la treintena, así como

la escala de trabajo, convierte posiblemente a Garajonay en el Espacio Protegido de España con mayor número de especies amenazadas gestionadas. Los avances logrados han sido enormes, lográndose que muchas especies, antes muy raras, refugiadas en muchos casos en lugares de difícil acceso, a causa del impacto de los herbívoros introducidos principalmente, hayan aumentado notablemente sus poblaciones y comiencen a expandirse y a ser visibles para el disfrute de todos, convirtiéndose en algunos casos en una nueva atracción para los visitantes. Pero lo más importante de todo esto son los avances alcanzados en parar y empezar a revertir el vaciamiento de diversidad del ecosistema, y el proceso masivo de extinción que ello llevaba aparejado, iniciado con la llegada del ser humano a las Islas.

Principales amenazas

Todos los esfuerzos de restauración y conservación que hemos descrito, serían inútiles si no se abordan las dos principales amenazas que tiene el parque: los incendios y las especies invasoras. Su gestión y control son la base de la conservación, no ya en el Parque Nacional, sino en Canarias. Sin ello, todo lo que se haga serán medidas cosméticas, significando el abandono de una conservación auténtica.

El incendio es el más peligroso enemigo de la conservación del parque. El extremado clima estival, los grandes barrancos, la inflamable vegetación de la periferia del parque potenciada por el abandono rural y la desaparición casi total de las áreas agrícolas, suponen condiciones sumamente favorables para la generación de grandes incendios muy destructivos. Pero el único causante de los incendios en La Gomera es exclusivamente el ser humano.

Los grandes incendios como el del año 2012 que quemó muy intensamente un 20 % de la superficie del parque y en menor medida el de 1984, han tenido efectos devastadores sobre los ecosistemas de laurisilva afectados. Sin entrar en detalles, porque el asunto es bastante complejo, destacamos algunas de sus repercusiones más negativas. Las coberturas forestales y sus complejas estructuras y servicios ambientales asociados, como la captación de agua de nieblas, fueron destruidas y tardarán muchas décadas en recuperarse plenamente. También la composición arbórea de los bosques ha sufrido una importantísima regresión, saliendo perjudicadas la mayor parte de las especies arbóreas, especialmente las más exigentes, en favor del brezo arbóreo (*Erica arborea*), de forma bastante localizada la faya (*Morella faya*), y sobre todo el matorral de sustitución, que sacan ventaja de su carácter pionero. Tan es así que en algunas zonas la cobertura forestal ha llegado a desaparecer sustituida por matorral. También un importante número de especies de flora rara o amenazada han sufrido una considerable regresión en sus poblaciones, lo que viene a evidenciar el papel histórico del fuego en el empobrecimiento generalizado que presentan los ecosistemas naturales de las Islas. Este empobrecimiento también ha sido observado en algunos grupos faunísticos como es el caso del diverso grupo de los moluscos, sin olvidarnos de repercusiones muy evidentes como la casi total desaparición de las palomas de monte (*Columba bollii*) en los sectores afectados. También el suelo, de cuya calidad y conservación depende el crecimiento de bosques vigorosos y bien desarrollados, ha sufrido enormes pérdidas y una degradación de su actividad biológica que no han recuperado todavía. El gran incendio evidenció también otras cosas como que en la actualidad tiene el potencial de progresar por casi todo el territorio insular y poner en riesgo las poblaciones humanas o que la difícilísima orografía insular multiplica los riesgos y el potencial destructor de los incendios. Esto último ha quedado demostrado con toda su crueldad con los 20 muertos del incendio de los Roques en 1984. La lucha contra los incendios forestales supone uno de los componentes de la gestión más importantes del parque. Aparte de los dispositivos de extinción de incendios durante el periodo estival para atender las emergencias que puedan surgir, se desarrolla un importante esfuerzo en el mantenimiento de áreas cortafuegos situadas estratégicamente en las áreas de mayor riesgo, principalmente en su vertiente sur. En ellas se trata de alcanzar un difícil equilibrio, reduciendo la combustibilidad, a la vez que respetando en la medida de lo posible el paisaje y la diversidad mediante el tratamiento selectivo de la vegetación más inflamable. Asimismo el desarrollo de programas de prevención social para reducir las causas que originan los incendios es y debe continuar siendo una línea cada vez más importante.



El interior de Garajonay conserva impresionantes árboles centenarios.
Foto: A.B. Fernández. Fototeca CENEAM.

Plantaciones del pino insigne cubriendo las cumbres del Parque a mediados de los años 80.



Estado de la vegetación de laurisilva cubriendo estas mismas cumbres en el año 2011, tras los trabajos de restauración.



Especies invasoras

Las especies invasoras son la otra gran amenaza para la conservación de la biodiversidad de Canarias y también del parque. Entre ellos destacan los herbívoros introducidos naturalizados, principalmente ovejas y cabras asilvestradas, a las que se ha añadido recientemente el muflón, introducido ilegalmente hace pocos años. Entre los herbívoros introducidos está también el conejo. Sus efectos no son tan llamativos como las superficies calcinadas por el fuego pero son igualmente destructivos. Se trata de una forma de muerte silenciosa que daña la vegetación. De hecho, la mayor parte de la impresionante lista de especies de plantas catalogadas en peligro de extinción en nuestro archipiélago y también en el parque tiene en estos herbívoros su principal amenaza. El impacto de los herbívoros en los ecosistemas de Canarias viene asociado a la llegada del ser humano y sus rebaños a las Islas. En las últimas décadas, sobre todo a partir de mediados de los años noventa, se reactivó su impacto, aunque, a diferencia del pasado, en forma de animales asilvestrados. A partir de entonces se inician actuaciones de control en el parque. La pasividad hasta hace muy poco frente a este problema en el resto de la Isla ha generado la situación actual con miles de cabezas pululando sueltas, produciendo un catastrófico deterioro de la flora y la vegetación en amplios sectores del territorio. Ello ha venido suponiendo también una especie de asedio con la llegada continua de animales al parque desde el exterior, lo que ha obligado a mantener e incrementar las acciones de control iniciadas en aquellos años. Afortunadamente, las actuaciones de eliminación han empezado recientemente a ser realizadas con determinación a escala insular, abriéndose una luz de esperanza para el futuro de los ecosistemas y las especies amenazadas de La Gomera. Pero para acabar con

esta lacra, las soluciones definitivas deben buscarse también en atajar la raíz del problema que es el insuficiente ordenamiento y control de la actividad ganadera, evitando la suelta descontrolada de animales. El problema de las invasiones de animales exóticos no se termina con los herbívoros. Gatos y ratas tienen un impacto notorio en el funcionamiento del ecosistema, al que se añade una larga y creciente lista de especies invasoras, la mayor parte de las cuales pasan desapercibidas por su pequeño tamaño, cuya incidencia en la conservación está por determinar, aunque en algunos casos sus efectos negativos empiezan a ser significativos.

Las plantas invasoras son otro problema importante de conservación del parque por su potencial expansivo y su capacidad para competir y desplazar la vegetación nativa. Son bastantes las especies exóticas que han llegado o amenazan con llegar al parque. En su mayor parte aprovechan áreas alteradas para empezar a invadir como son los bordes de las carreteras, áreas afectadas por incendios o el ganado pero también entran en áreas rocosas y en algunos casos incluso interiores de bosque bien conservados. En las zonas abiertas destaca la colonización de la tunera (*Opuntia sp.*), muy favorecida por el ganado en sitios abiertos. Contra esta invasión se han realizado importantes actuaciones de eliminación, especialmente en la escarpada cabecera del barranco de la Laja, localidad donde la infestación era mayor, que se complementaron con plantaciones y siembras de una amplia diversidad de plantas características de estos lugares de borde de monte, muchas de ellas muy escasas e incluso amenazadas. Otra especie sobre la que se actuó de una forma muy enérgica, desde hace algo más de una década, es la oreja de gato (*Tradescantia fluminensis*), originaria de los bosques húmedos de la Mata Atlántica de Brasil, que tiene la capa-



Población de saucos creada en el marco del programa de recuperación de especies amenazadas.

idad de invadir de una forma tremendamente agresiva los sombreados interiores de bosque. Con ello se ha conseguido disminuir notablemente su ocupación, aunque su capacidad de recolonización y regresar es considerable, debiéndose de reiterar operaciones de mantenimiento si queremos consolidar los logros alcanzados. Desgraciadamente el problema de las especies invasoras es un problema creciente que habrá que tener muy en cuenta en la gestión futura del parque.

Conocimiento e investigación

Otra importante tarea llevada a cabo por el Parque Nacional fue una notable mejora del conocimiento de sus recursos naturales y culturales, los procesos naturales clave de sus ecosistemas y los problemas de conservación, con el fin de orientar la gestión con el apoyo de la ciencia. La condición aislada de La Gomera y la inexistencia en Canarias de formación universitaria en biología hasta los años setenta, no había supuesto unas condiciones propicias para los estudios sobre la laurisilva gomera. La mayor parte de los trabajos hasta entonces habían sido realizados por investigadores extranjeros, destacando en el caso del estudio de la flora las impresionantes aportaciones del botánico Eric Sventenius, fundador del Jardín Canario. A finales de los setenta, ya con la propuesta de creación del Parque Nacional en marcha, el ICONA edita un trabajo sobre la flora del futuro Parque Nacional de Garajonay encargado al botánico G. Kunkel, que supone un gran avance. Con la creación del Parque Nacional se impulsa considerablemente la realización de estudios encargados en muchos

casos a Departamentos de la Universidad de La Laguna, sobre una variada gama de disciplinas. A destacar, por citar algunos ejemplos, los estudios sobre las aves, especialmente las palomas de la laurisilva, los murciélagos, la creación de un banco de datos sobre la fauna invertebrada, inventarios de los hongos, musgos y líquenes, estudio de los suelos, trabajos de arqueología asociados a la excavación del yacimiento del Alto de Garajonay y su adaptación al uso público, así como otros de índole socioeconómica. Por otra parte, también merece ser destacado el inicio a mediados de los años noventa de un programa de seguimiento ecológico, que viene desarrollándose desde entonces con una notable continuidad que puede considerarse pionero en los Espacios Protegidos de España. Consiste en la toma sistematizada de información ecológica del parque y su procesado y análisis posterior. Esto viene a ser como una especie de chequeo médico permanente del ecosistema. De esta manera, las largas series de datos obtenidas regularmente desde entonces, siguiendo métodos contrastados, constituyen hoy en día una fuente inestimable de información que ayuda a entender la evolución y el funcionamiento de los ecosistemas del parque así como evaluar la gestión realizada.

Por último, cerramos esta exposición sobre la trayectoria del Parque Nacional de Garajonay como proyecto de conservación, volviendo a referirme a su Ley de declaración. Uno de los aspectos limitantes de esta Ley está relacionado con su reducida superficie, apenas 3986 has. Ello hace de Garajonay el segundo Parque Nacional más pequeño de la Red estatal después de Daimiel. Esta superficie es inferior a la establecida por normativa legal para los Parques Nacionales en España. También los informes periódicos de evaluación del parque que realiza la UICN, reiteradamente plantean la conveniencia de su ampliación. El Parque Nacional incluye los montes públicos de los Ayuntamientos de la isla pero deja fuera notables manchas de laurisilva de enorme valor. Durante la tramitación de la Ley se llegaron a plantear unos límites más ambiciosos, pero seguramente el carácter de propiedad privada de esas áreas fue un obstáculo insalvable para conseguir su inclusión en el mismo. Con la creación de la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos en el año 1987 y posteriormente la creación de la Red Natura 2000, todos esos sectores están incluidos en alguna figura de protección. A pesar de ello, estas áreas sufren problemas de conservación que aconsejan un impulso de su gestión conservacionista. Sin duda, una posible opción para el futuro sería contemplar la posibilidad y conveniencia de una ampliación del Parque Nacional, no como un fin en sí mismo, sino entendida como una potente herramienta para afianzar, potenciar y completar la conservación y restauración del espléndido macizo forestal gomero.

Proyecto LIFE REFIBRE, reciclado de palas de aerogenerador para la recuperación de fibras de vidrio

Texto y fotos: Alicia Aguado Pesquera.

Investigadora del Área de Economía Circular en el Centro Tecnológico CARTIF

El Proyecto Europeo LIFE REFIBRE (LIFE162 ENV/ES/000192) fue aprobado en la convocatoria 2016 del Programa LIFE y financiado por la Comisión Europea. El Instituto de la Construcción de Castilla y León como coordinador, junto con el Centro Tecnológico CARTIF, BLASGON, Incosa, y Contratas y Obras San Gregorio, pusieron en marcha este proyecto cuya duración ha sido de 3 años y 3 meses, finalizando el 31/12/2020.

El objetivo principal del proyecto LIFE REFIBRE es el reciclaje de las palas de aerogenerador para recuperar la fibra de vidrio que contienen en su interior a través del diseño y la construcción de un prototipo innovador de reciclado mecánico. A estas fibras se les ha dado un segundo uso mediante su incorporación en pavimento asfáltico logrando mejorar sus propiedades mecánicas. Mediante estos procesos se consigue cerrar el ciclo de vida de estos residuos, dotando de un gran valor añadido tanto al residuo como a la nueva aplicación resultante.

Los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV), son materiales compuestos formados por una matriz de plástico o resina reforzada con fibras de vidrio, siendo el material compuesto más empleado con una producción superior al 90%. Se trata de materiales ligeros, resistentes y muy fáciles de moldear, por lo que son muy usados ya que aportan una gran rigidez. Se utilizan en múltiples campos, como en la construcción, el transporte, la aeronáutica, la industria de la aviación, la automoción, artículos deportivos y de ocio y la industria eólica (que es la que nos atañe

El objetivo principal del proyecto LIFE REFIBRE es el reciclaje de las palas de aerogenerador para recuperar la fibra de vidrio que contienen en su interior a través del diseño y la construcción de un prototipo innovador de reciclado mecánico

en este proyecto). Por todo ello, este material compuesto ha sido el punto de partida en el proyecto LIFE REFIBRE, ya que la palas de aerogenerador están formadas principalmente por PRFV (67%) que es el componente más difícil de reciclar.

Según datos del Consejo Mundial de la Energía Eólica (GWEC) sobre el mercado eólico mundial en 2019, la potencia eólica mundial se ha incrementado en 60,4 GW,

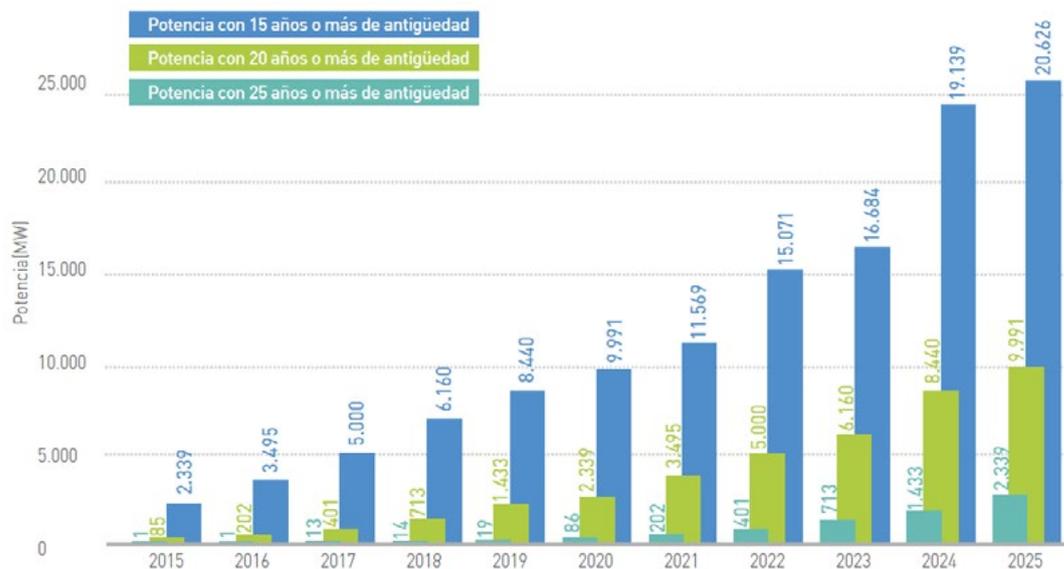


Figura 1. Evolución de la antigüedad del parque eólico español. (Fuente: AEE).

sobrepasando los 651 GW de potencia eólica acumulada total. China, EEUU, Reino Unido, India y España han sido los países que más potencia han instalado en el año y continúan siendo líderes a nivel mundial. Según WindEurope, en Europa, la potencia eólica total instalada en 2019 ha sido alrededor de 15,4 GW, con un total de 205 GW de potencia total acumulada. Esta potencia eólica está liderada por Alemania, España, Reino Unido, Francia e Italia.

En España se instalaron 2243 MW eólicos en el año 2019, lo que hace que continúe siendo el segundo país europeo y el quinto a nivel mundial con más potencia total instalada con 25,7 GW. Según la Asociación Empresarial Eólica (AEE), a 31 de diciembre de 2019, España cuenta con 20 940 aerogeneradores implantados, distribuidos en 1267 parques eólicos. Las Comunidades Autónomas con más potencia instalada acumulada son Castilla y León, Castilla La Mancha, Galicia, Andalucía y Aragón. Además, según datos de REE, en 2019 se cubrió el 24,3% de la energía demandada en la península.

De acuerdo con la Figura 1, el parque eólico en España tendrá en 2025 alrededor de 20 600 MW con una antigüedad superior a 15 años, mientras que, de ellos, casi 10 000 MW tendrán una antigüedad superior a los 20 años. Según estos datos se prevé que en 5 años, el número de aerogeneradores con una antigüedad de más de 15 años crezca de manera sustancial, hasta duplicar la cifra de 2020. Actualmente la vida media de las palas de un aerogenerador está datada entre 20-25 años.

Generalmente, un aerogenerador está formado por cuatro secciones, cimentación, torre, góndola y rotor. La mayoría de estos materiales tienen un ratio de reciclaje alto al final de su vida útil. Sin embargo, el principal desafío surge del

reciclaje del PRFV presente en las palas. Las palas son la parte del aerogenerador que más cambios sufren y están en innovación continua. Los molinos instalados hace casi 30 años tenían un diámetro medio de rotor de 15 m con una potencia inferior a 1 MW (longitud de pala de 7 m). Hoy en día, la longitud media ha crecido hasta aproximadamente más de 50 m con una potencia de entre 2,5 y 7,5 MW, la cual se espera que continúe creciendo en el futuro. Por hacernos una idea, en cuanto a la relación entre las palas de los aerogeneradores y la potencia eólica, se supone que un aerogenerador tipo de 2 MW consta de 3 palas las cuales pesan 6 toneladas cada una de ellas y contienen un 67% de PRFV. Por lo tanto, viendo la Figura 1, en el año 2025, la potencia eólica instalada con más de 25 años de antigüedad supondrá más de 21 000 toneladas de residuos de PRFV.

Actualmente la legislación de la Unión Europea carece de una regulación específica para el tratamiento de residuos compuestos. Se incluye alguna sugerencia en la Directiva de la UE 2000/53/EC, pero no se aborda específicamente ninguna instrucción específica sobre cómo tratar los PRFV fuera de uso. Esto supone un gran impacto ambiental ya que todas las palas de aerogenerador, una vez que han llegado a su fin de vida van a parar a vertedero ocupando un elevado volumen, o son incineradas donde solo se recupera el 10% de la cantidad de energía que se utiliza para producir el producto composite. Tanto el vertedero como la incineración deberían ser las últimas opciones para el fin de vida de las palas, además de que no son herramientas viables ante el fuerte crecimiento esperado en la producción de residuos, ya que también implican la pérdida de todas las fibras de vidrio que se encuentran en su interior.

Por todo lo expuesto, existe una creciente necesidad de gestionar correctamente las palas de aerogenerador en desuso y surge así LIFE REFIBRE. Además, el método de reciclado desarrollado dentro de LIFE REFIBRE, no solo es válido para las palas de aerogenerador, sino también para cualquier tipo de residuo que contenga PRFV.

Para comenzar a desarrollar el proyecto, se realizó el acopio de 12 palas fuera de uso (foto 1), suministradas por General Electric, EDP y Siemens Gamesa suponiendo unas 40 toneladas de peso. El acopio de estas palas se hizo en diferentes parques eólicos, donde se realizó un pretratamiento *in situ* para reducir su tamaño y favorecer su transporte hasta el lugar donde se situó la planta prototipo de reciclado mecánico. Antes de su reciclado, estas palas fueron caracterizadas, obteniéndose un porcentaje en peso de PRFV del 67%, un 32% en peso de madera de balsa, y el 1% restante correspondiente a otros materiales minoritarios. Aun así, esta composición varía según la parte de la estructura de la pala, ya que hay partes en las que solo está formada por PRFV, partes en las que todo es madera de balsa, y otras partes en las que hay mezcla a partes iguales (ver foto 2).

Una vez las palas ya están disponibles en el tamaño deseado, se procede a realizar su reciclado mecánico, el cual se

divide en cuatro etapas (Figura 2). Para ello, se ha diseñado y construido un prototipo único e innovador el cual consta de un molino de martillos y una mesa vibrante. El molino de martillos tiene una capacidad de 100 kg/h, y el diseño más importante se ha centrado en los martillos, en su número, así como su disposición y material de fabricación. También se ha incluido una tolva junto al molino y una cinta de alimentación para facilitar la entrada de los trozos de pala, y a su salida otra cinta transportadora. Además, en el molino están controladas todas las condiciones de operaciones más importantes como por ejemplo la velocidad, fuerza de golpeo, etc., las cuales han sido optimizadas hasta lograr el producto deseado en esta primera etapa. El diseño de la mesa vibrante consta de una criba de barras con un tamaño y distancia entre ellas definido, con dos motores para conseguir un movimiento vertical y un sistema de control de su inclinación. El funcionamiento de esta mesa vibrante también ha sido optimizado a través de su velocidad de vibración y del movimiento del eje hasta lograr las condiciones adecuadas para conseguir la mayor separación y recuperación de fibra de vidrio posible. Esta mesa vibrante es modificada para llevar a cabo la última etapa del proceso, sustituyendo las barras por dos tamices de diferentes tamaños para poder clasificar la fibra de vidrio obtenida.

Foto 1. Acopio de palas fuera de uso.



Foto 2. Corte trozo de pala de aerogenerador.



Según la Asociación Empresarial Eólica (AEE), España cuenta con 20 940 aerogeneradores implantados, distribuidos en 1267 parques eólicos. En el año 2025, la potencia eólica instalada con más de 25 años de antigüedad supondrá más de 21 000 toneladas de residuos de PRFV

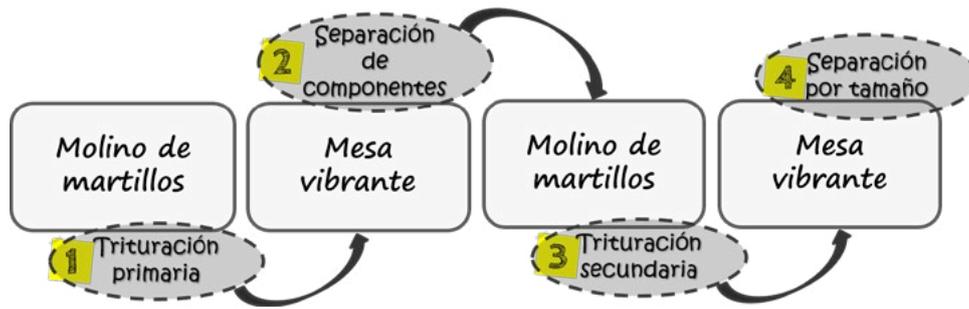


Figura 2. Esquema del reciclado mecánico palas de aerogenerador

En la foto 3 se puede ver el proceso de reciclado en funcionamiento. En la primera etapa se lleva a cabo un triturado primario en el molino de martillos para poder romper la estructura de las palas formada por la fibra de vidrio, la resina, la madera y otros materiales secundarios. En la segunda etapa, el producto obtenido en el molino, es decir los trozos de madera, fibra y resina, caen directamente en la mesa vibrante donde se logra separar la madera de balsa de la fibra de vidrio. Debido a la dificultad de separar este tipo de materiales por sus características físicas y geometría, ha sido necesario estudiar y probar con varias opciones de separación (como por ejemplo separación electrostática, separación por agua, etc.) hasta elegir la mesa vibrante como opción definitiva y óptima tanto por su viabilidad técnica como económica. Después de la segunda etapa ya se dispone de fibra de vidrio limpia y separada del resto de componentes, pero para incorporarla en el aglomerado as-

fáltico se necesita que tenga un tamaño más pequeño, por lo que se vuelve a introducir en el molino de martillos para llevar a cabo la tercera etapa del proceso que consiste en un triturado secundario para conseguir reducir el tamaño de estas fibras de vidrio. Para ello, se vuelven a optimizar las condiciones de operación del molino, necesitándose un tiempo de residencia y una fuerza de golpeo mayor. Finalmente, en la última etapa se realiza un cribado para separar las fibras en diferentes tamaños, ya que el tamaño idóneo de fibra es menor de 2 cm. En esta etapa la mesa vibrante se modifica, quitando las barras e incorporando dos tamices. En el tamiz superior queda retenida la fibra más grande, que se recoge a través de un canalón en un contenedor y será introducida de nuevo en el molino para obtener fibra más pequeña. Por último, la fibra que pasa el segundo tamiz es microfibras, también es recogida y utilizada para la aplicación elegida.

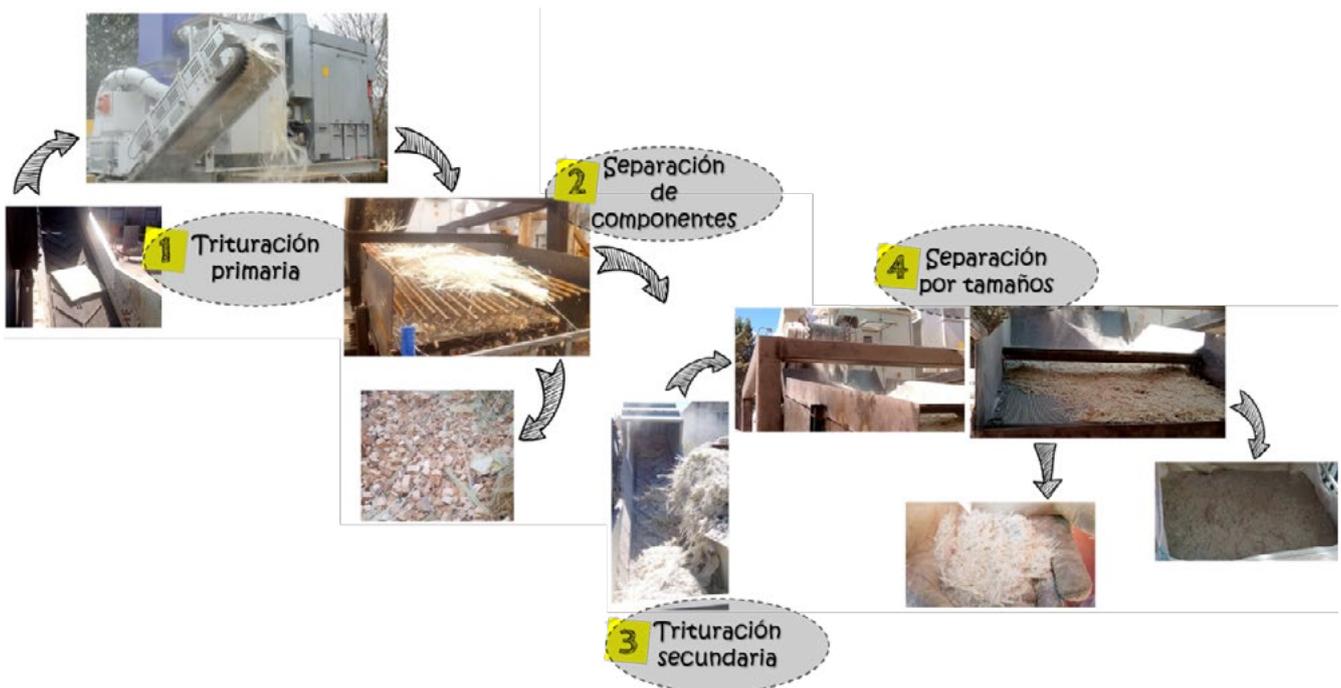


Foto 3. Proceso de reciclado mecánico de palas de aerogenerador. Obtención de fibras de vidrio de tamaño menor de 2 cm.



Foto 3. Proceso de reciclado mecánico de palas de aerogenerador. Obtención de fibras de vidrio de tamaño menor de 2 cm.

Mediante el reciclado de las 12 palas de aerogenerador se han conseguido obtener 16 toneladas de fibra de vidrio de un tamaño menor de 2 cm, aptas para su uso en aglomerados asfálticos. Se han probado diferentes fórmulas de trabajo, variando la combinación de betún asfáltico, áridos con granulometría continua, polvo mineral y fibra de vidrio recuperada, de manera que todas las partículas del árido queden recubiertas por una película homogénea de ligante. Además, se ha realizado un amplio estudio basado en el método volumétrico y analizando los parámetros y características obtenidos para un amplio rango de variación de varios de los componentes (tamaño de fibra, porcentaje de fibra, porcentaje de betún). Se han realizado a las diversas fórmulas de trabajo sus correspondientes grupos de probetas Marshall para la caracterización de sus propiedades bajo la normativa española aplicable (Artículos 542 y 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3) para las mezclas bituminosas, así como para la aplicación de las especificaciones técnicas fijadas por la Junta de Castilla y León. Las características evaluadas en las mezclas diseñadas se han determinado mediante la realización de los siguientes ensayos: Ensayo Marshall (NLT-159), Contenido de ligante (UNE-EN 12697-39) y sensibilidad al agua (UNE-EN 12697-12). Por tanto, gracias a esta caracterización, la cual ha permitido conocer el comportamiento entre las materias primas tradicionales que componen las mezclas bituminosas y la fibra de vidrio añadida, se acota a un máximo de un 1% el porcentaje de fibras de vidrio a introducir, con un tamaño inferior a 2 cm.

Las fibras de vidrio se han agregado a la mezcla en el proceso de fabricación de aglomerado asfáltico cuando los áridos ya se han clasificado y dosificado de acuerdo con la fórmula de trabajo optimizada y antes de mezclarlos con el betún. Para ello, la planta de aglomerado asfáltico ha hecho modificaciones en sus instalaciones para poder introducir la fibra de vidrio (foto 4). El tramo demostrador

construido discurre entre los p.k. 0+440 al 1+940 de la carretera ZA-705, que une la A11 con la entrada a la localidad de Toro. Tiene una extensión de 1500 metros de largo y 8 metros de ancho para probar el resultado final del proyecto (12 000 m²) y está dividido en 5 secciones diferentes de 300 metros de longitud cada una, a las que se han agregado diferentes cantidades de fibra de vidrio para comparar los resultados entre ellas (0%, 0,50%, 0,75%, 0,85% y 1%) (Foto 5).

Este tramo demostrador de carretera fue monitorizado durante un año con la finalidad de comprobar y verificar su comportamiento con respecto del tramo de referencia construido sin adición de fibra de vidrio (foto 6). Se realizaron inspecciones visuales dos veces al mes para evaluar el estado del tramo demostrador y detectar posibles patologías fundamentalmente causadas por el envejecimiento de la mezcla. Se realiza la extracción de testigos para la determinación de su densidad y espesor a través de la Norma UNE-EN 12697-6. De esta manera, la pérdida de espesor o de densidad indicará una posible deficiencia a analizar en función del resto de características. También se realizaron ensayos Marshall, incluyendo la fabricación de tres probetas, determinando la densidad, estabilidad, deformación y cálculo de huecos según Normativa NLT-15-168 para evaluar la capacidad portante (rigidez), resistencia a la deformación y resiliencia. Otro ensayo realizado es el método del círculo de arena (UNE-13036-1) con una frecuencia trimestral para caracterizar la resistencia al deslizamiento (mayor o menor facilidad de evacuación de agua) y la resistencia a la desagregación (durabilidad). Trimestralmente también se evaluó la permeabilidad *in situ* (NLT-327) para comprobar la durabilidad (menor afección por el agua). Además, se realizaron ensayos de Inmersión-Compresión (NLT-162) para evaluar la durabilidad (resistencia a la acción del agua), y un ensayo de rodadura según la Normativa UNE-EN 12697-22 para evaluar la resistencia a las deformaciones plásticas. Por último, otros ensayos realizados son resistencia a la fatiga a través de la Metodología BCN; el



Foto 4. Introducción fibras de vidrio en el proceso de fabricación de aglomerado asfáltico.



Foto 5. Asfaltado tramo demostrador de carretera con fibras de vidrio recicladas.

índice de rigidez a través de un ensayo Fénix y el Módulo de resiliencia a través de la Metodología BCN. Por otra parte, otra de las características analizadas es la posible mejora a nivel acústico que se podría obtener con el nuevo material. Para ello, se han realizado mediciones *in situ* de los niveles sonoros producidos al paso de un vehículo tipo por los distintos tramos de pavimento en estudio, comparándolos con los obtenidos en el tramo con el pavimento en el que no se utilizaron los materiales compuestos de residuos que pudieran aportar características fonoabsorbentes, todo ello bajo normativas UNE-EN ISO 11819-2:2017 y UNE-ISO 1996 partes 1, 2 y 3.

Analizando los resultados obtenidos de todos ensayos se puede concluir que con la introducción de esta fibra de vidrio en la carretera, además de conseguir valorizar un residuo que actualmente va a vertedero, se consigue mejorar una serie de propiedades mecánicas del pavimento. La comparación de los diferentes porcentajes de fibra de vidrio añadida, arroja en todos ellos resultados positivos frente al tramo 0, obteniendo los mejores resultados en el tramo con mayor porcentaje de fibra de vidrio (1%). Entre los efectos obtenidos, se ha visto una mejora en la trabajabilidad de la mezcla al añadir las fibras de vidrio recuperadas, consiguiendo para unos mismos medios y

energías de compactación, unas mayores densidades de la muestra, lo que redonda en mejores cualidades mecánicas y por tanto, en una mayor durabilidad de la muestra al tener menos agrietamientos y una menor pérdida de resistencia y agrietamiento por fatiga. Por otro lado, se consigue aumentar la resistencia a la deformación en un 23,5%, mejorar la resiliencia en un 5,5%, aumentar la resistencia a la fatiga en un 12,2% e incrementar la rigidez un 16,6%. Además, también se ha notado una mayor resistencia de la carretera a temperaturas extremas así como una mejora en sus cualidades acústicas.

Además, gracias a la utilización de la fibra de vidrio recuperada como materia prima en el tramo demostrador de carretera de 1500 metros construido, se ha conseguido evitar la emisión de 97 toneladas de CO₂ equivalente (en el caso de la comparación con la disposición final de las palas de aerogenerador en vertedero) y 131 toneladas de CO₂ equivalente (si este escenario se compara con la incineración de las palas de aerogenerador).

Por lo tanto, gracias al reciclado mecánico de las palas de aerogenerador desarrollado en el proyecto LIFE REFIBRE, se ha conseguido recuperar las fibras de vidrio dándoles un segundo uso de vida en una nueva aplicación, su introducción en aglomerado asfáltico mejorando sus propiedades mecánicas y aumentando su durabilidad, consiguiendo cerrar su ciclo de vida y una economía circular. Además, cabe añadir la alta replicabilidad de estos procesos, que evitará cantidades importantes de fibras de vidrio enviadas a vertedero, aportándoles un segundo ciclo de vida. Y no solo de palas de aerogenerador, sino de cualquier tipo de residuo que esté formado por plásticos reforzados con fibra de vidrio. Por lo tanto, todos estos resultados obtenidos pueden ser extrapolables al resto de España y a otros países europeos, debido a la extensa red europea de carreteras, así como al elevado número de parques eólicos existentes.



Foto 6. Testigo para la monitorización del tramo demostrador.

en peligro

Oso pardo cantábrico (*Ursus arctos*)

Macho cantábrico adulto. Foto cedida por Fundación Oso Pardo.

El oso pardo cantábrico, *Ursus arctos*, se extiende por la Cordillera Cantábrica, desde los Ancares de Lugo en Galicia hasta el occidente de Cantabria. Está incluido en la categoría de “en peligro de extinción” en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Su población se encuentra repartida en dos núcleos: el occidental, que presenta una tendencia poblacional positiva en los últimos años; y el oriental, con un censo más reducido. Entre ambos núcleos apenas existe intercambio de ejemplares, lo que supone un factor adicional de amenaza, además de la acción humana, la degradación de sus hábitats y los efectos del cambio climático sobre sus principales fuentes de alimentación. No obstante, la aplicación de la Estrategia para la conservación del oso pardo cantábrico viene suponiendo, desde finales de los años 90, una lenta recuperación, principalmente de la población occidental.

Las poblaciones peninsulares de osos son el resultado de un proceso de regresión demográfica y del área de distribución que se ha venido produciendo desde tiempos históricos. En Europa, y especialmente en el sur, el crecimiento de la densidad humana ha ido asociado a la persecución de la especie y a la destrucción de su hábitat. Aunque hoy día, en general, se vive una crisis demográfica en las zonas oseras, el grado y diversidad de la actividad humana en la Cordillera Cantábrica sigue siendo elevado

y, aunque sus poblaciones están creciendo, los osos se enfrentan a importantes problemas de conservación. Los osos pardos cantábricos se encuentran distribuidos en dos núcleos que han permanecido aislados la mayor parte del siglo XX, pero que actualmente están conectados gracias al desplazamiento de machos entre ellos.

La variabilidad genética es baja, especialmente en el núcleo oriental, que ha llegado a ser de las más bajas descritas en poblaciones europeas de osos, pero que ha experimentado un incremento como consecuencia del inicio de la conexión demográfica y genética. El área geográfica existente entre ambas subpoblaciones cantábricas, conocida como el corredor interpoblacional, de unos 50 km de anchura, presenta pasillos de hábitat con condiciones favorables para la dispersión de los osos, aunque existen zonas con discontinuidad en la cobertura arbolada y barreras producidas por las infraestructuras viarias que lo cruzan transversalmente. A pesar de las dificultades, y como consecuencia del crecimiento de la población cantábrica, los datos de presencia de osos en el corredor interpoblacional son cada vez más numerosos.

Aunque en los últimos años se ha producido una importante disminución de la mortalidad directamente asociada al hombre, aún continúan registrándose muertes de

osos cantábricos, fundamentalmente mediante venenos, lazos y disparos. Mantener el incremento demográfico de la población cantábrica, constatado en los últimos años, requiere continuidad en los esfuerzos de lucha contra el furtivismo residual y dedicar una especial atención al problema del veneno. Una población de osos en crecimiento necesita amplias superficies de hábitat productivo y tranquilo y la conectividad entre los núcleos reproductores garantizada, y en un territorio como la Cordillera Cantábrica con un alto grado de presencia humana, la pérdida de calidad y la fragmentación del hábitat son importantes amenazas que requieren una permanente atención.

Factores como los incendios forestales, las nuevas infraestructuras de transporte, actividades extractivas, pistas y la expansión de turismo de naturaleza y de determinadas actividades de ocio y deportivas en el medio natural, afectan a buenas zonas de alimentación y refugio y pueden contribuir al abandono o a la infrautilización de hábitats de calidad. Además de la protección del hábitat favorecida por las redes de espacios naturales protegidos y zonas Natura 2000, se hace muy necesario aplicar las mejores fórmulas para compatibilizar los aprovechamientos y usos del suelo

con la conservación de los hábitats oseros. Por otro lado, debido al incremento paulatino de las poblaciones de osos, uno de los aspectos más preocupantes que pueden afectar a la conservación de la especie es el incremento de los conflictos e interacciones entre hombre y oso, bien por daños sobre aprovechamientos ganaderos o por comportamientos “poco naturales”. Estos cambios puedan desencadenar una corriente de opinión negativa que cambie la percepción positiva del oso que, actualmente, tienen las personas que habitan en zonas oseras.

Protección y actuaciones

Algunas comunidades autónomas han elaborado inventarios y cartografía de las áreas críticas y de mayor calidad de hábitat, que han facilitado la protección de los lugares más sensibles. En el caso del Principado de Asturias existe un catálogo de áreas críticas aprobado (Resolución de 3 de julio de 2003). La Directiva Hábitats (92/43/CEE) considera al oso pardo como “especie prioritaria”, y consecuentemente, una buena parte del área de distribución del oso cantábrico está integrado en la Red Natura 2000 a través de 24 Lugares de Importancia Comunitaria (LIC),



Osa con cría de segundo año. Foto cedida por Fundación Oso Pardo.

lo que sumado a las redes autonómicas de espacios naturales protegidos que cubren una parte relevante del Área de Distribución del oso, confiere una mayor protección jurídica del hábitat del oso.

A la protección jurídica de los hábitats oseros, se unen numerosas actuaciones de reforestación y mejora del hábitat forestal, incluyendo la plantación de árboles y arbustos productores de frutos de interés alimentario para la especie, en todo el ámbito de distribución cantábrico. Por otra parte, la lucha contra el furtivismo se ha incrementado, con presencia sobre el terreno del Seprona de la Guardia Civil y agentes de las comunidades autónomas, contando con el apoyo de guardas de campo en cotos de caza y de las organizaciones conservacionistas. Dependiendo de diferentes instituciones se han formado patrullas dedicadas exclusivamente al seguimiento y a la protección del oso. Todos estos esfuerzos han contribuido eficazmente a reducir la mortalidad directa por causas atribuibles al hombre, especialmente la vinculada al trampeo ilegal con lazos de acero, aunque todavía existen un cierto furtivismo, y episodios de envenenamiento a los que es preciso dedicar la necesaria atención. En este sentido, desde el año 2000, se conoce la muerte por causas atribuibles a la acción humana de, al menos, 16 osos en la Cordillera Cantábrica, siete de ellos envenenados con insecticidas carbamatos y estricnina, cuatro en lazos de acero y otros cinco por disparos. A esta relación hay que añadir un caso de atropello por un vehículo rodado en carretera (A-6).

Al descenso general de las bajas por causas antrópicas no es ajeno el importante apoyo social que el oso pardo tiene en la Cordillera Cantábrica, y que resulta fundamental para alcanzar con éxito los objetivos de conservación. La indemnización de los daños causados por los osos, las medidas de prevención de ataques a colmenares y los avances realizados en la percepción social del oso como un elemento dinamizador de las áreas rurales, han conseguido que en la Cordillera Cantábrica el oso sea mayoritariamente aceptado por los pobladores del medio rural.

Son relevantes los esfuerzos de las administraciones para el desarrollo de los estudios genéticos, que han contribuido al conocimiento de la variabilidad genética y la estructura de la población cantábrica y permitido constatar movimientos y cruces de ejemplares entre las dos subpoblaciones cantábricas. En este sentido, recientes estudios han constatado un importante flujo de ejemplares y de genes de la subpoblación occidental a la oriental. Ello ha propiciado que la variabilidad genética sea la más alta registrada hasta la fecha en la subpoblación oriental cantábrica, dejando de ser la más baja registrada en osos europeos.

El uso de indicadores de abundancia y, especialmente, el conteo anual de las osas con crías, han permitido conocer

la evolución demográfica de la población de osos cantábricos. El censo de las osas con crías se viene haciendo de forma estandarizada todos los años desde 1989, elaborado por las comunidades autónomas, con la colaboración de organizaciones conservacionistas y otros colaboradores. El seguimiento de las osas con crías es un indicador utilizado para evaluar la evolución de la población, tal como recomienda la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para la monitorización de poblaciones oseras. La coordinación nacional se ha resuelto satisfactoriamente a través del Grupo de Trabajo vinculado a la estrategia de conservación para la especie, de la contribución de expertos, y del MITECO. En la Cordillera Cantábrica, las comunidades autónomas han coordinado sus equipos entre sí y con organizaciones conservacionistas para llevar a cabo los seguimientos poblacionales, estudios y actuaciones de conservación.



Oso cantábrico subadulto. Foto cedida por Fundación Oso Pardo

La subpoblación occidental ocupa las sierras orientales de Lugo y los Ancares de León, el Alto Sil leonés y el centro y suroccidente del Principado de Asturias. A partir de los censos de osas con crías más recientes, se infiere que esta subpoblación estaba constituida por unos 230-270 osos. Por su parte, la subpoblación oriental ocupa la Montaña Palentina, la Montaña Oriental Leonesa, y los montes de Cantabria, con una presencia esporádica en terrenos del oriente del Principado de Asturias. Para esta subpoblación se estima un censo que podría superar los 40 osos. En los últimos años se viene registrando la presencia de ejemplares dispersantes en el corredor interpoblacional cantábrico, tanto machos adultos en periodo de celo como jóvenes en proceso de dispersión tras la separación del grupo familiar. Los estudios genéticos realizados han permitido confirmar reproducciones mixtas entre individuos de la población occidental y de la oriental.

La complicada convivencia osos-humanos

Según García Codrén, una última novedad destacable en las áreas oseras ha sido la progresiva sustitución de una economía agraria y minera por otra basada en el turismo y en las actividades de ocio al servicio de una demanda básicamente urbana. Se trata de una tendencia imparable en todo el mundo desarrollado pero el fenómeno ha aparecido muy tarde en la Cordillera Cantábrica. Esta situación tiene sus luces y sus sombras: el turismo está suponiendo una importante inyección de recursos en comunidades rurales depauperadas y carentes de expectativas y, como tal, debe valorarse positivamente. Por otra parte, esa afluencia contribuye a la aceptación de las distintas figuras de protección, que actúan de reclamo, y eso facilita la adopción de medidas tendentes a la defensa del oso. Sin embargo, es difícil evitar que el oso mismo se convierta en el reclamo y que un número cada vez mayor de personas acudan, a veces desde fuera de España, con el único objetivo de observarle lo que, a todas luces, es incompatible con la supervivencia de la especie. (Treballs de la SCG, 52, 2001. García Codrén)

Según García Codrén, no hay seguridad de que el comportamiento del animal en una situación de «estrés» demográfico y ambiental se mantenga dentro unas pautas «normales». Las señales de alerta son muy numerosas, pero, simplemente, baste recordar que en algunos parques nacionales de los Estados Unidos los osos han aprendido a romper las ventanillas de los coches para robar comida... Por otra parte, sus costumbres sexuales, de las que depende la reproducción, pueden verse gravemente alteradas en caso

de escasear las parejas o de sufrir excesivas molestias por parte de sus vecinos humanos.

Tampoco es fácil prever cuál va a ser la evolución espontánea del medio natural a medio plazo y cuál va a ser la respuesta del oso a tal evolución. Así, durante la última década se están observando constantemente individuos que se mantienen activos durante todo el invierno (situación que es prácticamente única en el mundo y que no está documentada con anterioridad) ¿se trata de una adaptación a la evolución reciente del clima o de un cambio de comportamiento consecuencia del «estrés» que sufre la especie? Pese a todo lo anterior, la constatación de que los habitantes de la montaña la quieren con osos y el convencimiento de que si éstos aún pasean por sus laderas es gracias, en parte, al desarrollo de un buen trabajo durante los últimos años, nos autoriza a seguir siendo optimistas sobre su futuro.



Foto: José María Reyero. Fototeca CENEAM. O.A. Parques Nacionales.

Proyecto LIFE “OSOS CON FUTURO” (2020-2025)

Un nuevo proyecto LIFE facilitará la adaptación del oso cantábrico al cambio climático con acciones en las dos subpoblaciones de oso pardo de la Cordillera Cantábrica. El proyecto contempla la mejora de la disponibilidad de alimento para el oso mediante la plantación y tratamiento de pequeños bosquetes de árboles y arbustos autóctonos en escenarios de cambio climático.

La ciencia advierte de que el cambio climático afectará al oso pardo especialmente en su hibernación, que tenderá a reducirse ante el incremento de las temperaturas, pero también está impactando en la producción de frutos silvestres de los que se alimenta la especie, algunos de las cuales, como el arándano, ya presentan en los últimos años cosechas irregulares. Además, un mayor movimiento de osos durante el invierno puede generar interacciones con la caza y otras actividades recreativas y deportivas en importante auge que se desarrollan en la montaña.

Las acciones del proyecto “Osos con Futuro”, cofinanciado por el programa europeo LIFE, se llevarán a cabo en 8 espacios de la Red Natura 2000. En el área de la subpoblación cantábrica occidental del oso en los espacios de Peña Ubiña, Caldoveiro, Montovo-La Mesa, Fuentes del Narcea, Degaña e Ibias y Somiedo en Asturias; y Alto Sil y Sierra de los Ancares, en León. En el área de la subpoblación oriental se realizarán en el espacio de la Montaña Palentina, en Palencia.

Plantación, restauración e investigación

El proyecto prevé la plantación, en varias fases, de 150 000 árboles y arbustos autóctonos productores de frutos carnosos en 225 pequeños bosquetes que ocuparán 155 hectáreas. A ellos se sumarán 25 000 castaños injertados con variedades autóctonas en otros 75 pequeños bosquetes que ocuparán 55 hectáreas y que, como los anteriores, se ubicarán en localizaciones escogidas considerando el impacto del cambio climático. Para ello y para otras acciones del proyecto se contará con la participación de investigadores de las universidades de Oviedo, Valladolid, Cantabria y Extremadura. También se contempla la restauración de sotos abandonados de castaños, a los que se aplicará un tratamiento para mejorar la producción de fruto y su resiliencia climática.

Además de las plantaciones, se realizará un estudio de la vulnerabilidad al cambio climático de las áreas más sensibles para la conservación del oso pardo, que será evaluado para su aplicación futura por dos grupos de trabajo con responsables de las administraciones regionales implicadas.

Las acciones del proyecto suponen, además, una oportunidad de promoción del desarrollo rural y de creación de puestos de trabajo vinculados a las acciones de conservación de la naturaleza y la adaptación frente al cambio climático, con un gran potencial de ser replicados en toda el área de distribución del oso pardo cantábrico y otros territorios que se enfrentan a retos similares.

Campaña de información y sensibilización

La otra gran línea de acciones del proyecto se dirige a informar a los colectivos que desarrollan actividades en los montes oseros durante el invierno, fundamentalmente relacionados con la caza y los deportes de montaña. Se llevará a cabo una intensa campaña de encuentros con más de 100 asociaciones de cazadores y asociaciones de deportes de invierno para explicar los nuevos escenarios ante el cambio climático y concienciar de las implicaciones que ello tiene sobre la actividad de los osos.

La campaña se acompañará de audiovisuales, folletos explicativos y otros materiales de información y concienciación, que también se repartirán por establecimientos turísticos de áreas oseras.

Un proyecto coordinado

El proyecto “Osos con Futuro”, cofinanciado por el programa LIFE de la Unión Europea, se desarrollará hasta 2025. Está coordinado por la Fundación Oso Pardo y cuenta como socios con la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la Fundación Patrimonio Natural, de la Junta de Castilla y León. El Gobierno de Asturias es cofinanciador a través de la Dirección General del Medio Natural y Planificación Rural, de la Consejería de Desarrollo Rural, Agroganadería y Pesca.

Características del oso pardo cantábrico

Las características más definitorias del oso son su espeso y tupido pelaje, su pequeña cola (apenas 7 u 8 cm) y su enorme cabeza, rematada por dos pequeñas orejas redondeadas.

Es el animal terrestre más grande de toda la fauna ibérica. Su cuerpo es extremadamente robusto, siendo los machos mucho más pesados que las hembras, al menos un 25 ó 30% más. Los osos pardos cantábricos o ibéricos son los más pequeños de todo el mundo, pues los machos rara vez sobrepasan los 180 kg y las hembras rondan los 130 ó 140 kg. Los osos tienen unas enormes variaciones de peso a lo largo del año y de un año a otro, dependiendo de la abundancia o escasez de comida.

La altura en la cruz de nuestros osos pardos (desde la base de la pata hasta la cruz, que es el punto más alto del cuerpo y donde se articulan las extremidades anteriores) varía entre 90 cm y 1 m y su longitud total ronda los 2 m (desde la cabeza hasta la cola).

La visión no la tiene muy desarrollada comparada con otros sentidos, aunque sí puede ver en color durante la noche. A larga distancia reconocen formas, pero no detalles, y detectan mucho mejor animales u objetos en movimiento que inmóviles. En algunas situaciones desfavorables pueden erguirse sobre sus patas traseras para aumentar su campo de visión. Su oído es extremadamente agudo y desarrollado al igual que el olfato que es excelente, finísimo y, sin duda, su sentido más desarrollado y el que más les ayuda en su vida cotidiana. Gracias a él pueden detectar a larga distancia muchas de sus fuentes de alimento y también el estado sexual de otros ejemplares durante la época de celo.

Los osos alcanzan la madurez sexual entre los tres y los cinco años, son polígamos y su celo tiene lugar entre mayo y julio. En las hembras, la cópula provoca la ovulación —en lenguaje técnico se llama ovulación inducida—, lo que incrementa sus posibilidades de quedar preñadas. La implantación es diferida, es decir, el óvulo fecundado flota libremente en el útero y no se implanta hasta el otoño; solo entonces comienza la verdadera gestación, que dura unos dos meses. En plena hibernación en el mes de enero, y en la seguridad de la osera, la hembra pare de una a tres crías, excepcionalmente cuatro, que pesan al nacer unos 350 g, y los oseznos alcanzan de 20 a 25 kg al cumplir su primer año de vida. Viven con la madre aproximadamente un año y medio. El intervalo entre dos partos es de, al menos, dos años.

Los osos son omnívoros: en primavera y otoño su alimentación es sobre todo vegetal, pero también aprecian las carroñas. Su alimento preferido son los panales de miel. Además, cazan pequeños vertebrados e insectos y, en el momento de remonte de los salmones en los ríos, se hacen pescadores, concentrándose cerca de las orillas. Únicamente algunos individuos se especializan en la captura de grandes presas, sobre todo animales domésticos y de caza. Sus garras y anatomía general nos revelan la estampa de un carnívoro típico, cuando en realidad los osos son unos devoradores de carne totalmente atípicos. Su dieta es casi enteramente vegetariana y de hecho su dentición se ha ido modificando hasta lograr unos molares y premolares con tallas más redondeadas y mayor superficie, mucho más apropiados para una dieta basada en plantas y frutos, y unos incisivos puntiagudos útiles para pastar y cortar tallos y raíces. Sin embargo, en sus mandíbulas conserva la fortaleza suficiente para abatir presas tan grandes como un ciervo o cualquier otro ungulado de gran tamaño.

Casi toda la vida y movimientos del oso vienen determinados por la búsqueda del alimento. Incluso la hibernación se produce por la escasez de alimento propia del invierno en los bosques caducifolios del norte de España. Un oso adulto puede llegar a perder hasta el 40% de su peso durante el invierno. Su alimentación está en un 85% basada en materia vegetal (bellotas, castañas, hayucos, avellanas, bayas, megaforbios, tubérculos, brotes tiernos de gramíneas...), y la completa con carroñas, insectos, miel, setas, aves, huevos y unguados.

Las hembras suelen moverse por áreas de algunas decenas de kilómetros cuadrados que utilizan de forma intensa. Por el contrario, los machos tienen grandes áreas de campeo, que engloban las de varias hembras. Un macho adulto radiomarcado en el actual Parque Regional de Riaño (León) se movió durante cuatro años por una extensión de 2447 km². La calidad del hábitat tiene una notable influencia sobre la extensión del área de campeo.

Bibliografía:

Estrategia para la Conservación del oso pardo cantábrico: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/pbl-fauna-flora-estrategias-oso-cantabrico.aspx>

Fundación Oso Pardo: <https://fundacionosopardo.org>

Treballs de la Societat Catalana de Geografia, 52, 2001 (265-272) Situación del oso pardo cantábrico (O los problemas de la alimaña convertida en mascota) Juan Carlos García Codrén Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio Universidad de Cantabria Patronato de la Fundación Oso Pardo garciaj@unican.es

Josefina Castellví Piulachs

Bióloga marina. Primera mujer directora de la Base Antártica Juan Carlos I.



Josefina Castellví. Foto cedida por Delegación CSIC en Cataluña

Josefina Castellví nació en Barcelona el 1 de julio de 1935, y es oceanógrafa, bióloga marina y escritora.

Josefina —Pepita para los amigos y compañeros— tuvo la suerte de tener un padre feminista. Médico de profesión, se empeñó en que sus hijas estudiaran una carrera universitaria, un deseo muy infrecuente en la España de los años 50, en la que las señoritas de buena familia aspiraban a casarse, tener hijos y, si acaso, tocar un poquito el piano y bordar primorosamente. Sin embargo el doctor Castellví no quería que sus hijas tuvieran que depender de un hombre, sino tener una profesión para poder ser independientes.

Y Josefina decidió, desde luego, ser independiente. Nunca eligió casarse, tener hijos, ni tocar el piano, y ni siquiera ser maestra o enfermera —profesiones aceptadas para las mujeres de la época— sino compartir con su padre el entusiasmo por las Ciencias. Estudió Biología en la Universidad de Barcelona y como buena mediterránea se inclinó por lo marino, a pesar de que su intención de especializarse en flora bacteriana marina la llevó muy lejos del mar, a París, a la Sorbona, donde pudo cursar lo que quería ya que en España no existía esa especialidad.

Se licenció en 1960 con Premio Extraordinario y enseguida empezó a trabajar en el Instituto de Ciencias del Mar, que entonces se llamaba Instituto de Investigaciones Pesqueras y del que, años más tarde, llegaría a ser directora.

Cuando regresó a Barcelona decidió continuar con su investigación en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Primero, haciendo experimentos en el laboratorio, ya que por aquel entonces España carecía de buques oceanográficos y batiscafos para explorar racionalmente y de manera directa los mares. Después, a partir de 1971, cuando los científicos dispusieron del primer buque oceanográfico español para sus investigaciones, Josefina Castellví pudo hacer su trabajo desde el mar, donde estaban los objetos de estudio y donde podía analizar cómo se comportaban en medio de las corrientes marinas.

Su pasión por el estudio de bacterias en condiciones de ambientes extremos la llevó a interesarse por el continente antártico y, en 1984, se convirtió en la primera mujer española que participaba en una expedición internacional en tierras heladas. En aquellos años se pensaba que las mujeres no estaban preparadas físicamente para aguantar condiciones tan extremas, aunque ella siempre se encontró muy bien en la Antártida y opina que los lugares no son para hombres ni para mujeres, sino para aquellos que consiguen adaptarse.

Al principio se sintió discriminada porque siempre la dejaban en tierra en el laboratorio cuando salían de expedición para buscar muestras, y no la dejaban ir con los hombres. Consiguió, rogando, que la dejaran ir solo una vez con los científicos, argumentando que necesitaba conocer para su tesis doctoral cómo era el lugar donde se recogían las muestras. Ya no volvió a rogar. En la siguiente expedición, lo preparó todo y se subió al barco sin pedir nunca más permiso al director.

En 1986, cuatro científicos catalanes, Agustí Julià, Joan Rovira, Josefina Castellví y Antoni Ballester consiguieron llegar a la Antártida con el proyecto de plantar su tienda de campaña en la isla Decepción para forzar al Estado español a vincularse al tratado antártico, lo que acabaría sucediendo en 1988, y poner una base. El líder de la expedición, el doctor Antoni Ballester, sufrió un ictus que llevó a Josefina Castellví a coger el relevo y dirigir la pequeña instalación en una época en donde los recursos eran bastante limitados para el programa antártico. Fue así como se convirtió en la primera mujer jefa de una base en la historia de la investigación antártica internacional.

Después de vivir unos años en Madrid, donde se había encargado desde 1989 del Programa Nacional de Investigación Antártica, en 1995 Josefina Castellví regresó a Barcelona para dirigir el Instituto de Ciencias del Mar del CSIC. Durante toda su vida laboral, compaginó su labor investigadora con las conferencias para divulgarla y con la escritura de libros, entre los que destaca el que

lleva por título *Yo he vivido en la Antártida*, publicado en 1996.

En un homenaje del CSIC en 2019, Castellví relató que la primera vez que visitó la base antártica de Chile, tuvo que esperar un buen rato para poder hablar con el director, que estaba reunido. Cuando vio que su encuentro había finalizado y se levantó, el director le dijo: “Siéntese y espere, que tengo que recibir al director de la base Juan Carlos I” y ella respondió: “Es que el director de la base española soy yo”. Para concluir aquel homenaje, el CSIC inauguró una placa con su nombre que preside un aula con vistas al mar, el gran amor de Castellví.

Tras su jubilación volcó su entusiasmo en el encaje de bolillos —su grupo de encajeras se encargó del mantel del altar mayor de la Sagrada Familia—, en la jardinería (en una casa en el Pirineo) y en viajar. Pero las fotos colgadas en la pared de casa y su colección de pingüinos en miniatura muestran su pasión y su gran aventura vital. Por ello y por la nostalgia, Josefina decidió volver a la Antártida cuando el cineasta Albert Solé se cruzó en la vida de esta activa jubilada. El director se entusiasmó con el relato de cómo llegaron a la Antártida y lo convirtió en un documental: *Los recuerdos del hielo*.

Josefina Castellví ha publicado más de setenta trabajos científicos y ha participado en 36 campañas oceanográficas.

En 1994 recibió la Medalla de Oro de la Ciudad de Barcelona y en 2003 recibió la Cruz de San Jorge. En 2007 fue la encargada de realizar el pregón de las Fiestas de la Mercè, con un discurso en el que reivindicó una Barcelona más próxima al mar. Desde 2010 fue la presidenta de la Universidad de Verano de Andorra.

El 8 de octubre de 2013 ganó el premio de Cultura de la Generalidad de Cataluña. Además, el 13 de mayo de 2014 fue nombrada catalana del año. Al recibir este galardón la bióloga recordó que cuando empezó su carrera en los años sesenta, las tareas de las mujeres en los laboratorios eran únicamente “limpiar tubos y hacer facturas, pero nunca ser científicas”.

El 5 de marzo de 2015 recibió la Medalla August Pi i Sunyer de la Facultad de Medicina de la UB, en el marco de la conmemoración del Día Internacional de la Mujer. La investigadora Josefina Castellví fue la primera mujer en recibir esta distinción.



Reunión en 2005 de delegados institucionales del CSIC en Cataluña desde 1984 a 2000. Castellví fue la primera delegada de 1984 a 1988. Foto: Delegación del CSIC en Cataluña

Unión Europea

Objetivo 2050: Contaminación Cero



La Comisión Europea ha adoptado el Plan de acción de la UE: “Hacia una contaminación cero del aire, el agua y el suelo”, con una visión integrada para 2050 donde apuesta por un mundo donde la contaminación del aire se haya reducido hasta niveles que dejen de ser perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas naturales. El Plan enlaza todas las políticas pertinentes de la UE para combatir y prevenir la contaminación, y hace especial hincapié en la forma de usar las soluciones digitales con esos fines. Además, tiene previsto revisar la legislación correspondiente de la UE para detectar las lagunas existentes y localizar situaciones en las que sea preciso aplicar mejor las normas para cumplir las obligaciones legales.

Para conducir a la UE hacia la meta de un planeta sano para personas sanas en 2050, el Plan de acción establece una serie de objetivos clave para 2030 mediante los que se busca una reducción de la contaminación en origen. Así, se fija como objetivo: mejorar la calidad del aire para reducir en un 55 % el número de muertes prematuras causadas por la contaminación atmosférica; mejorar la calidad del agua, reduciendo los residuos, los desechos plásticos en el mar (en un 50 %) y los microplásticos liberados en el medio ambiente (en un 30 %); mejorar la calidad del suelo, reduciendo las pérdidas de nutrientes y el uso de plaguicidas químicos en un 50 %;

reducir en un 25 % los ecosistemas de la UE cuya biodiversidad se ve amenazada por la contaminación atmosférica; disminuir en un 30 % el porcentaje de personas crónicamente afectadas por el ruido del transporte y reducir de manera significativa la generación de residuos y a la mitad la de desechos urbanos residuales.

Para lograrlo, el Plan presenta una serie de iniciativas y acciones emblemáticas como ajustar más las normas de calidad del aire a las últimas recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud; revisar las normas de calidad del agua, incluida la de los ríos y mares de la UE, reducir la contaminación del suelo y potenciar su restauración; revisar prácticamente toda la legislación de la UE en materia de residuos para adaptarla a los principios de la economía limpia y circular; fomentar una contaminación cero procedente de la producción y el consumo; presentar un cuadro de indicadores del rendimiento ecológico de las regiones de la UE para promover la contaminación cero en todas las regiones; acortar las desigualdades sanitarias causadas por el desproporcionado número de efectos nocivos para la salud que recaen actualmente en los más vulnerables; reducir la huella de contaminación exterior de la UE restringiendo la exportación de productos y residuos que acarrear efectos nocivos y tóxicos en terceros países. Además, planea poner en marcha laboratorios vi-



vientes para soluciones digitales ecológicas y una contaminación cero inteligente; así como consolidar los centros de conocimiento sobre contaminación cero de la UE y reunir a las partes interesadas en la Plataforma dedicada a este objetivo y hacer cumplir las normas de contaminación cero de forma más rigurosa con las autoridades medioambientales.

La contaminación es la principal causa medioambiental de múltiples enfermedades mentales y físicas y de muertes prematuras, especialmente entre los niños, las personas con determinados problemas de salud y las personas de edad avanzada. Los habitantes de las zonas más desfavorecidas suelen vivir cerca de lugares contaminados o en lugares con un flujo de tráfico muy denso. Un medio ambiente libre de sustancias tóxicas es, además, un factor crucial para proteger nuestra biodiversidad y nuestros ecosistemas, ya que la

contaminación es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad ya que reduce la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios como la captura de carbono y la descontaminación del aire y el agua.

Según un reciente informe de la AEMA sobre salud y medio ambiente, a pesar de las importantes mejoras conseguidas en las últimas décadas, cada año se atribuyen a la contaminación ambiental en la UE más de 400 000 muertes prematuras (entre ellas las causadas por el cáncer) y 48 000 casos de enfermedad cardíaca isquémica, y al ruido, 6,5 millones de casos de alteraciones del sueño crónicas, que se añaden a otras enfermedades atribuibles a ambos factores.

https://ec.europa.eu/environment/pdf/zero-pollution-action-plan/communication_en.pdf



© CE

La CE hacia el cultivo de carbono

El cultivo de carbono es la denominación de una variedad de métodos agrícolas destinados a secuestrar el carbono atmosférico en el suelo y en las raíces, la madera y las hojas de diferentes cultivos. La agricultura de carbono puede contribuir significativamente a los esfuerzos de la UE para abordar el cambio climático, aportando benefi-

cios en términos no solo de secuestro y almacenamiento de carbono, sino de otros, como una mayor biodiversidad y preservación de ecosistemas. La Comisión Europea ha publicado un completo informe sobre cómo implementarla, ya que tiene previsto lanzar la iniciativa de cultivo de carbono para finales de este 2021. Además, servirá de guía

para ayudar tanto a las autoridades públicas como a los actores privados a poner en marcha un número cada vez mayor de iniciativas.

Las soluciones basadas en la naturaleza que eliminan el carbono de la atmósfera pueden ayudar a la UE a lograr la neutralidad climática y, por lo tanto -señala el informe- deben ser recompensadas. La Comisión promoverá la agricultura de carbono como un nuevo modelo de negocio verde que crea una nueva fuente de ingresos para los actores de la bioeconomía, en función de los beneficios climáticos que brinda. Además, como está anunciado en el Plan de Acción de Economía Circular, desarrollará un marco regulatorio que certifique las eliminaciones de carbono.

El estudio aborda los desafíos, compensaciones y opciones de diseño para desarrollar el cultivo de carbono y revisa los esquemas existentes que recompensan los beneficios relacionados con el clima en cinco áreas prometedoras: restauración y rehumectación de turberas; agroforestería; mantener y mejorar el carbono orgánico del suelo (COS) en suelos minerales; manejo del COS en pastizales; y auditoría de carbono en explotaciones ganaderas. Múltiples cuestiones con las que explora cómo se podría adoptar de forma generalizada la agricultura de carbono en la UE.

https://enrd.ec.europa.eu/news-events/news/study-result-based-carbon-farming-mechanisms_fr

En busca de un marco legal para el reciclaje de materias primas críticas

Placas de circuitos al final de su vida útil, imanes de unidades de discos duros, baterías de vehículos eléctricos..., son algunos de los productos eléctricos y electrónicos que contienen materias primas críticas (CRM), cuyo reciclaje y reutilización resulta crucial para Europa, para asegurar el suministro continuo para la fabricación regional de equipos eléctricos y electrónicos esenciales para la defensa, la generación de energía renovable y otras tecnologías ecológicas. Así lo señala un el nuevo informe “Una contribución al futuro reciclaje de materias primas críticas”, respaldado por la ONU y financiado por la UE, que señala que se necesita un requisito legal obligatorio para reciclar y reutilizar los CRM.

Elaborado por CEWASTE, proyecto financiado por el programa de investigación e innovación de la Unión Europea para desarrollar un esquema de certificación voluntario para el tratamiento de residuos, señala que a día de hoy reciclar la mayoría de los productos ricos en CRM no es comercialmente viable, pues sus precios son bajos y volátiles, algo que socava los esfuerzos para mejorar las tasas de reciclaje europeas, que hoy en día son cercanas a cero en la mayoría de los casos.

El informe identifica brechas en los estándares y propone un esquema de certificación mejorado y probado para recolectar, transportar, procesar y reciclar estos desechos, incluidas herramientas para auditar el cumplimiento. Y reconoce la necesidad de un marco legal y un esquema de certificación de la Unión Europea, junto con amplias medidas financieras, fomentarán las inversiones necesarias para hacer que el reciclaje de materias primas críticas sea más viable comercialmente y que Europa dependa menos de fuentes de suministro externas. Para ello, señala será necesaria la aceptación por parte de la industria de fabricación y reciclaje, ya que los estándares sólo funcionarán cuando haya una adopción generalizada.

Unas recomendaciones que la UE está teniendo en cuenta para lograr ser más autosuficiente, ayudar a impulsar la agenda verde del mundo y crear nuevas oportunidades comerciales dentro de sus fronteras.

<https://cewaste.eu/wp-content/uploads/2021/04/CEWASTE-Final-Public-Raport.pdf>

publicaciones

LOS BOSQUES ESPAÑOLES COMO SOLUCIONES NATURALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y MODELIZACIÓN MANUAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL EFECTO SUMIDERO DE LOS BOSQUES ESPAÑOLES Y SU APLICACIÓN A LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL

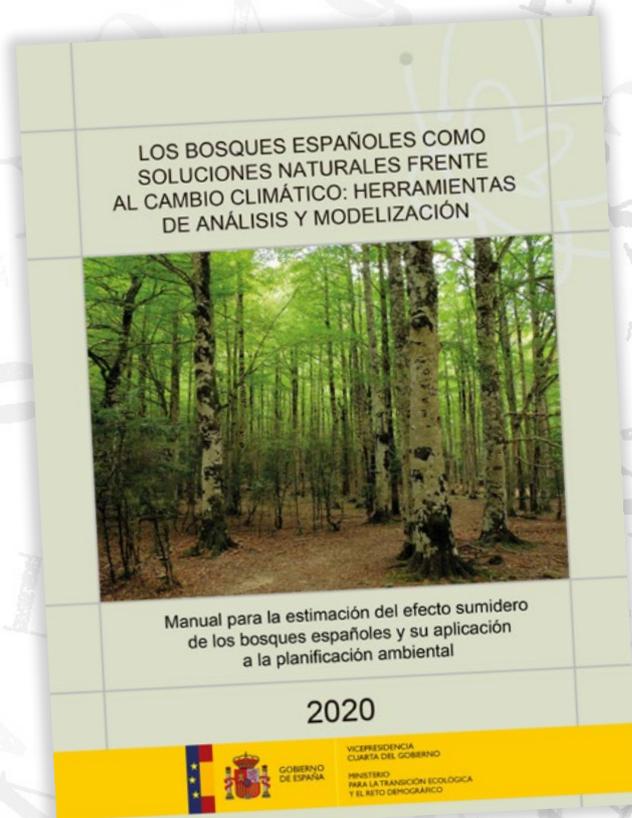
Universidad de Alcalá / Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD)

Edita: MITERD / 2020

Se estima que a nivel global la cantidad de carbono presente en la biomasa viva de la vegetación es de entre 450 y 650 gigatoneladas. Pero aparte del carbono retenido en la vegetación, los suelos de los bosques son capaces de almacenar entre 1500 y 2400 Gt, según datos del Quinto Informe de Evaluación del IPCC. El papel de los bosques frente al cambio climático resulta clave. La Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) señala que realizan cuatro acciones fundamentales: capturar (incrementar la captura de CO₂ atmosférico); prevenir la pérdida de carbono que ya está presente en la vegetación y los suelos; proteger (mantener la integridad del ecosistema, regular el clima, reducir los riesgos e impactos de eventos climáticos extremos como tormentas y sequías), y abastecer (mantener los servicios ecosistémicos fundamentales que ayudan al bienestar humano).

El protocolo de Kioto (1997) fue un punto de partida clave para el reconocimiento de los servicios de regulación climática de los bosques, pero el Acuerdo de París (2015) ha consolidado el concepto de soluciones basadas en la naturaleza que integran objetivos de sostenibilidad más allá de la mitigación. A ellos se unen diversos convenios vinculantes tanto a nivel mundial como europeo que reconocen el papel de la biodiversidad para el bienestar humano. Por ello, en este libro se aborda la importancia de los bosques españoles como soluciones naturales al cambio climático a partir de una aproximación integrada de modelización y observaciones de campo que permite hacer seguimiento y valoración del capital natural de nuestros bosques, mediante la cuantificación del carbono almacenado y el secuestro de carbono a diferentes escalas.

Conscientes de las particularidades de los bosques españoles, debido principalmente a su diversidad y heterogeneidad en el contexto europeo, se hace necesario documentar y cuantificar su capital natural. Como se señala



en este libro, en nuestros bosques se conjuga la existencia de una no desdeñable provisión de servicios de aprovisionamiento (p. ej. madera, corcho, resina etc.) con otros servicios que son esenciales para la estabilidad de nuestro territorio y comprenden servicios de regulación y culturales de gran importancia socioeconómica (p. ej. estabilidad frente a la desertificación, sumideros de carbono, regulación hidrológica, turismo de biodiversidad, etc.).

Con esta publicación se pretende dotar a los gestores que diseñan políticas forestales de herramientas para cuantificar el capital natural de los bosques españoles en un con-

texto paneuropeo. Sus autores señalan que una cuantificación robusta es esencial para vincular acciones concretas y financiación para apoyar las políticas forestales según esquemas de priorización que pueden ser muy diferentes a los de la agricultura y con una casuística propia en regiones mediterráneas.

Aunque la cuantificación del papel de los bosques como sumideros de carbono depende de la productividad forestal, el libro señala que hay una serie de características estructurales y funcionales sobre las que se articulan estos servicios clave.

Los autores insisten en la necesidad de reflexionar sobre el papel clave que tiene desde un punto de vista científico y aplicado poder disponer de información de acceso abierto, detallada y sostenida a lo largo del tiempo como el Inventario Forestal Nacional y otras bases ambientales, además de conocer adecuadamente el estado y la evolución de nuestros ecosistemas, así como la necesidad de anticiparnos y promover medidas de adaptación adecuadas ante las presiones a las que están sometidos bajo el cambio global. ❁

GUÍA DE ECONOMÍA CIRCULAR: DE LA ESTRATEGIA A LA ACCIÓN CÓMO INTEGRAR LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LAS PYMES

Edita: *Women Action Sustainability (WAS)*. Abril 2020. Publicación *online*.

El camino hacia un modelo económico más eficiente, sostenible y responsable, pasa por integrar la economía circular tanto en empresas como administraciones públicas. Una asignatura pendiente para muchas pymes españolas, ya que los últimos informes revelan que el 54% de ellas desconoce qué es la economía circular. Por ello, *Women Action Sustainability (WAS)*, asociación de mujeres directivas que impulsa el compromiso de las empresas, instituciones, entidades y la sociedad con la sostenibilidad, ha lanzado la “Guía de Economía Circular: de la estrategia a la acción”.

Esta publicación *online* recoge las claves para integrar la economía circular en el núcleo de las empresas. Para ello establece ocho pasos para pasar de la estrategia a la acción en cualquier compañía. El primero identifica qué es la economía circular y cuál es su alcance dentro de la empresa; el segundo identifica y mide materiales y recursos empleados en el ciclo de vida de los productos que se utilizan en las empresas. Un tercer paso define las prioridades en las que se ha de actuar, y para comprender e identificar los tipos de modelos de negocios circulares se propone usar “The Value Hill”, una herramienta que proporciona a las empresas la comprensión de cómo posicionar sus negocios en un contexto circular. El cuarto se centra en definir el marco y herramientas de medición de circularidad, el quinto establece los indicadores de circularidad y su vinculación con las metas de los ODS. El sexto señala cómo lanzar proyectos y líneas de negocio circulares y fijarlos a la estrategia empresarial con alianzas y fi-

nanciación. El séptimo, ayuda a las empresas a comunicar sus acciones a los grupos de intereses y el octavo se centra en cómo anclar ese cambio para conseguir a largo plazo una estrategia empresarial circular.



WAS contempla la publicación de una segunda parte, con estrategias concretas de acción para ayudar a las pymes españolas a poder implementar un modelo de desarrollo y crecimiento que permita optimizar la utilización de los recursos, materias, productos y servicios disponibles, manteniendo su valor en el conjunto de la economía durante el mayor tiempo posible, y en el que se reduzca al mínimo la generación de residuos. Un enfoque que debe sentar las bases para hacer posible una transición justa y solidaria hacia

un nuevo modelo que promueva la protección del medio ambiente y la transformación del sistema productivo y, al mismo tiempo, el progreso, el bienestar social y la igualdad de género.

La guía es un trabajo del Comité Técnico de Economía Circular de WAS, formado por 14 mujeres profesionales de diversos campos, que comparten una vocación transformadora y una reconocida trayectoria en el desarrollo de estrategias, publicaciones e iniciativas de economía cir-

cular. Para su elaboración han contado con la Asistencia Técnica de Daniel Serón, Socio Fundador de la consultora Suno Sostenibilidad. A través de esta publicación, WAS pretende inspirar y ayudar a las pymes españolas a redirigir su modelo de producción y consumo hacia uno mucho más eficiente y sostenible, en línea con los objetivos del Pacto Verde Europeo de la Comisión Europea y la estrategia “España Circular 2030”. ✿

ESTRELLAS CONTRA EL DESPERDICIO

Edita: AECOC. Abril 2021.

Un tercio de los alimentos que se producen en el mundo acaban en la basura, unas 1700 toneladas al año. Frente a ello, unos 800 millones de personas están subalimentadas. Un grave problema para el que la Asociación de Empresas del Gran Consumo (AECOC) quiere poner su grano de arena con la publicación de “Estrellas contra el desperdicio”, el primer libro de recetas de aprovechamiento a cargo de chefs con estrella Michelin. En sus páginas encontraremos una treintena de recetas elaboradas y decididas de manera desinteresada por los principales chefs de nuestra gastronomía como Ferran Adrià, Arzak o José Andrés. Pero, además, todos los beneficios de su venta se destinarán a la Federación Española de Banco de Alimentos (FESBAL) para la compra de alimentos, para que miles de familias en riesgo de exclusión puedan tener acceso a una dieta alimenticia completa.

Desde 2012 AECOC coordina la iniciativa “La alimentación no tiene desperdicio”, que en la actualidad aglutina a más de 650 empresas fabricantes y distribuidoras para evitar la generación de residuos alimentarios en el sector. Entre sus líneas de actuación, organiza cada año el Punto de Encuentro contra el Desperdicio Alimentario para compartir las buenas prácticas e iniciativas que están llevando a cabo por las empresas y coordina la constitución de una Red de Ayuntamientos contra el Desperdicio Alimentario para impulsar proyectos que impliquen a las empresas locales y a la ciudadanía en esta lucha.

El libro, apadrinado por Vicente del Bosque, puede adquirirse en la web de AECOC (www.aecoc.es), en Amazon y en las principales librerías online. Toda una invitación a reflexionar sobre el valor de los alimentos y una llamada solidaria para colaborar con los bancos de alimentos. ✿





CONSTRUYE TU FUTURO

Aplica la

— ECO —

LÓGICA

NO SOLO ES LÓGICO,
ES ECOLÓGICO



Genera y consume
tu propia energía



Muévete de
forma eficiente



Mejora la eficiencia
energética de tu hogar

apicalaecologica.es
#APICALAECOLÓGICA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



IDAE
Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

Una manera
de hacer Europa



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

PARA UNA RECUPERACIÓN VERDE



PROGRAMA EMPLEAVERDE

La Fundación Biodiversidad publica anualmente convocatorias de subvenciones para apoyar proyectos de formación y asesoramiento dirigidos a personas:

Desempleadas · Trabajadoras · Emprendedoras

Una oportunidad para crear empleo y contribuir a una recuperación verde

 empleaverde.es

CONVOCATORIA EMPLEA

(Abierta)

Apoyo a la contratación de personas desempleadas

Ayudas de hasta 3.440 € por contrato

Plazo de solicitud: del 20 de febrero al 30 de septiembre de 2021

 contratacion.empleaverde.es