

PARADIGMA



ANIVERSARIO
2005-2025

Revista Universitaria de Cultura

Número 27
Junio 2025

Índice

03 • Editorial

04 • Interrogando las formas de conocer en las transiciones ecológicas • *Violeta Cabello Villarejo*

14 • Arte • *Shoshanah Dubiner*

18 • Una segunda vida para los minerales fundamentales • *Carmen María Ávila Rodríguez*

33 • Arte • *Cristina Romero Fernández*

36 • El deber de reparar • *Raul Montañez*

48 • Arte • *Andrea Cortés Alonso*

52 • En el nuevo paradigma de la transición energética • *José Damián Ruiz Sinoga*

62 • Arte • *Antonio Heredia Bayona*

66 • Trayectoria del Antropoceno • *Manuel Arias Maldonado*

76 • Arte • *Pilar Orellana Rico*

80 • Rewilding, ¿desextinguendo especies, o debates filosóficos? • *Cristian Moyano Fernández*

92 • Arte • *Rocío Davó*

96 • La agricultura en un nuevo mundo • *José Ignacio Cubero*

114 • Arte • *Jorge Montalbán Blanco*

122 • El silfio de Cirene: un caso de crisis ecológica en la Antigüedad • *Irene González Hernando*

134 • Arte • *Eduardo Julio Lavrador Jiménez*

144 • A University's Journey Toward Education For Sustainable Development Across All Disciplines • *Markus Riederer*

156 • Arte • *Cristina Peláez Navarrete*

160 • Ganadería ligada al territorio, cambio climático y circularidad • *Agustín del Prado y Pablo Manzano*

172 • Ciudades sostenibles • *José María Zúñiga*

176 • Poesía • *Francisco Ruiz Noguera, Leticia Bravo Banderas, Vicente Ortiz Sánchez*

188 • Carro de Heno • *María Sánchez González*

Editores

Clelia Martínez Maza

Antonio Heredia Bayona

Yolanda García Calvente

Antonio Diéguez Lucena

Eva Domínguez Carmona

DL: MA-1343-2005

ISSN: 1885-7604

Correo electrónico

revistaparadigma@uma.es

Diseño y Maquetación

Moliz Estudio

Lidia Pinta



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

El equipo editorial de Paradigma quiere agradecer el esfuerzo realizado por todas aquellas personas que hacen posible esta publicación, en especial a los colaboradores, sin cuyas aportaciones este proyecto no podría tener continuidad. Los miembros del consejo editorial de Paradigma no se hacen responsables de las opiniones vertidas por los autores de los artículos, poemas, u otras formas de expresión incluidas en este número.

Editorial

Junio 2025

Segunda Época

Paradigma #27

3

Con motivo del vigésimo aniversario de Paradigma, el comité editorial de la revista decidió proponer como hilo argumental palabras clave como resiliencia, cambio climático, economía circular y transición energética. A pesar de las limitaciones de espacio, se ha intentado recopilar un conjunto de colaboraciones de muy diversa índole que abordan directa o implícitamente dichos conceptos. El resultado es un volumen heterogéneo que recoge reflexiones y trabajos que visitan áreas de estudio e investigación en la transición energética, la ecología, el futuro de la agricultura, el clima, el denominado *rewilding* y la era del Antropoceno. También tiene cabida la deseada y emergente conexión entre una formación transversal y la sostenibilidad, y, como suele ser habitual, Paradigma incluye asimismo, su apartado de poesía, su clásica sección del Carro de Heno y una nutrida sección de arte diseminada a lo largo del volumen entre los distintos artículos, que se ha hecho eco asimismo de la esencia temática de este número. —

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto «El derecho financiero y tributario ante el reto demográfico: envejecimiento, despoblación y población flotante» (PID2022-139078OB-I00), de la convocatoria 2022 de Proyectos de I+D+I (Generación de Conocimiento y Retos Investigación) de la Agencia Estatal de Investigación, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE, cuya investigadora principal es la profesora Yolanda García Calvente.

Interrogando las formas de conocer en las transiciones ecológicas

Violeta Cabello Villarejo

Basque Center for Climate Change

*Importa qué pensamientos piensan pensamientos.
Importa qué conocimientos conocen conocimientos.
Importa qué relaciones relacionan relaciones.
Importa qué mundos mundializan mundos.
Importa qué historias cuentan historias.*
Donna Haraway, 2019¹

ALLÁ POR EL VERANO DE 2007 RECOGÍA MI TÍTULO DE LICENCIADA EN Ciencias Ambientales en la Universidad de Málaga. Tercera promoción de una nueva y supuestamente prometedor formación que abriría huecos en un mercado profesional girando hacia «lo ambiental». Recuerdo con alegría aquellos años de estudiante aprendiendo multitud de materias sin aparente conexión entre ellas pero que poco a poco fueron conformando aquello que llamaban una visión amplia y holística de los problemas ambientales. Mi generación fue además muy activa, creamos la asociación Malaka Ambiental, integrada en la Federación Andaluza de Ciencias Ambientales, y nos preocupamos por mejorar nuestra formación con actividades extra-curriculares, congresos autoorganizados con poquísimo presupuesto o contribuyendo a redefinir los planes de estudio en la manera que creíamos más efectiva para conducirnos hacia ese mercado laboral aún incierto. Nuestros profesores se mostraron por lo general entusiastas y nos acompañaron en más de una aventura por los Montes de Málaga o la Sierra Tejeda de manera altruista en sus fines de semana, apoyando el espíritu apasionado de aquellos jóvenes por formarse bien y contribuir a un cambio en el mundo.

4

El final de la carrera fue sin embargo menos dulce. Terminé con un desasosiego que podría catalogarse como lo que ahora llaman «eco-ansiedad»²: una elevada preocupación derivada del conocimiento de la gravedad de problemas como el cambio climático o la pérdida de biodiversidad, unida a un sentimiento de pequeñez e insignificancia en cuanto a mi capacidad de acción y, como añadido propio de esa edad, a otro de desorientación general sobre qué hacer con mi vida. Poco antes de acabar, uno de mis profesores me regaló el libro «La Trama de la Vida», de Fritjof Capra, una introducción a la teoría de los sistemas complejos cuya lectura no sólo me inspiró sino que me abrió un interrogante: ¿Por qué no he aprendido esto en la carrera?

Dieciocho años más tarde pienso que esa inquietud por seguir profundizando la mirada holística para comprender mejor la complejidad creciente de los problemas ambientales, así como para intervenir en ellos apoyando las numerosas dimensiones de la transición ecológica, ha guiado mis pasos desde entonces. Quizás es una especie de sino derivado de ser las Ciencias Ambientales un campo en sí mismo multidisciplinar aún poco consolidado en nuestro país, poco integrado con el sistema estatal de investigación y educación universitaria (la mayoría de los que cogimos esta trayectoria lo hicimos en departamentos de otras disciplinas) y con un mercado profesional que se resistió en gran medida a nuestra entrada.

Mi búsqueda me llevó primero a cursar un máster en ecología aplicada y después otro en hidrología. Al acabar me di cuenta de que tenía un hueco de conocimiento enorme en todo lo que se refería a «lo social», muy infrarrepresentado en la carrera y tan, pero tan, relevante en «lo ambiental», que por definición es la integración de las sociedades con sus entornos. Fue así que decidí hacer un doctorado en Geografía Humana combinándolo con Economía Ecológica y, ahora sí, teoría de la complejidad aplicada a los llamados sistemas socioecológicos. Al tomar esta dirección sentí que estaba en la pista correcta para ir dando respuesta a mis inquietudes, que poco a poco me han ido acercando a campos tan diversos como la sociología, las ciencias políticas, los estudios (sobre todo los feministas) de la ciencia y la tecnología o las humanidades ambientales. Sirva este artículo como alegato por una Ciencia Ambiental más Socio-Ecológica e interdisciplinar, propongo un recorrido por lo que a mi modo de ver son tres paradigmas emergentes que nos permiten interrogar las formas de conocer en los procesos de transición ecológica en los que andamos inmersos.

Las ciencias de la sostenibilidad y los sistemas socioecológicos

5 Las ciencias de la sostenibilidad son un campo de estudio interdisciplinar que emerge a mediados de los años 90 y principios de los 2000 gracias a la influencia de la teoría de la complejidad en la ecología. Su objeto de estudio es la coevolución de las sociedades con sus entornos, constituyendo un único sistema adaptativo o socioecosistema³. Tiene un «enfoque basado en problemas», es decir, las preguntas de investigación están orientadas a comprender problemas que afectan a socioecosistemas concretos, que a su vez están abiertos y conectados a otros socioecosistemas a través de diferentes relaciones como la migración de personas o la producción y consumo de bienes y servicios. Pero no solo eso, este campo nace con la vocación de promover transiciones ecológicas, de cambiar los patrones de relación socioecológica para evitar la pérdida de especies, adaptarnos al cambio climático y tratar de mitigarlo. Este deseo de cambio añade una dimensión normativa a la actividad investigadora, la preña de valores de manera explícita, lo cual no suele percibirse tan claramente en otros campos, ya sea de ciencia básica o aplicada.

Una de las premisas centrales en el estudio de los socioecosistemas es que la separación entre sistemas sociales y naturales es artificial y arbitraria³, puesto que las sociedades y sus entornos son siempre co-constitutivos, es decir, evolucionan conjuntamente a través de relaciones de influencia mutua. Desde esta perspectiva, los retos ambientales surgen de la confluencia y la interacción entre múltiples procesos económicos, políticos,

culturales, tecnológicos, biológicos y también abióticos (como los flujos de nutrientes), que se entrelazan a diferentes escalas. Son estos entrelazamientos los que constituyen la complejidad de los problemas ambientales, pues cambios en procesos por ejemplo de acidificación de los océanos influyen muchos otros procesos biológicos, geológicos, socioeconómicos etc. de maneras impredecibles. Por ello, no tenemos la capacidad de predecir de manera exacta o completa los resultados de determinadas intervenciones, por ejemplo la construcción de una nueva presa o la reforestación de un monte. De ahí que otro axioma fundamental en este ámbito de estudio es que la incertidumbre es algo inherente a los socioecosistemas y debemos aprender a analizarla y a convivir en ella.

Quizás estas ideas parezcan obvias a algunas de las lectoras de Paradigma, pero desde luego no son mayoritarias entre los cuerpos profesionales de la gestión ambiental, ni tampoco en la sociedad. Hoy día existen diferentes corrientes que critican la idea misma de sostenibilidad, desde las que la consideran un *buzzword* vacío de significado hasta otras más «reaccionarias» que la desestiman como un valor importante para asegurar el futuro de nuestras sociedades. A la vez, se va consolidando este campo de estudio en el ámbito internacional, de manera fragmentaria al no estar sostenido por una única disciplina y sistema curricular, pero contando ya con más de 13000 artículos publicados sobre el concepto de socioecosistemas en revistas importantes como «Sustainability Science», «Ecology & Society» o «Ecosystems & People». Estos trabajos han ido asentando un enfoque interdisciplinar basado en un alto grado de pluralismo metodológico en constante evolución ⁴.

La transdisciplinariedad entre múltiples formas de conocer

El segundo paradigma emergente que quiero destacar está muy ligado al primero, especialmente a su dimensión normativa y de incertidumbre. Partiendo de la necesidad de acelerar las transformaciones necesarias para a su vez desacelerar el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, entre otros problemas ambientales planetarios, se han abierto intensos debates en torno a qué conocimientos son necesarios para promover transiciones ecológicas y, de manera crucial, en torno a cómo hay que producirlos ⁵. Por un lado, se considera que el conocimiento científico en ámbitos como energía, biología, geografía, geología o sostenibilidad es fundamental para pensar las transiciones, pero que necesita un mayor peso de las ciencias sociales (a fin de cuentas son las sociedades las que tienen que transitar), mayor rigor interdisciplinar y mayor relevancia para las políticas públicas. Por otro lado, se reconoce que el conocimiento académico por sí solo es insuficiente, cuando no representante de un legado colonial que privilegia el punto de vista de una minoría de hombres blancos europeos que forjaron las bases de lo que hoy se considera Ciencia. Por ello, se enfatiza la necesidad de reconocer y aprender a incluir otros saberes o «formas de conocer el mundo, especialmente las que provienen de cosmovisiones indígenas o del conocimiento local de los territorios. La idea de formas de conocer (en inglés *ways of knowing*) se refiere a «las lentes interpretativas a través de las cuales comprendemos el mundo y respondemos a problemas concretos,

**«Una de las premisas
centrales en el estudio de
los socioecosistemas es
que la separación entre
sistemas sociales y naturales
es artificial y arbitraria,
puesto que las sociedades
y sus entornos son siempre
co-constitutivos, es decir,
evolucionan conjuntamente
a través de relaciones de
influencia mutua».**

conectado lo que sabemos con lo que hacemos»⁶, que van más allá de las fronteras de lo estrictamente académico.

Al amparo de estas discusiones ha surgido una variedad de corrientes que practican lo que a grandes rasgos podríamos denominar ciencia participativa: transdisciplinariedad, co-producción de conocimiento, ciencia-posnormal, ciencia ciudadana o investigación acción participativa. Si bien hay matices entre ellas derivados de los contextos geográficos, culturales y epistemológicos de los que surgen, la mayoría comparten un posicionamiento ético que cuestiona la jerarquía entre distintas formas de conocer y unos principios para este tipo de investigación: situada, inclusiva, colaborativa, sensible a las asimetrías de poder y reflexiva⁷. Lo que se busca es abrir espacios de construcción colectiva de conocimiento, involucrando a los actores y comunidades afectadas, y que afectan, en el problema en cuestión para analizarlo juntos, reformularlo si hiciera falta y diseñar estrategias de actuación. Esto puede sonar bien de primeras, pero no es fácil ponerlo en práctica en formas que sean significativas, que aporten algo, a las personas participantes y no sólo a las investigadoras. Además, cuanto más diversas las formas de conocer, más difícil acogerlas de una manera respetuosa que no busque simplemente integrarlas en el Conocimiento, sino trenzarlas respetando su integridad⁸.

Un aspecto central en estas aproximaciones es que el rol tradicional de la persona investigadora como «guardián del Conocimiento» cambia, pasando a desempeñar diferentes papeles como facilitar espacios de diálogo, explorar formas de combinar conocimientos diversos de manera justa, o impulsar acciones y cambios a partir del conocimiento generado, yendo más allá de la comunicación científica⁹. Todo esto supone profundos retos para los que nadie nos ha preparado. Requiere repensarse como parte de aquello que se estudia, difuminando la clásica dicotomía entre sujeto investigador y objeto investigado, e interrogar desde ahí cada paso del proceso de investigación para tratar de comprender nuestra parte en él. Requiere también interrogar nuestras asunciones como sujetos investigadores occidentales (en mi caso) y los lugares desde los que juzgamos qué es y qué no «buen»-conocimiento. Bajo mi punto de vista, esta exigencia autoreflexiva junto a la vocación democrática y decolonial de las prácticas transdisciplinares son las que constituyen una auténtica revolución científica.

8

Los posthumanismos y el giro relacional

El último paradigma que me gustaría resaltar no está directamente vinculado a los anteriores si bien está influyendo en ellos de manera decisiva. Se trata de los que se denominan posthumanismos, paraguas bajo el que agrupo (de manera un tanto osada pues quizás no todas se reconocerían bajo esta etiqueta), a pensadoras tan influyentes como Donna Haraway, Anna Tsing, Rosi Braidotti, María Puig de la Bellacasa, Marisol de la Cadena, Karen Barad o Bruno Latour. Si bien es imposible resumir los múltiples aportes de estas autoras en tres párrafos, puedo destacar que una idea transversal a los posthumanismos es el cuestionamiento de la excepcionalidad de lo que se considera «humano» y la extensión de la definición de sujeto hacia concepciones relacionales. Se parte de la idea de que los seres vivos (especialmente los humanos pero no solo) no son entidades aisladas y con capacidad de autosuficiencia, sino que nacemos y nos constituimos como

sujetos en relación con nuestros entornos y con otros seres. Al ensamblar a los seres humanos en amplias redes de interdependencia «más-que-humana», los posthumanismos aportan unas lentes nuevas para transformar las categorías con las que pensamos los problemas ambientales.

Por poner un ejemplo, en un trabajo reciente Anna Tsing, Jennifer Deger, Alder Keleman y Feifei Zhou ¹⁰, han propuesto el concepto de «feralidad» para describir el estado de los seres no humanos en interacción con proyectos humanos como las infraestructuras, que cambia a raíz de esos proyectos de maneras que no estaban previstas. Esta categoría se sitúa entre la dicotomía doméstico-salvaje y reta la idea de «impacto ambiental» (tan estudiada en Ciencias Ambientales), pues los seres humanos no somos meras presiones sobre algo que hay ahí fuera, sino que nuestras acciones están imbricadas en el comportamiento de otros seres (vivos y no vivos) fuera de nuestra capacidad de control, con consecuencias imprevisibles, en muchos casos indeseables, que a su vez nos afectan y nos obligan a replantear nuestras políticas. Un ejemplo son las especies invasoras que se convierten en tal como consecuencia de nuestros desplazamientos y a su vez han generado todo un aparato legislativo y de actuación para contener su expansión. Otro, quizás menos evidente, es el propio CO₂ que llega y se acumula en la atmósfera tras la quema de combustibles fósiles generando efectos globales para los que no fue diseñado y que no se pueden ya ignorar.

Esta mirada centrada en las interdependencias entre seres y cosas reta también la propia noción de sistema, la cual implica cierta coordinación e integración entre partes o componentes más o menos homogéneos que no se suele dar más allá de las fronteras del organismo. En un artículo reciente con María Mancilla, reflexionamos sobre el concepto de ensamblajes o agenciamientos ¹¹ como una alternativa a la noción de socioecosistemas que permite poner el foco en la heterogeneidad de las entidades que se ensamblan (ideas, normas, conceptos, organizaciones, bichos, partículas, etc.) y en la desigualdad y discontinuidad de sus interacciones.

9 Desde mi punto de vista, este paradigma aporta un potente cuerpo teórico que le faltaba a las ciencias de la sostenibilidad, capaz de sustentar el rigor interdisciplinar necesario para un nuevo sistema de conocimientos. Las discusiones en este ámbito se están dando en torno a lo que se ha llamado «giro relacional» ¹², que viene a defender la necesidad de superar concepciones que mantienen lo social y lo natural como entidades distintas que interactúan para enfatizar la idea de procesos y relaciones que son siempre híbridas, siempre socioecológicas (o naturoculturales, más usada en los posthumanismos), siempre ensambladas.

«En un país donde el cambio climático es ya una realidad con graves afecciones nos jugamos mucho, necesitamos un sistema de conocimientos ambicioso que haga avanzar las políticas de transición ecológica, especialmente en sus dimensiones de justicia e inclusión».

A modo de cierre

Termino este breve y necesariamente incompleto recorrido por algunos enfoques emergentes que tratan de innovar y transformar las formas de conocer en las transiciones socioecológicas retomando mi alegato inicial por un reenfoque de las Ciencias Ambientales en España a favor de la corriente internacional. No deja de ser llamativo que la interdisciplinariedad siga penalizando en los sistemas de evaluación de ciencia estatales o que no haya apenas programas de formación de alumnado en capacidades transdisciplinares (cabría destacar la excepción que constituye el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la Universitat Autònoma de Barcelona, con su Máster Universitario en Estudios Interdisciplinarios en Sostenibilidad Ambiental, Económica y Social). Además, muchos investigadores socioambientales en nuestro país describen problemas de falta de apoyo y minusvaloración¹³.

Las Ciencias Ambientales perdieron, quizás nunca tuvieron, la oportunidad de convertirse en ese marco formativo verdaderamente transversal. Esto no quiere decir que no puedan aún apostar por ello. En un país donde el cambio climático es ya una realidad con graves afecciones nos jugamos mucho, necesitamos un sistema de conocimientos ambicioso que haga avanzar las políticas de transición ecológica, especialmente en sus dimensiones de justicia e inclusión¹⁴. Pues, parafraseando el viejo lema feminista, la transición será justa o no será. —

Referencias bibliográficas

1. Haraway, D. Seguir con el problema: generar parentesco en el Chthuluceno. (consonni, Bilbao, 2019).
2. Jiménez, I., Garcés-Prieto, J. & Martín-Sosa, S. Mental Health and Climate Change. The Birth of Eco-Anxiety in the Spanish-Language Press. *Tripodos* 13–33 (2022) [doi:10.51698/tripodos.2022.52p13-33](https://doi.org/10.51698/tripodos.2022.52p13-33).
3. Berkes, F. & Folke, C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. 1–26 (Cambridge University Press, Cambridge, 1998).
4. *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*. (Taylor & Francis, 2021) [doi:10.4324/9781003021339](https://doi.org/10.4324/9781003021339).
5. Fazey, I. et al. Transforming knowledge systems for life on Earth: Visions of future systems and how to get there. *Energy Res. Soc. Sci.* 70, 101724 (2020).
6. Brugnach, M. The Space in Between: Where Multiple Ways of Knowing in Water Management Meet. *J. Southwest* 59, 34–59 (2017).
7. Norström, A. V. et al. Principles for knowledge co-production in sustainability research. *Nat. Sustain.* 1–9 (2020) [doi:10.1038/s41893-019-0448-2](https://doi.org/10.1038/s41893-019-0448-2).

8. Tengö, M. et al. Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond—lessons learned for sustainability. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 26–27, 17–25 (2017).
9. Hilger, A., Rose, M. & Keil, A. Beyond practitioner and researcher: 15 roles adopted by actors in transdisciplinary and transformative research processes. *Sustain. Sci.* (2021) [doi:10.1007/s11625-021-01028-4](https://doi.org/10.1007/s11625-021-01028-4).
10. Tsing, A. L., Deger, J., Saxena, A. K. & Zhou, F. *Field Guide to the Patchy Anthropocene: The New Nature.* (Stanford University Press, Stanford (Calif.), 2024).
11. Mancilla García, M., Cabello Villarejo V. Tres fabulaciones para el Mar Menor: Una perspectiva relacional y procesual sobre los conflictos hídricos para generar transiciones responsables. *Pensamiento al margen. Revista Digital de Ideas Políticas* 20, 106 - 121 (2024) ISSN: 2386-6098. www.pensamientoalmargen.com.
12. West, S., Haider, L. J., Stålhammar, S. & Woroniecki, S. A relational turn for sustainability science? Relational thinking, leverage points and transformations. *Ecosyst. People* 16, 304–325 (2020).
13. Varjú, V., Tagai, G., Cabello, V., Sorman, A.H., Robison, R., Foulds, C., Bálint, D., Galende Sánchez, E., Zindulková, K., Pálné Kovács, I., et al. 2023. Supporting the Social Sciences & Humanities across Southern & Central-Eastern Europe: A Position Statement for international climate, energy and mobility research. Cambridge: SSH CENTRE.
14. **Strengthening European Climate Policy: Governance Recommendations from Innovative Interdisciplinary Collaborations.** (Springer Nature Switzerland, Cham, 2024) [doi:10.1007/978-3-031-72055-0](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72055-0).

Shoshanah Dubiner

Endosymbiosis

Shoshanah Dubiner

Endosymbiosis

16

Homage to Lynn Margulis, 2012 (detalle). Versión animada por David Domingo para la exposición *Ciencia fricción. Vida entre especies compañeras*, Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona – CCCB, 2021.



Una segunda vida para los minerales fundamentales

Carmen María Ávila Rodríguez

Universidad de Málaga

*En la circunferencia de un círculo, el principio y el fin son lo mismo.
Heráclito de Éfeso 500 a.C.*

¿Por qué un mayor consumo de materias primas minerales?

ESTAMOS EXPERIMENTANDO UN AUTÉNTICO PROCESO DE TRANSFORMACIÓN de la economía. En 2019, la Comisión Europea publicó el Pacto Verde Europeo, que tiene por objeto lograr una economía sostenible de la Unión Europea (en adelante UE). Éste es el núcleo de la política medioambiental, climática y también industrial de la Unión, y establece el objetivo de la neutralidad climática para 2050 de la contaminación cero y de elevar los objetivos de reducción de CO₂ hasta el 55 % para 2030. Este horizonte de descarbonización económica conlleva un cambio de paradigma en todos los sectores, en todas las actividades económicas, también en las relacionadas con la extracción y transformación de los recursos minerales disponibles en el planeta, no sólo para garantizar la sostenibilidad social, medioambiental y económica, sino también para alcanzar un nivel suficiente de autonomía estratégica que nos haga independientes de terceros proveedores.

El logro de los objetivos del Pacto Verde Europeo pasa por el acceso a materias primas minerales sostenibles que se presentan necesarias para las tecnologías limpias y las aplicaciones digitales, espaciales y de defensa. En el nuevo modelo industrial para una economía descarbonizada y digitalizada se requieren materias primas y procesos de producción neutros en carbono. Por ello, la industria de las materias primas minerales juega un papel clave como proveedora de materias primas tanto primarias como secundarias en los principales sectores y actividades para la sociedad como son la metalurgia y siderurgia; la movilidad y la automoción; la electrónica; la química, la farmacéutica y de la salud; el suministro de energía; la fabricación de papel; materiales para la construcción, la agricultura y ganadería; la alimentación en algunos de sus procesos; el textil y, además, la protección del medio ambiente. El Comité Económico y Social Europeo¹ estima que el 70% de la industria europea depende directa o indirectamente de

18

1 7 Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «La minería no energética en Europa» (2009/C 27/19), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52008IE1206&from=EN#ntr5-C_2009027ES.01008201-E0005

las actividades de la industria de materias primas minerales. Según datos de Eurostat, en 2020, cada ciudadano europeo consumió el equivalente a 13,5 toneladas per cápita de materias primas, de las cuales algo más de 0,7 toneladas correspondieron a metales². En este contexto, la OCDE prevé que, pese a una mayor eficiencia en el uso de los recursos, incluyendo la economía circular, el uso de materias primas minerales se duplicará en 2060 (+110%). En el caso de los metales, las previsiones apuntan a un incremento del +150%, pasando de 8.000 a 20.000 millones de toneladas en 2060³.

Tanto en términos cualitativos como cuantitativos, el consumo de materias primas de un sistema basado en energías limpias difiere profundamente de uno impulsado por combustibles fósiles. Las plantas solares fotovoltaicas, los parques eólicos y los vehículos eléctricos, generalmente, requieren más materias primas que las tecnologías equivalentes basadas en combustibles fósiles. Un automóvil eléctrico típico necesita seis veces más recursos minerales que un automóvil convencional y una planta eólica terrestre requiere nueve veces más recursos minerales que una planta de gas. Desde 2010, la cantidad promedio de minerales necesarios por unidad de generación de energía ha aumentado en un 50% a medida que ha aumentado la participación de las energías renovables.

Los tipos de recursos minerales utilizados varían según la tecnología. El litio, níquel, cobalto, manganeso y grafito son cruciales para el rendimiento, la longevidad y la densidad energética de las baterías. Las tierras raras son esenciales para los imanes permanentes empleados en turbinas eólicas y motores de vehículos eléctricos. Las redes eléctricas necesitan una gran cantidad de cobre y aluminio, siendo el cobre la piedra angular de todas las tecnologías relacionadas con el suministro de energía eléctrica.

En escenarios impulsados por el cumplimiento de los Acuerdos de París, la demanda de minerales para su uso en vehículos eléctricos y almacenamiento de baterías se estima que se multiplicará por 30 en 2040⁴. El litio experimentará el crecimiento más rápido, con un aumento de la demanda de más de 40 veces, seguido por el grafito, cobalto y níquel (entre 20-25 veces) y las tierras raras (7 veces). Asimismo, la expansión de las redes eléctricas significa que la demanda de cobre para las líneas de la red se duplicará con creces durante el mismo período⁵.

2 Eurostat (2021), Material flow accounts and resource productivity, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material_flow_accounts_and_resource_productivity#Resource_productivity

3 Vid. OCDE (2019), Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences, <https://www.oecd.org/publications/globalmaterial-resources-outlook-to-2060-9789264307452-en.htm>

4 Los datos mundiales se pueden consultar en C. Reichl, M. Schatz World-Mining-Data 2023, Volume: 38, Minerals Production, Vienna 2023, y subsidiariamente los que proporcionan el British Geological Survey . <http://www.bgs.ac.uk/mineralsUK/statistics/worldStatistics.html>, y el U.S. Geological Survey (<https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center>).

5 Vid. Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las Materias Primas Minerales, págs. 12 y 13.

¿Necesitamos clasificar jurídicamente las materias primas minerales?

La UE de manera tradicional ha clasificado, sin carácter normativo, las materias primas minerales en minerales estratégicos y minerales críticos o fundamentales⁶. Los primeros (estratégicos) han estado identificados con aquellos necesarios para la industria relacionada con la transición ecológica, y en particular la transición energética a un nuevo modelo productivo descarbonizado y digital. Por tanto, la palabra estratégico, aplicada a los minerales, vemos que tiene una orientación política y se emplea para aquellos minerales para los que se debe diseñar un plan general de abastecimiento.

Los segundos (críticos o fundamentales) han sido importantes desde el punto de vista económico, en cuanto a que han sido imprescindibles para un determinado proceso industrial, y han presentado una alta probabilidad de que su suministro se vea interrumpido⁷. Es decir, un mineral se ha considerado crítico cuando el riesgo de que se produjera escasez en el suministro de ese mineral y el impacto de esa escasez sobre la economía es mucho mayor que el de cualquier otra materia prima. Por ende, la medida de la criticidad de un mineral variará con la evolución de las tecnologías de producción y con el desarrollo de nuevos productos. Cuanto más difícil, caro o más tiempo sea necesario para sustituir a un mineral en un determinado uso industrial, más crítico es ese mineral para ese determinado uso o análogamente, mayor es el impacto de la restricción del suministro de ese mineral. Aclarando términos, la criticidad toma como base dos parámetros: la importancia económica (IE) y el riesgo de suministro (RS)⁸.

De este modo, los minerales que se utilizan en la industria militar se han considerado estratégicos y aquellos cuya escasez podría causar daños a la economía, se han considerado críticos. Ello implica que un mineral crítico puede ser o no estratégico, mientras que un mineral estratégico siempre será crítico. De todas estas ideas se puede deducir que ambos grupos de minerales son vitales para la economía de un país y el funcionamiento de su tejido industrial, pero los segundos están englobados dentro de los primeros. Por tanto, es crucial delimitar ambos campos para poder definir las políticas de protección o de fomento de unos y de otros, que deberán ser de mayor intensidad en el caso de los minerales fundamentales/críticos.

20

Para que esta clasificación de minerales sea recogida en un texto normativo

6 La primera lista se estableció en 2011 y a partir de ahí se va actualizando cada tres años. La metodología para hacer la evaluación de la materia prima se ha desarrollado por la Comisión Europea, en cooperación con el Grupo de trabajo de materias primas críticas (AHWG, Ad hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials). En 2011 se identificaron 14 materias primas críticas de entre las 41 materias primas candidatas no energéticas y no agrícolas evaluadas. En el ejercicio de 2014, se determinaron como críticas 20 materias primas de las 54 materias primas no energéticas y no agrícolas candidatas. La evaluación de 2017 abarcó un mayor número de materias primas (78 materias primas individuales o 61 materias primas candidatas que comprenden 58 individuales y 3 agrupaciones de materias primas). La lista de la UE para 2020 contiene treinta materiales frente a los catorce de 2011, los veinte de 2014 y los veintisiete de 2017. La lista publicada en 2023 incluye 34 materias primas críticas de las cuales 17 se consideran estratégicas.

7 Vid. ESCRIBANO BOMBÍN M.; LÓPEZ JIMENO, C. Y MATAIX GONZÁLEZ (2019): «Manual de minerales críticos y estratégicos en la nueva economía» ISBN 978-84-96140-62-2, págs. 49-83

8 Vid. REGUEIRO Y GONZÁLEZ BARROS, M. «Minerales críticos en Europa: metodología para la evaluación de la criticidad de los minerales», *Revista de la sociedad española de mineralogía*, núm. 19.

«El logro de los objetivos del Pacto Verde Europeo pasa por el acceso a materias primas minerales sostenibles que se presentan necesarias para las tecnologías limpias y las aplicaciones digitales, espaciales y de defensa».

ha sido necesario esperar al pasado año, en el que la UE ha aprobado el Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de abril de 2024 por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales. En su art. 2.1) define el concepto de materia prima como «la sustancia en estado procesado o sin procesar utilizada como insumo para la fabricación de productos intermedios o finales, excepto las sustancias utilizadas predominantemente como alimentos, piensos o combustibles». Por su parte, el art. 3.1 establece que se consideran materias primas estratégicas las materias primas, también en su forma no transformada, en cualquier fase de transformación y cuando constituyan un subproducto de otros procesos de extracción, transformación o reciclado, que aparecen en la lista del anexo I, sección 1 que contiene el propio Reglamento. En esta lista se incluyen las materias primas que puntúen más alto en términos de importancia estratégica (entendiendo por esta la base de lo relevante que sea la materia para las transiciones ecológica y digital, así como para las aplicaciones en los términos de la defensa y el sector aeroespacial), crecimiento previsto de la demanda y dificultad para aumentar la producción, de conformidad con los criterios revistos en la sección 2 del Anexo citado⁹. Son materias primas estratégicas: a) bauxita/alúmina/aluminio; b) bismuto; c) boro (calidad de metalurgia); d) cobalto; e) cobre; f) galio; g) germanio; h) litio (calidad de batería); i) metal de magnesio; j) manganeso (calidad de batería); k) grafito (calidad de batería); l) níquel (calidad de batería); m) metales del grupo del platino; n) tierras raras para imanes permanentes (Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm y Ce); o) silicio metálico; p) metal de titanio y q) wolframio.

Es el art. 4 del Reglamento el que se refiere a las materias primas fundamentales considerando que son aquellas «materias primas, también en su forma no transformada, en cualquier fase de transformación y cuando constituyan un subproducto de otros procesos de extracción, transformación o reciclado, que aparecen en la lista del anexo II, sección 1». En la lista se incluyen las materias primas estratégicas enumeradas en el anexo I, sección 1, así como cualquier otra materia prima que alcance o supere el umbral de 1, en el riesgo para el suministro, y de 2,8, en la importancia económica. La importancia económica y el riesgo para el suministro se calculan de conformidad con el anexo II, sección 2¹⁰. La lista queda configurada de la siguiente manera:

22

- 9 Los criterios de la importancia estratégica se refieren a; el número de tecnologías estratégicas que utilizan la materia prima como insumo; la cantidad de la materia prima necesaria para la fabricación de las tecnologías estratégicas pertinentes y la demanda mundial prevista de las tecnologías estratégicas pertinentes. El crecimiento previsto de la demanda se calcula dividiendo la previsión de la demanda anual mundial de una materia prima para el año entre la producción anual mundial de una materia prima durante un período de referencia. Finalmente, la dificultad de aumentar la producción se determina teniendo en cuenta al menos tres cuestiones: la escala de producción anual mundial actual de una materia prima; la relación reservas/producción de una materia prima, basada en las reservas conocidas de recursos geológicos económicamente extraíbles y la producción anual mundial actual y, por último, los plazos de ejecución de los nuevos proyectos que aumentan la capacidad de suministro, cuando se disponga de información fiable.
- 10 Los parámetros a los que se refiere la sección dos son una serie de fórmulas para calcular la importancia económica; el índice de sustitución de la materia prima evaluada en relación con la importancia económica; el riesgo para el suministro; la dependencia de las importaciones de las materias primas; el índice Herfindahl-Hirschman (medida utilizada en Economía, Finanzas y Seguros para evaluar la concentración de mercado en una industria específica) de la materia prima evaluada y el índice de sustitución de la materia prima evaluada en relación con el riesgo para el suministro.

a) antimonio; b) arsénico; c) bauxita/alúmina/aluminio; d) barita; e) berilio; f) bismuto; g) boro; h) cobalto; i) carbón de coque; j) cobre; k) feldespato; l) fluorita; m) galio; n) germanio; o) hafnio; p) helio; q) tierras raras pesadas; r) tierras raras ligeras; s) litio; t) magnesio; u) manganeso; v) grafito; w) níquel (calidad de batería); x) niobio; y) fosforita; z) fósforo; aa) metales del grupo del platino; ab) escandio; ac); silicio metálico; ad) estroncio; ae) tántalo; af) metal de titanio; ag) wolframio; ah) vanadio.

Estas listas a más tardar el 24 de mayo de 2027, y posteriormente al menos cada tres años, deben ser revisadas por la Comisión y, en caso necesario, serán actualizadas.

¿Cuál es la realidad minera de España?

En España, en los últimos años, la gran minería de la Faja Pirítica, una de las provincias metalogenéticas más importantes del mundo, ha protagonizado en conjunto un gran crecimiento continuado y se espera que se siga desarrollando en los próximos años. En 2020 bajó la producción de cobre, pero al subir su precio, el valor de la producción, en euros corrientes alcanzó un máximo, poco significativo, si se considera además la fuerte subida de la inflación. La minería metálica pasó a ser desde 2016 el subsector con la producción a pie de mina de mayor valor económico dentro de la minería nacional. En los últimos años ha crecido especialmente en Andalucía, cuya producción en 2021 ha supuesto más del 40% del valor total de la producción minera española.

Nuestro país cuenta actualmente con producción de materias primas fundamentales como el cobre, estroncio, espato flúor, tántalo, silicio, y wolframio, así como depósitos identificados de antimonio, barita, bismuto, cobalto, litio, tierras raras. Un número importante de estos recursos fueron identificados durante campañas de exploración realizadas en los años 70/80 o se encuentran asociados a explotaciones históricas¹¹. Dentro de la minería metálica, la producción andaluza de la minería del cobre es la más importante, tanto en valor, del orden del 90% del total, como en tonelaje. La minería del wolframio y del estaño no alcanza el 1% del valor conjunto de la minería metálica. La producción de wolframio procede mayormente de Salamanca, Mina Los Santos. La producción de estaño desde 2016 procede únicamente de Galicia. En 2018 y 2019 se contabilizaron ocho minas metalíferas activas, cinco de ellas en la Faja Pirítica andaluza: en Huelva, Mina de Riotinto, Mina de Aguas Teñidas, Mina de Magdalena y Mina Sotiel y en Sevilla Las Cruces. En Castilla y León la Mina Los Santos Fuenterroble, y en Galicia, Penouta. Desde 2020 la mina La Parrilla, en Cáceres, produce de nuevo wolframio¹².

¿Por qué crear y fortalecer un mercado europeo de materias primas minerales?

A primeros de 2021, el Comité Europeo de las Regiones aprueba un dictamen en el que acoge favorablemente el hecho de que la Comisión Europea presentase un Plan de acción sobre las materias primas fundamentales para desarrollar cadenas de valor industrial resilientes en la UE¹³. El dictamen

11 Vid. Hoja de ruta de vid. Págs. 29

12 Vid. IGME Panorama Minero 2022, pág. 35.

13 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020IR4292&from=EN>

destacaba que, en la medida de lo posible, la UE debe abastecerse a largo plazo de materias primas europeas, elaborar estrategias de desarrollo anticipadas, reducir la dependencia de las materias primas fundamentales mediante el uso circular de los recursos, los productos sostenibles y la innovación, y diversificar el abastecimiento por parte de terceros países. También destacaba que los materiales reciclados deberían utilizarse en mayor medida para reducir el uso de materias primas primarias y materias primas fundamentales; asimismo, solicitaba a la Comisión Europea que examinase los criterios competitivos según los cuales los nuevos productos deben incluir, en la medida de lo posible, un porcentaje significativo de material reciclado¹⁴.

En mayo de 2021, la Comisión Europea adopta un conjunto de principios para la extracción y el procesamiento sostenible de materias primas en Europa¹⁵. El objetivo de estos principios es armonizar los conocimientos sobre la extracción de las materias primas sostenibles (desde la exploración hasta el período posterior al cierre) y las operaciones de transformación en la UE en el conjunto de los Estados miembros y definir la dirección general hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos principios, por tanto, son aplicables, en el conjunto de la Unión, a las fases de extracción y transformación de materias primas no energéticas y a todo el ciclo de vida de las cadenas de valor de los minerales, desde la exploración hasta el período posterior al cierre, así como a la producción de materias primas secundarias a partir de los flujos de residuos de la extracción. Estos principios se clasifican en sociales, económicos y de gobernanza y principios medioambientales, y precisamente, uno de estos últimos es implantar la economía circular, facilitando y fomentando el estímulo del uso, el reciclaje y la eliminación seguros de los productos mediante la comprensión del uso de sus materiales o de la gestión de sus materiales en áreas temáticas y también fomentando la extracción económica de subproductos y la recuperación de materias primas de los residuos de la minería y la transformación, así como de otros recursos secundarios.

Para atender los desafíos de las consecuencias de la pandemia de la COVID-19 y la invasión de Ucrania por el ejército ruso, en mayo de 2022, la Comisión Europea lanza el Plan REPowerEU¹⁶ con el doble objetivo de poner fin a la dependencia de los combustibles fósiles rusos y la crisis climática, estableciendo como ejes prioritarios la diversificación energética, el ahorro de energía y la aceleración de la introducción de las energías renovables en la Unión Europea. En el ámbito de las materias primas minerales, señala que «para alcanzar los objetivos del plan REPowerEU será necesario diversificar la oferta de equipos de energías renovables y materias primas fundamentales, reducir las dependencias sectoriales, superar los cuellos de botella en las cadenas de suministro y ampliar la capacidad de fabricación de tecnologías energéticas limpias de la UE.» Asimismo, indica que «más allá de garantizar la diversificación de los proveedores, el refuerzo de los modelos de economía circular debe ser una prioridad. Se prestará apoyo a la investigación y la

14 Vid. ÁVILA RODRÍGUEZ, C.M., «El impulso de la UE al régimen jurídico de las materias primas minerales para el avance de la transición energética y la descarbonización de la economía», *Revista General de Derecho de los Sectores Regulados*, núm. 13, 2024, IUSTEL.

15 <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-publication/6d541f66-0f81-11ec-915101aa75ed71a1>.

16 Vid. COM(2022) 230 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>

innovación, también a través de Horizonte Europa, para reducir el consumo de materiales, mejorar la reciclabilidad de los equipos de energías renovables y sustituir las materias primas fundamentales.» Para ello, señala el Plan, que la Comisión «intensificará los trabajos sobre el suministro de materias primas fundamentales y preparará una propuesta legislativa», impulsando las políticas y acciones en curso de la UE, con el fin de «reforzar la cadena de valor europea mediante la identificación de los recursos minerales y de los proyectos de materias primas fundamentales en el interés estratégico europeo, garantizando al mismo tiempo un elevado nivel de protección del medio ambiente, incluidos proyectos que promuevan una economía circular y la eficiencia en el uso de los recursos.»

Esa propuesta legislativa, como ya hemos visto se concretó en el Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales y por el que se modifican los Reglamentos (UE) n.º 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 y (UE) 2019/1020 ¹⁷.

El Reglamento establece un marco regulador para apoyar el desarrollo de las capacidades nacionales y reforzar la sostenibilidad y la circularidad de las cadenas de suministro de materias primas fundamentales en la UE.

El Reglamento establece parámetros de referencia claros para las capacidades nacionales a lo largo de la cadena de suministro estratégico de materias primas y para diversificar el suministro de la UE de aquí a 2030, cuales son:

- Que la capacidad de extracción de la Unión permita extraer las menas, los minerales o los concentrados necesarios para producir al menos el 10 % del consumo anual de materias primas estratégicas de la Unión, en la medida de lo posible habida cuenta de las propias reservas,
- Que la capacidad de procesamiento de la Unión, en todas sus fases intermedias, permita producir al menos el 40 % del consumo anual de materias primas estratégicas de la Unión;
- Que la capacidad de reciclado de la Unión, inclusive para todas las fases de reciclado intermedios, permita producir al menos el 25 % del consumo agregado anual de materias primas estratégicas de la Unión y permita reciclar cantidades cada vez más significativas de cada materia prima estratégica contenida en los residuos.

25

El fin de la UE es crear y hacer fuerte un mercado europeo de materias primas minerales estratégicas y fundamentales o críticas y para ello establece

¹⁷ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/aa3c49f7-08e7-11ef-a251-01aa75ed71a1/language-es> Como complemento de este Reglamento se publicó en esa misma fecha la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales para contribuir a la doble transición. La Comunicación propone medidas para favorecer la diversificación de las cadenas de suministro a través de nuevas asociaciones internacionales basadas en el apoyo mutuo. También se centra en maximizar la contribución de los acuerdos comerciales de la UE, en plena complementariedad con la estrategia Global Gateway. El texto se puede consultar en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0165&from=EN>

una serie de medidas y obligaciones para los Estado miembros. En primer lugar, la UE establece una categoría de proyectos a los que llama Proyectos Estratégicos que son aquellos que se efectúen en la UE y estén destinados a iniciar o expandir la extracción, el procesamiento o el reciclado de materias primas estratégicas, o la producción y la ampliación de escala de materiales susceptibles de sustituir las materias primas estratégicas en las tecnologías estratégicas, con el objetivo de reconocerlos como proyectos estratégicos¹⁸. Que la UE califique un proyecto como estratégico implica que a nivel nacional los Estados le den también la condición de la máxima importancia nacional posible, cuando dicha condición exista en el Derecho nacional, y que entre otros efectos: los procedimientos administrativos de otorgamiento de concesiones mineras sean preferentes y urgentes, reduciéndose los plazos de tramitación; facilidades en el acceso a la financiación y el acceso a un sistema de acuerdos de compra que establece la Comisión Europea¹⁹.

El Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril también impone una serie de obligaciones para los Estado miembros; así, por ejemplo, desarrollar programas nacionales para explorar los recursos geológicos; considerar la posibilidad de incorporar en los planes de ordenación territorial y los planes de uso de la tierra disposiciones para el desarrollo de proyectos de materias primas fundamentales, dando prioridad a las superficies artificiales y construidas, a las zonas industriales, a los terrenos abandonados y a las minas activas o abandonadas, incluidas, en su caso, las ocurrencias de minerales identificadas; la obligación de facilitar información en línea y de manera centralizada y fácilmente accesible sobre los procesos administrativos pertinentes para los proyectos de materias primas fundamentales²⁰.

La UE muestra preocupación con relación a los riesgos de suministro de las materias primas fundamentales y de las materias primas estratégicas, en especial con aquellos riesgos que puedan falsear la competencia o fragmentar el mercado interior. De ahí que se obligue a la Comisión a realizar un seguimiento de estos riesgos abarcando entre otros parámetros: el flujo comercial entre la Unión y terceros países y dentro del mercado interior; la oferta y la demanda; la concentración de la oferta; la producción y las capacidades de producción a escala de la Unión y a escala mundial en las diferentes fases de la cadena de valor de las materias primas; la volatilidad de los precios; los cuellos de botella en cualquier fase de la producción de la Unión y los cuellos de botella en la concesión de autorizaciones para proyectos estratégicos dentro de la Unión y los posibles obstáculos al comercio de materias primas fundamentales o de bienes que utilizan materias primas fundamentales como insumo en el mercado interior²¹.

18 Vid. arts. 6 a 8 y Anexo III del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024.

19 Vid. arts. 10 a 17 del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024.

20 Vid. arts. 19, 13 y 18 del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril.

21 Vid. art. 20.1 del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril.

Además, la Comisión debe velar por que se lleve a cabo una prueba de resistencia para cada cadena de suministro de materias primas estratégicas al menos cada tres años, o si se detectan aumentos significativos de los riesgos para el suministro como resultado del seguimiento anterior²².

El Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril impone, además a los Estados que identifiquen a las grandes empresas que operan en su territorio y utilizan materias primas estratégicas para la fabricación de baterías para el almacenamiento de energía y la electromovilidad, los equipos relacionados con la producción y utilización de hidrógeno, los equipos relacionados con la generación de energía renovable, las aeronaves, los motores de tracción, las bombas de calor, los equipos relacionados con la transmisión y el almacenamiento de datos, los dispositivos electrónicos móviles, los equipos relacionados con la fabricación aditiva, los equipos relacionados con la robótica, los drones, los lanzadores de cohetes, los satélites o los chips avanzados. Estas empresas quedan obligadas a llevar a cabo, al menos cada tres años y en la medida en que dispongan de la información requerida, una evaluación de riesgos de su cadena de suministro de materias primas estratégicas, que debe incluir: una cartografía que indique los lugares donde se extraen, procesan y reciclan las materias primas estratégicas que utilizan; un análisis de los factores que puedan afectar a su suministro de materias primas estratégicas y una evaluación de sus vulnerabilidades ante las interrupciones del suministro²³.

Para facilitar la fluidez del mercado, la Comisión ha de establecer y gestionar un sistema para agregar la demanda de las empresas interesadas en el consumo de materias primas estratégicas establecidas en la Unión y para buscar ofertas de proveedores que satisfagan dicha demanda agregada, abarcando tanto las materias primas estratégicas no transformadas como las transformadas. Al establecer y gestionar el sistema, la Comisión elige para qué materias primas estratégicas y en qué fase de procesamiento, puede utilizarse el sistema, teniendo en cuenta el riesgo relativo para el suministro de las diferentes materias primas estratégicas y, además, fija cantidades mínimas de materias primas estratégicas solicitadas para participar en el sistema, teniendo en cuenta el número previsto de participantes interesados y la necesidad de garantizar que el número de participantes sea manejable, teniendo en cuenta las necesidades de las pymes.

27

22 Las pruebas de resistencia consistirán en una evaluación de la vulnerabilidad de la cadena de suministro de materias primas en la Unión de la materia prima estratégica pertinente frente a las alteraciones del suministro, mediante la estimación de las repercusiones de los diferentes escenarios que puedan causar tales alteraciones del suministro y sus posibles efectos, teniendo en cuenta al menos los siguientes elementos: si la materia prima estratégica de que se trate se extrae, se procesa o se recicla; las capacidades de los operadores económicos a lo largo de la cadena de valor de las materias primas, así como la estructura del mercado; los factores que puedan afectar al suministro, incluidos, entre otros, la situación geopolítica, la logística, el suministro de energía, la mano de obra o las catástrofes naturales; la disponibilidad de fuentes de suministro y la capacidad para diversificar con rapidez tales fuentes, sustituir materiales o reducir la demanda; los usuarios de las materias primas estratégicas pertinentes a lo largo de la cadena de valor de las materias primas y su cuota de demanda, prestando especial atención a la fabricación de tecnologías pertinentes para las transiciones ecológica y digital, así como a las aplicaciones en los ámbitos de la defensa y el sector aeroespacial y los posibles obstáculos al comercio transfronterizo de materias primas estratégicas pertinentes o de bienes que utilizan materias primas estratégicas como insumo en el mercado interior (art. 20.3).

23 Vid. art. 24 del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril.

«El fin de la UE es crear y hacer fuerte un mercado europeo de materias primas minerales estratégicas y fundamentales o críticas y para ello establece una serie de medidas y obligaciones para los Estados miembros».

La participación en el sistema es abierta y transparente para todas las empresas interesadas establecidas en la Unión. Estas empresas pueden de forma transparente, negociar conjuntamente la compra, incluidos los precios u otras condiciones del acuerdo de compra, o utilizar la compra conjunta para lograr mejores condiciones con sus proveedores o evitar la escasez.

La circularidad y el reciclado de las materias primas fundamentales ¿una necesaria oportunidad?

La mayoría de las materias primas fundamentales son metales, que en principio pueden reciclarse indefinidamente, aunque a veces sus cualidades se deterioran. El reciclado abre la posibilidad de avanzar hacia una economía verdaderamente circular en el marco de la transición ecológica, aumentando al mismo tiempo la disponibilidad de materias primas fundamentales y contribuyendo así a garantizar la seguridad del suministro. Tras una fase inicial de rápido crecimiento de la demanda de materias primas fundamentales para las nuevas tecnologías, en la que la extracción y el procesamiento primarios son la fuente predominante, el reciclado debe reducir cada vez más tanto la necesidad de extracción primaria como sus efectos asociados. Esto debe hacerse manteniendo al mismo tiempo un elevado nivel de capacidad de reciclado de la UE a través de un sólido mercado de materias primas fundamentales secundarias. Sin embargo, en la actualidad, los índices de reciclado de la mayoría de las materias primas minerales son bajos, y se envían a terceros países para su reciclado flujos de residuos como las baterías, los equipos eléctricos y electrónicos y los vehículos. Los sistemas y las tecnologías de reciclado no suelen estar adaptados a las especificidades de esas materias primas. La innovación desempeña un papel importante en la reducción de la necesidad de materias primas fundamentales, la reducción de los riesgos de escasez de suministro y el desarrollo de tecnologías de reciclado para extraer las materias primas fundamentales de los residuos de forma adecuada y segura. Por lo tanto, es necesario que los Estados miembros adopten cuanto antes medidas que aborden los diferentes factores que frenan el potencial de circularidad.

29

La valorización de las materias primas fundamentales procedentes de instalaciones de residuos de extracción tiene el potencial de incrementar la capacidad de la Unión y al tiempo crear valor económico y empleo en regiones mineras históricas, que a menudo se ven afectadas por la desindustrialización y el declive. De conformidad con la jerarquía de residuos establecida en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, debe darse prioridad a la prevención de la generación de residuos que contengan materias primas fundamentales, extrayendo estas materias primas del volumen extraído antes de que se conviertan en residuos.

En orden a incentivar esta circularidad de los recursos minerales, el Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril, en su art. 26, obliga a que cada Estado miembro adopte y ejecute programas nacionales que contengan, entre otras, medidas destinadas a: incentivar el progreso tecnológico y la eficiencia en el uso de los recursos con el fin de moderar el aumento previsto del consumo de materias primas fundamentales en la Unión; promover la prevención de residuos y aumentar la reutilización y la reparación de productos y componentes con un potencial adecuado de valorización de materias primas fundamentales; aumentar

la recogida, la clasificación y el tratamiento de residuos de materias primas fundamentales con un potencial adecuado de valorización, también de la chatarra metálica, y garantizar su introducción en el sistema de reciclado adecuado, con vistas a maximizar la disponibilidad y la calidad de material reciclable como entrada en las instalaciones de reciclado de materias primas fundamentales; aumentar el uso de materias primas fundamentales secundarias, incluso mediante medidas como la consideración del contenido reciclado en los criterios de adjudicación relacionados con la contratación pública o los incentivos financieros para el uso de materias primas fundamentales secundarias; aumentar la madurez de las tecnologías de reciclado de materias primas fundamentales y promover el diseño circular, la eficiencia de los materiales y la sustitución de las materias primas fundamentales en los productos y las aplicaciones, al menos mediante la inclusión de acciones de apoyo a tal efecto en el marco de los programas de investigación e innovación nacionales y garantizar que existen medidas para dotar a su mano de obra de las capacidades necesarias para apoyar la circularidad de la cadena de valor de las materias primas fundamentales, incluidas medidas de mejora de las capacidades y de reciclaje profesional.

Como medida complementaria a la anterior, el art. 27 del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril prevé que los operadores obligados a elaborar planes de gestión de residuos de conformidad con el art. 5 de la Directiva 2006/21/CE deben presentar a la autoridad competente un estudio de evaluación económica preliminar sobre la posible valorización de materias primas fundamentales procedentes de: los residuos de extracción almacenados en la instalación, y los residuos de extracción que se generan o, cuando se considere más eficaz, el volumen de tales residuos que se extrae antes de que se conviertan en residuos. El estudio ha de contener como mínimo, una estimación de las cantidades y concentraciones de materias primas fundamentales contenidas en los residuos de extracción y en el volumen extraído, así como una evaluación de sus posibilidades de valorización técnica y económica. Solo quedan exentos de esta obligación aquellos operadores que puedan demostrar a la autoridad competente, con un nivel elevado de certidumbre, que los residuos de extracción no contienen materias primas fundamentales que sean técnicamente valorizables. El Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril cierra las cuestiones relativas a la sostenibilidad con la posibilidad de que la Comisión reconozca los regímenes de certificación relacionados con la sostenibilidad de las materias primas fundamentales y la declaración de la huella ambiental²⁴.

24 Vid. arts. 30 y 31 respectivamente del Reglamento (UE) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril.

A modo de reflexión final

Todas estas medidas políticas y normativas aprobadas por la UE parten de una premisa consistente en que la relación entre los límites del planeta y las actividades del hombre ha cambiado. Aquel tiempo pasado en el que se desarrolló una cultura basada en el principio de la lucha contra los límites ha sido superado por la aceptación del principio de aprender a vivir con los límites, pues tanto el planeta como sus recursos, en especial, los minerales son finitos.

El reciclaje es un desarrollo tecnológico y es vital para el futuro de la sociedad y la economía, si se combina con controles del crecimiento, de consumo. Es necesario que el sistema mundial sea sostenible y satisfaga las necesidades materiales básicas de todos los habitantes, sin olvidar que los recursos se agotan y la industria y la tecnología necesitan tiempo para adaptarse a los cambios de la disponibilidad de los recursos.

La solución no viene solo adoptando respuestas de índole técnica, económicas o jurídicas se exige, también, un cambio en los valores humanos, un esfuerzo supremo de comprensión, imaginación y resolución política, social y personal. Es una necesidad aceptar sacrificios individuales y cambios en las estructuras económicas y políticas para procurar un estado de equilibrio racional y duradero y la UE camina por esa senda enfocada en la planificación y en el diseño de una política de imposición de límites determinados, de límites autoimpuestos. —

Cristina Romero Fernández

Involuntad

Cristina Romero Fernández

Involuntad

Involuntad trata de manifestar y hacer visible, a través de la materia, la presencia de la naturaleza en el ser humano y la manera en que este la habita con frecuencia en situaciones cotidianas y familiares para cualquier espectador, como el simple hecho de estar acostado o acurrucado. En esos momentos, de manera inconsciente, buscamos nuestro propio «núcleo», nuestro centro, una parte profunda de nuestro ser. Esta búsqueda del centro corporal al adoptar la posición fetal remite inevitablemente a las espirales geoméricamente perfectas presentes en la naturaleza.

El uso de la naturaleza como material en forma de semilla, convirtiéndola en coautora de la obra, es un aspecto fundamental. La naturaleza, en su esencia, es lo incontrolable y no someterla buscando unos resultados específicos se convierte en un pacto en el que la obra se enriquece con un elemento natural y nacido del azar.

Al final, la posición fetal es una representación física de la vulnerabilidad y de una introspección pura a través del cuerpo, una postura que compartimos todos los seres humanos.

34

Cristina Romero Fernández es graduada en Bellas Artes.



El deber de reparar

Raúl Montañez

Universidad de Málaga

DESDE HACE MÁS DE 3.600 MILLONES DE AÑOS, LA VIDA EN LA TIERRA ha pervivido a innumerables desafíos. Desde las extinciones masivas del Pérmico-Triásico que arrasaron con el 95% de las especies hasta el cataclismo del Cretácico-Paleógeno que marcó el fin de los dinosaurios, el planeta ha sido testigo de transformaciones radicales en su biosfera. En cada una de estas extinciones, las causas principales han sido fenómenos naturales, como erupciones volcánicas, impactos de asteroides o cambios drásticos en los ciclos biogeoquímicos. Hoy, somos testigos de una nueva crisis de biodiversidad, pero con una diferencia crucial: el agente desencadenante no es una fuerza ciega de la naturaleza, sino la acción consciente de una especie, la nuestra.

Los humanos, agentes morales y racionales, alteramos el planeta de manera tan profunda que hemos desestabilizado los sistemas que sustentan la vida. La sobreexplotación de recursos, la contaminación descontrolada, la destrucción de hábitats y la alteración del clima han llevado a la biosfera a un punto crítico. Esta sexta extinción masiva se manifiesta en la desaparición alarmante de especies, a un ritmo muy superior a la tasa natural de extinción. Se estima que el 40% de las plantas e insectos están en peligro de extinción, y según el índice de vida planetario, hemos perdido el 73% de la vida salvaje. Esta pérdida no es solo una tragedia numérica; es una erosión de la funcionalidad de los ecosistemas. Cada especie, cada interacción, cada función ecológica ayuda a tejer la red de procesos que estabilizan la funcionalidad de nuestro planeta. La desaparición de polinizadores, por ejemplo, amenaza la producción de alimentos; la pérdida de grandes depredadores desequilibra las cadenas tróficas; la pérdida de diversidad genética reduce la capacidad de adaptación de las especies y los ecosistemas a los cambios ambientales. Esta pérdida de funcionalidad debilita la resiliencia de los ecosistemas, haciéndolos más vulnerables a los impactos de una población humana hiperconsumista y en constante crecimiento.

La transformación ambiental que hemos provocado se distingue por su magnitud y celeridad sin precedentes en la historia de la humanidad (Wallace-Wells, 2019). De los nueve límites planetarios que regulan la

estabilidad del sistema terrestre y dentro de los cuales la humanidad puede operar de forma segura, hemos sobrepasado seis y estamos muy cerca de sobrepasar el séptimo (Richardson et al., 2023). Esta transgresión pone en peligro la capacidad del planeta para sostener al conjunto de sociedades humanas que conocemos. Esta transformación altera los mecanismos de regulación planetaria, exacerbando el deterioro ecológico en una espiral de consecuencias funestas. El deshielo del Ártico, causado por el incremento de temperatura global, reduce la capacidad reflectante del planeta, intensificando la absorción de radiación solar y acelerando el calentamiento. Este calor derrite también el permafrost liberando metano, un potente gas de efecto invernadero, que contribuye a un aumento aún mayor de la temperatura. Los océanos, otrora aliados en la absorción de CO₂, ven comprometida su capacidad de mitigar el cambio climático a medida que sus aguas se acidifican, calientan y dilatan, llegando incluso a convertirse en emisores netos de carbono. Estos procesos interconectados, al retroalimentarse, desencadenan una serie de autoamplificaciones que amenazan con desbordar nuestra capacidad de respuesta y la de muchas especies, abocándolas a una lucha por la supervivencia en un entorno hostil y cambiante. En este escenario, algunas logran adaptarse a duras penas, pero muchas otras se enfrentan a tasas de extinción sin precedentes, incapaces de evolucionar con la suficiente rapidez/celeridad para sobrevivir en las nuevas condiciones. La pérdida de biodiversidad, uno de los límites más críticos transgredidos, desestabiliza los ecosistemas y amenaza la continuidad de las redes tróficas, acelerando el colapso de la intrincada trama de la vida.

Pero más allá del peligro que esto supone para la humanidad, esta crisis es también un problema moral de gran envergadura. Los humanos, como observadores privilegiados de la naturaleza, reconocemos en ella un valor intrínseco que trasciende su utilidad. La naturaleza, en todas sus formas, posee un valor inherente, simplemente por existir. Este valor, que reside en la singularidad e irremplazabilidad de cada especie, en la complejidad y belleza de los ecosistemas, y en la interconexión de todas las formas de vida, constituye la riqueza fundamental del planeta, esencial para su equilibrio, resiliencia y belleza. La diversidad biológica no es solo un conjunto de recursos a nuestra disposición, merecen respeto y protección por propio derecho. Al aceptar su menoscabo, aceptamos una relación de maltrato y erosionamos con ello nuestra propia moral. Nuestra participación activa en esta merma funcional debería desasosegarnos profundamente, pues cada extinción, cada destrucción de un ecosistema, representa una pérdida irreparable de este valor intrínseco y una disminución de la riqueza moral del planeta que nos empobrece a todos (Booth & Mounsey, 2021; Leopold, 2019).

Ante esta crisis, surge una pregunta ineludible: ¿tenemos el deber de reparar los daños que hemos causado, incluso si ello implica intervenir con aún mayor profundidad en los ecosistemas y organismos que hemos afectado? Si hemos sido los agentes causantes de esta nueva ola de extinciones, ¿no estamos obligados a tratar de revertir o mitigar sus efectos?

Este *deber de reparar* emerge de nuestra percepción de justicia para con las especies y ecosistemas que hemos empujado al borde de la desaparición, y las futuras generaciones humanas que enfrentarán un planeta empobrecido y en desequilibrio. Sabemos que somos responsables de esta profunda

alteración del planeta que daña a innumerables especies y ecosistemas que no tienen voz para reclamar justicia. Esta deuda ética se proyecta tanto hacia el presente, en nuestra responsabilidad hacia las especies y ecosistemas vulnerables, como hacia el futuro, en nuestra deuda con las generaciones venideras que heredarán un planeta marcado por nuestras acciones. En este contexto de incertidumbre y desafíos, la ética planetaria (Küng, 1998) nos invita a reflexionar sobre nuestra responsabilidad hacia el planeta y las generaciones futuras. Küng propone una ética global que trasciende las diferencias culturales y religiosas, basada en valores universales como la justicia, la paz y la sostenibilidad. Esta ética planetaria encuentra un eco en la Carta de la Tierra, un documento que establece principios fundamentales para construir un futuro justo, sostenible y pacífico para la humanidad y todas las formas de vida.

Sin embargo, al analizar las extinciones pasadas, vemos que los vacíos ecológicos generados han facilitado radiaciones adaptativas, incrementando la diversidad de especies que hoy conocemos. La vida siempre encuentra un camino para seguir adelante. Entonces, ¿qué es realmente lo que debemos reparar? ¿Acaso no es este deber de reparar una manifestación más de nuestro antropocentrismo y egoísmo? Tenemos miedo a desaparecer como especie. Pero no nos preocupa ver desaparecer a otras, tal como hemos acreditado innumerables veces. ¿No será que este imperativo de reparar responde más a nuestro instinto de supervivencia que a una genuina preocupación por el valor intrínseco de la naturaleza? Después de todo, la naturaleza, con o sin nosotros, seguirá su curso. Los ecosistemas se reestructurarán, las especies se adaptarán, y la vida continuará su despliegue en el planeta, aunque la configuración resultante pueda ser muy diferente a la que conocemos.

En realidad, lo que debemos reparar es nuestra propia relación con la naturaleza. No se trata de salvarla, sino de transformar radicalmente nuestra forma de consumir, producir y relacionarnos con el mundo natural. Este deber de reparar es el imperativo ético a una especie consciente que nos invita a cuestionar nuestro papel en el planeta y construir un futuro más justo y sostenible para todas las formas de vida, incluyendo la nuestra. Para lograrlo, se nos plantea una dicotomía fundamental: la intervención activa en los ecosistemas dañados o el aprendizaje para seguir sus ritmos.

38

La biología sintética nos ofrece herramientas poderosas, con un potencial restaurador capaz de reparar daños ecológicos de forma expedita. Pero, a la vez, encierra el riesgo de un hiperintervencionismo aún más degradante, capaz de exacerbar aún más la injusticia social y de erosionar los procesos evolutivos naturales. La alternativa ontológica nos insta a seguir los ritmos de la naturaleza. Esta perspectiva requiere de la correcta alfabetización ecológica y de la adopción de economías del decrecimiento, orientadas a reducir nuestra huella material, y a practicar una ética de la contención que distinga entre lo que podemos hacer y lo que realmente debemos hacer. Sin embargo, este enfoque no está exento de desafíos. Las sociedades desarrolladas, adictas al crecimiento, difícilmente aceptarían las renunciaciones que implica. Aquí yace el nudo gordiano: necesitamos biotecnologías puente que demoren un colapso inminente y nos otorguen el tiempo suficiente para desmontar los cimientos del sistema hiperconsumista.

«La naturaleza, en todas sus formas, posee un valor inherente, simplemente por existir. Este valor, que reside en la singularidad e irremplazabilidad de cada especie, en la complejidad y belleza de los ecosistemas, y en la interconexión de todas las formas de vida, constituye la riqueza fundamental del planeta, esencial para su equilibrio, resiliencia y belleza».

Nuestro propósito no ha de ser dominar la naturaleza, Génesis 1:26, sino reaprender a habitar el planeta como participantes conscientes y humildes. Para lograrlo, necesitamos un marco ético sólido que priorice la no maleficencia ecológica y la justicia intergeneracional, minimizando daños y asegurando un legado de sistemas ecológicos funcionales. Este marco debe complementarse con mecanismos de gobernanza sólidos, instrumentos jurídicos vinculantes, políticas basadas en evidencia y sistemas de monitoreo transdisciplinarios con participación ciudadana.

Al enfrentar la necesidad de la correcta gestión de los ecosistemas nos enfrentamos a dilemas éticos fundamentales, donde chocan dos marcos filosóficos esenciales: el consecuencialismo y la deontología. Desde una perspectiva consecuencialista, la respuesta parece clara: si nuestras acciones han causado un daño significativo al planeta y, como consecuencia de ello, nuestro modo de vida peligra, tenemos la responsabilidad de hacer todo lo posible para mitigar sus efectos, incluso si eso implica asumir riesgos. Lo importante son las consecuencias de nuestras acciones, y si una intervención activa en los ecosistemas puede ayudarnos a restaurar la salud del planeta y asegurar un futuro mejor para la humanidad, entonces estamos moralmente impelidos a hacerlo. Sin embargo, desde una perspectiva deontológica, la cuestión es más compleja, ya que tendríamos ciertos deberes morales que son absolutos e incondicionales, independientemente de sus consecuencias. Por ejemplo, el deber de respetar la integridad de la naturaleza.

Esta tensión se hace particularmente evidente en el debate sobre las especies invasoras. El enfoque consecuencialista, que prioriza los resultados sobre los medios, justifica a menudo el uso de métodos agresivos (venenos, talas, cacerías) para proteger la biodiversidad nativa, argumentando que el fin (preservar el ecosistema) justifica los medios (eliminar la especie invasora). Sin embargo, la deontología nos interpela sobre si tales acciones no violentan la integridad y las dinámicas propias de la naturaleza, así como el derecho intrínseco de las especies a existir, independientemente de su origen o impacto. La realidad, no obstante, es más compleja y rehúye de maniqueísmos simplistas. Autores como Fred Pearce (Pearce, 2015), Ken Thompson (Thompson, 2015), Emma Marris (Marris, 2011) o Tao Orion (Orion, 2015), nos muestran cómo especies consideradas invasoras pueden desempeñar roles ecológicos importantes, como la polinización o el control de la erosión, y que su eliminación, al ignorar las intrincadas relaciones ecológicas y los procesos de adaptación de los ecosistemas, puede acarrear consecuencias negativas inesperadas. El impacto de una especie invasora no puede ser automáticamente asumido como negativo, sino que dependerá, en gran medida, del contexto específico en el que se introduce. En consecuencia, ni el consecuencialismo ni la deontología deben prevalecer sin el respaldo de la razón argumentada y las evidencias científicas. Es crucial ser conscientes de que nuestros múltiples y variados sesgos cognitivos, al ser aplicados al principio de responsabilidad, pueden conducirnos a futuros catastróficos. Tal como propone Emma Marris, la aplicación de un prejuicio deontológico sobre el ideal de un estado prístino podría, paradójicamente, violentar ese propio enfoque deontológico, al olvidar que la naturaleza está en constante cambio y que las especies, incluidas las invasoras, pueden desempeñar roles valiosos en los nuevos ecosistemas. La lucha contra las especies invasoras ejemplifica cómo a menudo aplicamos

un enfoque simplista y reduccionista, priorizando la eliminación de la especie sobre la comprensión de su rol en el ecosistema y el contexto específico.

Como en la obra de Goya, el sueño de la razón produce monstruos en la gestión de ecosistemas. Cuando nos enfrentamos a lo desconocido, como los estados futuros de los ecosistemas, es fácil dejarse llevar por el miedo y la aversión a lo diferente. Sin embargo, la falta de reflexión crítica y la aplicación de prejuicios pueden llevarnos a tomar decisiones desastrosas. Al igual que los monstruos que emergen del sueño de la razón, nuestra visión de los estados futuros de los ecosistemas y de las especies invasoras puede estar distorsionada por el miedo, la falta de conocimiento y la proyección de utopías. El conservacionismo persigue un estado prístino idealizado, que quizás nunca existió realmente, en lugar de aceptar que los ecosistemas están en constante cambio y adaptación. El durmiente de Goya, puede soñar con un futuro idealizado, pero la realidad puede ser muy diferente si no tomamos decisiones informadas y responsables.

Esta resistencia al cambio, a todo aquello que no nos resulta familiar, junto con las dificultades para aplicar, con garantías, los principios de responsabilidad futura, son un importante obstáculo para la bioingeniería. Actualmente, nuestro conocimiento sobre las dinámicas ecológicas y los impresionantes avances en biotecnología no abren la puerta a la implementación de soluciones audaces, como la creación de ecosistemas sintéticos o la desextinción de especies (Church & Regis, 2014; Redford & Adams, 2021). En estos ecosistemas, las funciones ecológicas extintas podrían reemplazarse con especies foráneas o, más drásticamente aún, podrían recuperarse mediante organismos genéticamente modificados (OMGs) creados específicamente para cubrir esa función.

Como hemos anticipado, estas intervenciones no están exentas de riesgos. Al intentar arreglar la naturaleza, podríamos estar causando nuevos problemas, incluso peores que los que intentamos solucionar. La ingeniería de la naturaleza, tiene el potencial de corregir nuestros errores, pero también plantea el riesgo derivado de intervenir en sistemas que no comprendemos completamente. La analogía con los viajes en el tiempo en la ciencia ficción resulta pertinente en este contexto. Obras como «La máquina del tiempo» de H.G. Wells o «El fin de la eternidad» de Isaac Asimov nos muestran cómo la alteración del pasado puede tener consecuencias imprevistas en el futuro. De manera similar, nuestras acciones en el presente pueden desencadenar cambios en los ecosistemas que se manifiesten a largo plazo, afectando a las generaciones venideras. Al igual que los crononautas, debemos ser conscientes de que nuestras decisiones pueden tener impactos significativos en el futuro y asumir la responsabilidad de considerar estas consecuencias a largo plazo (Jonas, 2014).

Afortunadamente, los notables avances en ecología teórica nos permiten diseñar mejor nuestras intervenciones y evaluar las potenciales consecuencias de nuestras decisiones. En este contexto de conocimiento, la bioingeniería y la creación de ecosistemas sintéticos ofrecen herramientas prometedoras para la restauración ambiental. Por ejemplo, en el ámbito de la biología sintética se han diseñado consorcios microbianos que aceleran la degradación de cianuro en suelos contaminados (Roldán et al., 2021), permitiendo una recuperación más rápida de ecosistemas afectados.

**«Esta resistencia al cambio,
a todo aquello que no nos
resulta familiar, junto con las
dificultades para aplicar, con
garantías, los principios de
responsabilidad futura, son un
importante obstáculo para
la bioingeniería».**

Asimismo, se están desarrollando enfoques innovadores para la restauración de corales, en los que se modifican los microbiomas asociados para conferirles mayor resistencia al calentamiento y a la acidificación oceánica, desafíos críticos en la era del cambio climático (Cecchini et al., 2024; van Oppen et al., 2015). Estas y otras estrategias basadas en la naturaleza ofrecen un abanico de posibilidades no solo para reparar los ecosistemas degradados, sino también para construir sistemas más resilientes y adaptativos, capaces de enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros (Seddon, 2022). En ingeniería ecológica, destacan proyectos de restauración de humedales y costas, en los que se integran soluciones de bioingeniería—como la implantación de barreras vegetales y la reconfiguración de infraestructuras naturales—que mejoran la calidad del agua, capturan carbono y previenen la erosión. Además, se están explorando estrategias de renaturalización asistida mediante bioingeniería, que contemplan la introducción de especies clave (Lundgren et al., 2020) o la recreación de consorcios microbianos para recuperar funciones ecológicas perdidas (Egoh et al., 2021; Graham & Knelman, 2023).

A menudo, los proyectos de renaturalización se han centrado en la reintroducción de especies nativas y en la erradicación de las no nativas, con el objetivo de recuperar un estado prístino idealizado. Sin embargo, la evidencia de la rápida adaptación de las especies y emergencia de ecosistemas en entornos urbanos nos obliga a repensar nuestra concepción de la naturaleza. Las ciudades se han convertido en laboratorios evolutivos, donde las especies se transforman para enfrentar presiones inéditas, demostrando que la naturaleza no es una entidad estática, sino un sistema dinámico en perpetuo cambio (Schilthuizen, 2018; Thompson, 2015). En las ciudades, las palomas han desarrollado un plumaje que les ayudan a detoxificar metales pesados; los mirlos han modificado su canto, elevando su frecuencia para imponerse al ruido ambiental; las lagartijas de roca (*Podarcis muralis*) han modificado sus almohadillas como consecuencia de la necesidad de adherencia a las nuevas superficies urbanas; halcónes peregrino, primillas y golondrinas, que anidan en edificios y puentes, han establecido una nueva red trófica. No es raro ver gaviotas alimentándose de basura o atacando a palomas. En los Jardines urbanos, donde especies autóctonas y exóticas coexisten, los insectos han establecido complejas redes de polinización. Esta realidad nos debería invitar a replantearnos lo que consideramos un ecosistema sano y a luchar contra nuestros propios sesgos cognitivos. La isla de Ascensión, un ecosistema completamente sintético, o Chernóbil, un ecosistema indiscutiblemente novel, son ecosistemas tan legítimos como los son la selva de Costa Rica, Yellowstone o el Serengeti. Un ecosistema es aquel que ha permanecido intacto ante la intervención humana, pero también aquel capaz de establecer una red funcional y productiva de funciones ecológicas sin importar su composición de especies (Deng et al., 2024).

Si aceptamos que un ecosistema novel es un ecosistema que ha surgido como resultado de la actividad humana o de cambios ambientales capaces de perturbar el ecosistema que existía anteriormente en ese lugar, hemos de aceptar que ya no quedan ecosistemas prístinos (Marris, 2011). En consecuencia, los esfuerzos de renaturalización no deberían aspirar a recuperar un estado prístino inalcanzable, sino a restaurar la funcionalidad de los ecosistemas. La adaptación de especies no nativas en entornos urbanos nos invita a replantear nuestra visión de los ecosistemas y el papel que las

especies invasoras o sintéticas puedan desempeñar en ellos. Tal vez, lejos de ser intrínsecamente perjudiciales, algunas de estas especies puedan incluso contribuir a restaurar funciones ecológicas vitales en un mundo transformado en gran medida por la mano del hombre. La clave, una vez más, reside en estar dispuestos a comprender la capacidad de adaptación de especies y ecosistemas y en fomentar una coexistencia pacífica entre humanos y naturaleza en un mundo en constante transformación

En este contexto, donde la definición de lo natural se torna escurridiza y la urgencia nos impulsa hacia una aproximación consecuencialista, la biología sintética ofrece un abanico de posibilidades que aplicar a la conservación de la biodiversidad y a la restauración ecológica (Anton, 2023; Redford & Adams, 2021; Solé et al., 2024). Los científicos de hoy están generando organismos con nuevas funciones ecológicas y modulando las dinámicas evolutivas con el propósito de crear soluciones innovadoras potencialmente capaces de demorar el colapso. Los ejemplos son abrumadores. Desde ecosistemas sintéticos de microorganismos modificados genéticamente capaces de degradar contaminantes y restaurar suelos contaminados o degradados, hasta el uso de impulsores genéticos para acelerar la propagación de rasgos específicos en una población. Estos «biorremediadores» podrían ser utilizados para limpiar derrames de petróleo, eliminar metales pesados de suelos agrícolas o incluso descomponer plásticos en el océano. En la reconstrucción de ecosistemas, la creación de plantas resistentes a desecación, salinidad o enfermedades podrían ser utilizadas para reforestar áreas en condiciones ambientales desfavorables o devastadas por plagas. Un ejemplo de esto son los castaños americanos modificados genéticamente para resistir el hongo que casi los exterminó a principios del siglo XX. Estos árboles podrían ser reintroducidos en bosques para restaurar ecosistemas degradados. En poblaciones de ranas, en peligro de extinción como consecuencia de la expansión del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, se están utilizando impulsores genéticos para introducir en sus poblaciones los caracteres que le permitan resistir las infecciones de este hongo. Otro ejemplo algo más controvertido es la desextinción del mamut lanudo como estrategia para recuperar los ecosistemas árticos y ayudar a compactar el permafrost. Esta xenobiología podría emplearse también con un propósito de justicia social que trascienda la biorremediación, como ocurrió con el arroz dorado. La biología sintética es una herramienta valiosa para proteger cultivos de patógenos, cultivar en condiciones extremas o hacer más nutritivos los alimentos, garantizando así la seguridad alimentaria en un mundo con un clima cambiante. Pero además, también es una potente herramienta contra las enfermedades, como lo demuestran la generación de mosquitos modificados con los que es posible combatir enfermedades como el dengue y la malaria (O'Neill, 2024). Por último, la biología sintética también podría ser utilizada para crear «biofactorías» capaces de impulsar una bioeconomía que permitiese la recircularización de residuos para la producción de bioplásticos o biocombustibles y la reducción de nuestro impacto en los ecosistemas (Shirvani, 2024). Sin embargo, como señala Sandua (Sandua, 2024), estas aplicaciones deben ser cuidadosamente evaluadas desde una perspectiva ética, considerando no sólo los beneficios potenciales, sino también los riesgos y las implicaciones a largo plazo.

A pesar de su innegable potencial, la biología sintética plantea riesgos y desafíos conceptuales y éticos que no podemos eludir. Sin embargo, oponerse ciegamente a las estrategias xenobiológicas podría ser una manifestación más de nuestros prejuicios antropocéntricos. Debemos mantenernos abiertos a explorar las posibilidades que nos ofrece esta nueva herramienta, sin caer en ingenuidades ni en optimismos desmedidos. Debemos establecer mecanismos de regulación y supervisión sólidos, pero para lograrlo, es esencial que reconozcamos el potencial transformador de la biología sintética y desarrollemos programas de investigación rigurosos que nos permitan comprender estos mecanismos y transformarlos en modelos predictivos robustos. Es imperativo establecer mecanismos de regulación y supervisión basados en datos sólidos, que garanticen una aplicación responsable y ética. Solo así podremos garantizar que esta tecnología se utilice de manera responsable y ética, en beneficio de la humanidad y del planeta. Hemos de entender esta tarea como un acto de justicia ambiental y un compromiso con la supervivencia de la vida en el planeta. Al evaluar cada intervención, debemos ponderar sus impactos ecológicos, sociales y éticos, siempre guiados por principios como la no maleficencia, la justicia y la autonomía. El deber de reparar es una deuda con nuestro pasado y una promesa al futuro, un llamado a no dejar que el colapso de la vida se convierta en la única respuesta. La ingeniería de la naturaleza puede, sin duda, cometer errores, pero el riesgo de la inacción es aún mayor.

45

La biología sintética nos ofrece la posibilidad de redefinir nuestra relación con la Tierra en un nuevo equilibrio entre conservación y rediseño. Solo el diálogo abierto entre científicos, éticos, conservacionistas y la sociedad en general podrá forjar un camino que, sin sacrificar nuestra integridad ecológica, nos permita transformar el desastre en esperanza. Hoy, más que nunca, el verdadero desafío reside en actuar con responsabilidad y visión de futuro. La inacción no es una opción. Sin embargo, el egoísmo, la miopía y la resistencia al cambio obstaculizan nuestra capacidad de respuesta. Preferimos aferrarnos a un arquetipo de naturaleza ya inexistente en lugar de enfrentar este nuevo desafío con valentía y determinación. Esta inercia dificulta la implementación de soluciones audaces. Necesitamos abrazar el cambio como condición para la conservación. Al igual que en la eterna carrera de la Reina Roja, en un planeta al borde del colapso de sus ecosistemas, debemos correr. Correr incesantemente para permanecer en el mismo sitio, para mantener el equilibrio precario que hemos construido. Pero no podemos correr sin rumbo, sin una visión clara de hacia dónde queremos ir. En esta desesperada carrera, cada paso, cada cambio, cada decisión es crucial para asegurar no solo nuestra supervivencia, sino también la del planeta que habitamos. No estamos condenados a repetir el destino de la Reina Roja. Podemos elegir cambiar el rumbo de nuestra carrera, construir un futuro en el que la humanidad y la naturaleza coexistan en armonía, un futuro en el que el esfuerzo constante no sea solo para mantenernos en el mismo sitio, sino para avanzar hacia un horizonte de esperanza y sostenibilidad.____

Bibliografía

Anton, T. (2023). *Programmable Planet: The Synthetic Biology Revolution*. Columbia University Press.

Booth, S., & Mounsey, C. (2021). *Reconsidering Extinction in Terms of the History of Global Bioethics*. Routledge.

Cecchini, P., Nitta, T., Sena, E., & Du, Z.-Y. (2024). Saving coral reefs: significance and biotechnological approaches for coral conservation. *Advanced Biotechnology*, 2(4), 1–27.

Church, G. M., & Regis, E. (2014). *Regenesis: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. Hachette UK.

Deng, J., Cordero, O. X., Fukami, T., Levin, S. A., Pringle, R. M., Solé, R., & Saavedra, S. (2024). The development of ecological systems along paths of least resistance. *Current Biology : CB*, 34(20), 4813–4823.e14.

Egoh, B. N., Nyelele, C., Holl, K. D., Bullock, J. M., Carver, S., & Sandom, C. J. (2021). Rewilding and restoring nature in a changing world. *PloS One*, 16(7), e0254249.

Graham, E. B., & Knelman, J. E. (2023). Implications of Soil Microbial Community Assembly for Ecosystem Restoration: Patterns, Process, and Potential. *Microbial Ecology*, 85(3), 809–819.

Jonas, H. (2014). *El principio de responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Herder Editorial.

Küng, H. (1998). *A Global Ethic for Global Politics and Economics*. Oxford University Press, USA.

Leopold, A. (2019). *Una ética de la Tierra*. LOS LIBROS DE LA CATARATA.

Lundgren, E. J., Ramp, D., Rowan, J., Middleton, O., Schowanek, S. D., Sanisidro, O., Carroll, S. P., Davis, M., Sandom, C. J., Svenning, J.-C., & Wallach, A. D. (2020). Introduced herbivores restore Late Pleistocene ecological functions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(14), 7871–7878.

Marris, E. (2011). *Rambunctious Garden: Saving Nature in a Post-Wild World*. Bloomsbury Publishing USA.

O'Neill, S. (2024, August 8). ¿Estamos entrando en una nueva era de control de mosquitos? National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/animales/2024/08/control-mosquitos-tecnicas-metodos-novedosos-genetica-pesticidas>

Orion, T. (2015). *Beyond the War on Invasive Species: A Permaculture Approach to Ecosystem Restoration*. Chelsea Green Publishing.

Pearce, F. (2015). *The New Wild: Why Invasive Species Will Be Nature's Salvation*. Beacon Press.

Redford, K. H., & Adams, W. M. (2021). *Strange Natures: Conservation in the Era of Synthetic Biology*. Yale University Press.

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), eadh2458.

Roldán, M. D., Olaya-Abril, A., Sáez, L. P., Cabello, P., Luque-Almagro, V. M., & Moreno-Vivián, C. (2021). Bioremediation of cyanide-containing wastes: The potential of systems and synthetic biology for cleaning up the toxic leftovers from mining. *EMBO Reports*, 22(11), e53720.

Sandua, D. (2024). *SYNTHETIC BIOLOGY: LABORATORY LIFE CREATION AND ETHICAL IMPLICATIONS*. David Sandua.

Schilthuizen, M. (2018). *Darwin Comes to Town*. Hachette UK.

Seddon, N. (2022). Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science (New York, N.Y.)*, 376(6600), 1410–1416.

Shirvani, T. (2024). The role of bioengineering in building a bioeconomy. *Nature Reviews Bioengineering*, 2(11), 908–910.

Solé, R., Maull, V., Amor, D. R., Mauri, J. P., & Núria, C.-P. (2024). Synthetic Ecosystems: From the Test Tube to the Biosphere. *ACS Synthetic Biology*. <https://doi.org/10.1021/acssynbio.4c00384>

Thompson, K. (2015). *Where Do Camels Belong?: The Story and Science of Invasive Species*.

van Oppen, M. J. H., Oliver, J. K., Putnam, H. M., & Gates, R. D. (2015). Building coral reef resilience through assisted evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(8), 2307–2313.

Wallace-Wells, D. (2019). *The Uninhabitable Earth: Life After Warming*. Crown.

Andrea Cortés Alonso

Entre sombras y esporas

Andrea Cortés Alonso

Entre sombras y esporas

Primer premio del I Concurso de Fotografía Científica de la Facultad de Ciencias de la UMA.

Andrea Cortés Alonso es estudiante de Biología en la UMA.



En el nuevo paradigma de la transición energética

José Damián Ruiz Sinoga

Universidad de Málaga

DENTRO DEL ÁMBITO TERRITORIAL Y VINCULADO CON LOS RECURSOS naturales, desde la crisis energética de los años 70 a nuestros días, se han adoptado diversos mantras conservacionistas que no son sino el reflejo de una inquietud creciente por las cuestiones ambientales, el cambio en las prioridades vitales y la necesidad de una mayor sostenibilidad (Kidd, C., 1992). Estas, digamos ideas-fuerza, han evolucionado con el tiempo para abordar desafíos específicos relacionados con la energía, los recursos naturales y el cambio climático, pero son un fiel reflejo de la dinámica de la sociedad a lo largo de todo ese periodo. La sociedad los ha utilizado a conveniencia hasta el punto de que en la mayoría de los casos ha neutralizado desde dentro, por excesivo uso banal, sus posibles efectos. Un ejemplo paradigmático fue la evolución del concepto ecodesarrollo, hacia el desarrollo sostenido, desarrollo sostenible, para finalizar en la sostenibilidad. El ecodesarrollo pasó de ser una crítica al crecimiento económico tradicional a un enfoque integral que buscaba equilibrar el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental y social. A través de conceptos como las eco-ciudades y la eco-civilización, se convirtió en un marco para experimentar y aspirar a un desarrollo más armonioso con el entorno natural (Mellos, K., 1988). Pero vayamos por partes.

Allá por los años setenta del pasado siglo, y como parte de la conciencia ambiental que emergió después de la crisis energética de 1973, surgió el lema «Reduce, Reutiliza, Recicla» que pretendía enfatizar la necesidad de reducir el consumo de recursos, reutilizar materiales para prolongar su vida útil y reciclar para minimizar los desechos.

52

Ya empezó a consolidarse una cierta preocupación por los residuos sólidos urbanos que hasta esa fecha eran tratados de forma no selectiva, y en muchos pueblos, directamente en el barranco más próximo. En la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992, se consolidó el mensaje «Piensa globalmente, actúa localmente» aunque sus raíces estaban en movimientos conservacionistas de los 80. La idea era clara, reflejar la conexión entre las acciones locales y su impacto en problemas globales como la deforestación, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. El principal problema residía en las repercusiones de dichas acciones, especialmente en una situación de dependencia de la OPEP y de sus estrategias poco o nada respetuosas con el medio natural, con lo que casi podríamos considerarlo un eslogan fallido.

Sin embargo, uno de los de más calado ha sido el denominado «Desarrollo sostenible» que se expandió en la década de los años 90, aunque ya aparecía en el Informe Brundtland (1987), y que hace referencia a satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas, lo que en sí mismo podría parecer un concepto altamente controvertido.

Decididamente fue a partir de los años 2000 cuando se produjo una profusión de lemas que empezaron a surgir como resultado de la preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La irrupción del concepto GEI (Hulme, M., 2009) supuso la constatación de un hecho que era cuantificable, lo que suponía dotar de verosimilitud a una hipótesis: algo está cambiando en nuestro sistema climático y la acción antrópica tiene mucho que ver. Conceptos como el de «Carbono cero» y «Huella de carbono», no hacían sino promover la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y la transición hacia energías renovables. Poco a poco se fue incorporando la afección económica en los temas ambientales, y así en la primera década del presente siglo se empezó a acuñar el término «Economía circular» (Rada, E., 2023), que buscaba reemplazar el modelo lineal de «producir, consumir y desechar» por un sistema en el que los materiales y productos se reutilizaban continuamente, lo que supuso un impulso hacia un uso más eficiente de los recursos naturales. Recientemente, a raíz de los acuerdos de París (2015) y de la concienciación hacia las políticas climáticas globales, se ha empezado a hablar de «descarbonización» (Wimbadi, R., & Djalante, R., 2020), con estrategias centradas en alcanzar emisiones netas de carbono cero mediante la reducción de emisiones y la compensación a través de tecnologías como la captura de carbono o la reforestación. A estos, y especialmente en los últimos años, hemos de añadir muchos otros mantras que cada vez están siendo más recurrentes; desde «El agua es vida», «No hay planeta B», «Conservar para las generaciones futuras» hasta el más actual vinculado con el «Decrecimiento sostenible» que enfatiza la necesidad de reducir el consumo y priorizar la calidad de vida sobre el crecimiento económico. De alguna forma, estos lemas han ayudado a moldear políticas públicas, movimientos sociales y prácticas empresariales hacia un enfoque más responsable con el medio ambiente, aunque la sensibilidad hacia estas cuestiones va a seguir teniendo un carácter zonal, de forma que, por ejemplo, en aquellas áreas susceptibles a padecer periodos de sequía, como el sur de España, la sensibilidad hacia la optimización de recursos hídricos será mayor. Y así aparece tanto en los medios de comunicación como incluso en los estamentos políticos y de gestión.

53

La sensación de agotamiento de los combustibles fósiles, unido a las consecuencias derivadas de las situaciones bélicas o geopolíticas recientes (invasión y guerra en Ucrania y crisis en Argelia), han supuesto la necesidad de abordar seriamente la problemática energética de cara a evitar dependencias futuras. Y es así como en España se ha consolidado en la actualidad el concepto de «transición energética» que estaría evolucionando hacia un nuevo paradigma que integra la sostenibilidad, la economía circular y las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) como ejes fundamentales (Liang, M., 2024; Randrup, T. et al., 2020). Dentro de ese marco referencial, se estarían produciendo cambios significativos en el sector energético que apuntan a una transformación hacia un sistema más limpio, resiliente y sostenible. Y en todo este debate, hemos

de considerar la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) como un arma de doble filo en relación con la crisis energética, puesto que por un lado, tiene un alto consumo energético que plantea desafíos, pero, por otro, una gran capacidad para optimizar el uso de la energía que puede ayudar a mitigar el problema.

En primer lugar, la sostenibilidad es el eje central sobre el que se apoya la transición energética, basada en la descarbonización, la eficiencia energética y el uso de energías limpias y renovables, lo que implica reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante el uso de fuentes de energía renovable como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica (Aleksandrowicz, L., et al., 2016). La sustitución de los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural) es clave para combatir el cambio climático, pero esta es una gran baza económica en la que apuestan las principales potencias mundiales, y la actual administración Trump no va en esta línea.

El concepto de sostenibilidad ha evolucionado desde una preocupación ecológica hacia un enfoque integral que abarca aspectos sociales, económicos y ambientales (Kidd, C., 1992). A pesar de las múltiples definiciones y desafíos, la sostenibilidad sigue siendo un objetivo central en el desarrollo global, guiando políticas y prácticas hacia un futuro más equitativo y viable.

La eficiencia energética se ha convertido en un pilar clave que implica no solo reducir el consumo de energía en los procesos industriales y residenciales, sino también mejorar la eficiencia en el transporte, la construcción y el diseño de productos (Shpatakova, O., 2023). Hablamos de eficiencia en edificios (mediante la adopción de tecnologías como la energía pasiva, el aislamiento térmico y los sistemas de calefacción y refrigeración eficientes) que contribuye a reducir significativamente el uso de energía. Las energías renovables ya están demostrando ser sostenibles tanto ambiental como económicamente, con unos costos de producción que han disminuido drásticamente en los últimos años, lo que las convierte en fuentes viables y competitivas frente a los combustibles fósiles. Estas fuentes no solo son sostenibles, sino que también fomentan la descentralización del suministro energético, aunque el tablero energético mundial parece que no va por esta línea.

54

No menos importancia requiere la integración del concepto de economía circular en la transición energética, dado que también está influyendo en la manera en que se diseñan e implementan los sistemas energéticos, impulsando la reutilización de recursos y la minimización de desechos. Un ejemplo clave es el reciclaje de baterías usadas en vehículos eléctricos o en sistemas de almacenamiento de energía. Las baterías de litio-ion, utilizadas en una amplia gama de aplicaciones, están siendo objeto de investigación para reciclar los materiales críticos como el litio, cobalto y níquel, contribuyendo a cerrar el ciclo de vida de estos productos y reducir la dependencia de la minería (Lv, W. et al., 2018). O el hecho de que en la energía eólica y solar, se estén implementando conceptos circulares para garantizar que los componentes de los paneles solares y turbinas eólicas se diseñen para durar más y ser más fáciles de desmontar, reciclar o reutilizar, o que las turbinas eólicas están comenzando a ser fabricadas con materiales reciclables, como las palas de fibra de vidrio reciclable (Velenturf, A. 2021).

«La sensación de agotamiento de los combustibles fósiles, unido a las consecuencias derivadas de las situaciones bélicas o geopolíticas recientes, han supuesto la necesidad de abordar seriamente la problemática energética de cara a evitar dependencias futuras».

En cualquier caso, la valorización de residuos es otro aspecto de la economía circular que se está integrando en la transición energética, porque el uso de tecnologías como la digestión anaeróbica para generar biogás a partir de residuos orgánicos, o la transformación de residuos industriales en fuentes de energía, son ejemplos de cómo los residuos pueden convertirse en una fuente de energía renovable (Malav, L., et al., 2020).

Las soluciones basadas en la naturaleza están comenzando a desempeñar un papel clave en la transición energética, sobre todo en la forma en que se gestionan los recursos naturales para apoyar la generación de energía limpia y aumentar la resiliencia del sistema energético (Seddon, N., et al., 2021). La energía derivada de la biomasa es un buen ejemplo. Son muchos los residuos agrícolas, forestales y municipales que pueden transformarse en biogás o biocombustibles, lo que genera energía y, al mismo tiempo, ofrece una solución sostenible para la gestión de desechos. La construcción de infraestructuras energéticas (como granjas solares y parques eólicos) puede beneficiarse del uso de SbN para proteger la biodiversidad y mantener la resiliencia de los ecosistemas siempre y cuando no generen un impacto ambiental que atente contra los otros principios ya reseñados (Seddon, N., et al., 2020). Así está proliferando el hecho de que algunas plantas solares están integrando áreas de vegetación nativa alrededor de sus instalaciones, promoviendo la biodiversidad local, mientras que los parques eólicos pueden aprovechar los corredores de vida silvestre para minimizar su impacto ambiental, pero a este impacto paisajístico, pueden añadirse otros vinculados con los recursos hídricos y/o edáficos. Y en cualquier caso uno de los principios básicos debería residir sobre la restauración de los ecosistemas incrementando el almacenamiento de carbono, puesto que estos, ya sean bosques, manglares y/o humedales no solo juegan un papel crucial en la captura de carbono, sino que también ayudan a mitigar los efectos del cambio climático. Las SbN que se enfocan en la reforestación y la restauración de suelos degradados pueden integrarse con políticas energéticas para compensar las emisiones de carbono residuales y ayudar a alcanzar los objetivos de neutralidad climática (Robertson, G., et al., 2022).

En realidad es la innovación tecnológica la que está impulsando el nuevo paradigma de la transición energética hacia un sistema más sostenible, y se está basando en 3 vectores. El primero es el relacionado con el almacenamiento de la energía, puesto que uno de los grandes desafíos de las energías renovables intermitentes (como la solar y la eólica) es su variabilidad. Y es que esta es una cuestión clave. Las innovaciones en almacenamiento de energía, particularmente en baterías de gran capacidad y otras tecnologías como el almacenamiento de energía a base de hidrógeno, son clave para estabilizar el suministro de energía y permitir un mayor uso de renovables (Kittner, N., et al., 2017). El segundo radica sobre el hidrógeno verde, que es el producido mediante electrólisis usando energía renovable, y que se considera una tecnología clave para descarbonizar sectores industriales difíciles de electrificar, como la siderurgia, el transporte pesado y la aviación (Zhang, J., & Li, J., 2024). Su adopción puede ser un gran avance en la creación de un sistema energético más sostenible. Y por último, el papel de las redes inteligentes y digitalización, permitiendo una gestión más eficiente de la energía, facilitando el uso de energías renovables distribuidas, integrando vehículos eléctricos, y optimizando el consumo energético en tiempo real. Esto es parte de una transformación digital que busca hacer que

el sistema energético sea más adaptable, eficiente y sostenible. Pero no es menos cierta la dependencia de minerales y materiales críticos, puesto que la transición hacia tecnologías limpias (baterías, paneles solares, turbinas eólicas) depende de ciertos materiales, como el litio, el cobalto y las tierras raras, por lo que es básico asegurar un suministro sostenible y circular de estos recursos, lo que se está convirtiendo en uno de los grandes desafíos de la economía circular aplicada a la energía (Alessia, A., et al., 2021; Pawar, G., & Ewing, R. 2022).

En la transición energética, igual que en todo lo relacionado con cambio climático, también somos agentes y víctimas, y para su éxito global deberá abordarse la desigualdad en el acceso a la energía, garantizando que las comunidades más vulnerables y en desarrollo puedan beneficiarse de esta transición es fundamental, así como un cambio en el comportamiento de los consumidores y empresas. Los consumidores estamos mostrando ya una mayor preferencia por fuentes de energía limpia. La democratización de la energía está en marcha, con un aumento en la adopción de paneles solares domésticos, vehículos eléctricos y soluciones de almacenamiento de energía a pequeña escala (Sarker, M., et al., 2024; Jayaraj, N., et al., 2024). Paralelamente, las grandes corporaciones están cambiando su enfoque hacia la sostenibilidad energética, aunque en la nueva era Trump pueden incrementarse las incertidumbres. La realidad es que empresas en sectores intensivos en energía, como la automoción, la tecnología y la manufactura, han estado invirtiendo en energías renovables y adoptando políticas de cero emisiones netas, impulsadas por la presión del mercado y los consumidores.

Son necesarios acuerdos y compromisos internacionales, como el Acuerdo de París para alcanzar la neutralidad de carbono a medio plazo impulsando a los gobiernos y empresas a avanzar hacia un sistema energético sostenible. O como el denominado Pacto Verde Europeo (European Green Deal), que marca una hoja de ruta ambiciosa para convertir a la Unión Europea en el primer continente climáticamente neutro, con políticas orientadas hacia el impulso de las energías renovables, la eficiencia energética y la transición hacia una economía circular. El papel de España se centra en la creación de empleos verdes, la transición energética y la sostenibilidad económica, y se enfoca en la necesidad de nuevas habilidades para estos puestos, lo que contribuye al bienestar laboral (Vaquero, M., et al., 2021). Muchos países están implementando incentivos fiscales, subsidios y regulaciones que favorecen la adopción de energías limpias y la mejora de la eficiencia energética, al mismo tiempo que eliminan gradualmente los subsidios a los combustibles fósiles. España ha implementado una variedad de incentivos fiscales, subsidios y regulaciones para fomentar la adopción de energías limpias y mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, la efectividad de estas medidas varía, y se sugiere una mayor integración y optimización de los incentivos fiscales y subsidios para lograr un impacto más significativo (Pablo-Romero, M., et al., 2013).

Así pues, la transición energética está evolucionando hacia un nuevo paradigma que considera la sostenibilidad, la economía circular y las soluciones basadas en la naturaleza como pilares fundamentales, y aunque aún existen desafíos importantes, como la dependencia de materiales críticos o las desigualdades en el acceso a la energía, el impulso global hacia la descarbonización y la adopción de nuevas tecnologías está moldeando un futuro energético más limpio y resiliente. El cambio hacia este nuevo paradigma no solo ayudará a mitigar el cambio climático, sino que también puede generar un sistema económico más equitativo y respetuoso con el medio ambiente.

En el ámbito de lo cercano, la transición energética debe afectar al sur de España de manera justa y equilibrada, evitando repetir patrones históricos de desigualdad. Para ello, no debe convertirse en una mera «pila de producción y almacenamiento energético» para las regiones más industrializadas, sino crear oportunidades económicas reales para estas zonas, y no solo para los propietarios de tierras. Está surgiendo un movimiento social que reivindica la energía renovable como alternativa a los combustibles fósiles, pero que está en contra de la forma en la que se está produciendo la instalación de determinadas plantas energéticas cuya afección territorial es muy alta. «Renovables sí, pero no así», es el lema. Lo que demuestra que es necesario evitar la concentración excesiva de proyectos renovables en zonas ya históricamente sacrificadas, con una distribución de instalaciones más equilibrada a nivel nacional, incluyendo regiones como Cataluña, País Vasco o Madrid. Se debe fomentar un modelo híbrido que incluya comunidades energéticas locales junto con productores más grandes, lo que permitiría una mayor participación y beneficio directo para las comunidades locales, y sobretodo aplicando criterios de gobernanza allí donde se lleven a cabo determinadas actuaciones territoriales en esa línea.

La implementación de proyectos renovables debe realizarse de manera inteligente, priorizando el uso de suelos ya construidos, zonas industriales y áreas antropizadas de escaso valor ambiental, porque es crucial evitar un impacto negativo en la biodiversidad y los ecosistemas locales. Pero también se debe generar empleos de calidad en la industria local, especialmente en sectores como la manufactura, construcción y mantenimiento asociados a las energías renovables. Por tanto, debe verse como una oportunidad para revitalizar la «España vaciada», creando nuevas oportunidades económicas, mejorando la infraestructura local y promoviendo el autoconsumo y la autosuficiencia energética en las comunidades locales, reduciendo la dependencia de grandes corporaciones externas, pero no a cualquier precio y utilizarla como almacén de recarga energética, a costa de los valores territoriales y paisajísticos. Si bien la IA consume mucha energía, su capacidad para mejorar la eficiencia energética y fomentar el uso de energías renovables podría convertirla en una aliada clave en la lucha contra la crisis energética.

Para lograr estos objetivos, es fundamental que la planificación de la transición energética no quede exclusivamente en manos de las grandes empresas promotoras, sino que involucre activamente a las administraciones públicas, comunidades locales y organizaciones de la sociedad civil. Solo así se podrá garantizar una transición justa que beneficie realmente al sur de España y no reproduzca los desequilibrios del pasado.

En definitiva, no solo debe ser sostenible, sino también debe ser gestionada de manera inclusiva y equitativa para abordar eficazmente los desafíos del cambio climático y el desarrollo sostenible, e implementar estructuras de gobernanza que sean transparentes y responsables para aumentar la confianza y la aceptación pública. La integración de estos criterios asegura que la transición no solo sea ambientalmente responsable, sino también socialmente justa y económicamente viable. —

Referencias

- Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E., Smith, P., & Haines, A. (2016). The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165797>.
- Alessia, A., Alessandro, B., Maria, V., Carlos, V., & Francesca, B. (2021). Challenges for sustainable lithium supply: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 126954. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126954>.
- Hulme, M. (2009). On the origin of 'the greenhouse effect': John Tyndall's 1859 interrogation of nature. *Weather*, 64. <https://doi.org/10.1002/WEA.386>.
- Jayaraj, N., Ananthram, S., & Klarin, A. (2024). Residential Solar Adoption and Transition Towards Solar Energy Storage for a Sustainable Future. *2024 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICECET61485.2024.10698415>.
- Kidd, C. (1992). The evolution of sustainability. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 5, 1-26. <https://doi.org/10.1007/BF01965413>.
- Kittner, N., Lill, F., & Kammen, D. (2017). Energy storage deployment and innovation for the clean energy transition. *Nature Energy*, 2. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.125>.
- Liang, M. (2024). Specific application of nature-based solutions in ecological restoration. *Theoretical and Natural Science*. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/37/20240209>.
- Lv, W., Wang, Z., Cao, H., Sun, Y., Zhang, Y., & Sun, Z. (2018). A Critical Review and Analysis on the Recycling of Spent Lithium-Ion Batteries. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6. <https://doi.org/10.1021/ACSSUSCHEMENG.7B03811>.
- Malav, L., Yadav, K., Gupta, N., Kumar, S., Sharma, G., Krishnan, S., Rezaia, S., Kamyab, H., Pham, Q., Yadav, S., Bhattacharyya, S., Yadav, V., & Bach, Q. (2020). A review on municipal solid waste as a renewable source for waste-to-energy project in India: Current practices, challenges, and future opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123227>.
- Mellos, K. (1988). Theory of Eco-development. , 59-74. https://doi.org/10.1007/978-1-349-19598-5_4.
- Pawar, G., & Ewing, R. (2022). Recent advances in the global rare-earth supply chain. *MRS Bulletin*, 47, 244 - 249. <https://doi.org/10.1557/s43577-022-00305-6>.
- Pablo-Romero, M., Sánchez-Braza, A., & Pérez, M. (2013). Incentives to promote solar thermal

Rada, E. (2023). Origins of the Concept of Circular Economy and its Evolution. *CONNECT. International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies*. <https://doi.org/10.7250/conect.2023.110>.

Randrup, T., Buijs, A., Konijnendijk, C., & Wild, T. (2020). Moving beyond the nature-based solutions discourse: introducing nature-based thinking. *Urban Ecosystems*, 23, 919 - 926. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00964-w>.

Robertson, G., Hamilton, S., Paustian, K., & Smith, P. (2022). Land based climate solutions for the United States. *Global Change Biology*, 28, 4912 - 4919. <https://doi.org/10.1111/gcb.16267>.

Sarker, M., Haram, M., Shern, S., Ramasamy, G., & Farid, F. (2024). Second-Life Electric Vehicle Batteries for Home Photovoltaic Systems: Transforming Energy Storage and Sustainability. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en17102345>.

Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S., & Turner, B. (2021). Getting the message right on nature based solutions to climate change. *Global Change Biology*, 27. <https://doi.org/10.1111/gcb.15513>.

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>.

Shpatakova, O. (2023). EVOLUTIONARY ASPECTS OF USING THE ENERGY EFFICIENCY CONCEPT IN THE BUILDING SECTOR. *Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*. <https://doi.org/10.32782/2307-5651.24.2022.10>.

Vaquero, M., Sánchez-Bayón, A., & Lominchar, J. (2021). European Green Deal and Recovery Plan: Green Jobs, Skills and Wellbeing Economics in Spain. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en14144145>.

Velenturf, A. (2021). A Framework and Baseline for the Integration of a Sustainable Circular Economy in Offshore Wind. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en14175540>.

Wimbadi, R., & Djalante, R. (2020). From decarbonization to low carbon development and transition: A systematic literature review of the conceptualization of moving toward net-zero carbon dioxide emission (1995–2019). *Journal of Cleaner Production*, 256, 120307. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120307>.

Zhang, J., & Li, J. (2024). Revolution in Renewables: Integration of Green Hydrogen for a Sustainable Future. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en17164148>.

Antonio Heredia Bayona

Grieta

Antonio Heredia Bayona

Grieta

Antonio Heredia es profesor de la UMA.



Trayectoria del Antropoceno

Manuel Arias Maldonado

Universidad de Málaga

DURANTE SIGLOS, LOS CIENTÍFICOS ESTUDIARON ESO QUE LLAMAMOS «naturaleza» con la intención de explicar sus regularidades y anomalías; solo en la modernidad tardía empezaron a comprender que la acción del ser humano puede provocar en ella cambios significativos. Aunque no modificamos las leyes —o eso que llamamos leyes— que gobiernan su funcionamiento, hemos sido capaces de alterar este último; lo hemos hecho de manera deliberada, por ejemplo, criando especies animales o editando material genético, pero también y sobre todo sin querer: nadie ha *querido* el cambio climático ni *buscado* reducir la biodiversidad. Nuestra forma de estar en el mundo, caracterizada por la adaptación agresiva al entorno, ha provocado efectos colaterales. De ahí que haya un sentido en el que puede afirmarse que la naturaleza se ha convertido en el medio ambiente humano; aunque no deje de ser naturaleza y retenga, como atestiguó la reciente pandemia, una relativa independencia. Y todo, claro, es cuestión de escala: si mañana el sol se apagara, nada podríamos hacer para evitarlo. En todo caso, parece evidente que no podemos ya limitarnos a observar la *naturaleza* por un lado y la *sociedad* por otro, sino que habremos de ocuparnos asimismo —sin molestar a quienes siguen dedicándose a analizar separadamente esos dos objetos de estudio— de las *relaciones socionaturales* y del impacto que su desarrollo produce en la naturaleza y la sociedad. Esas relaciones socionaturales, caracterizadas por su dinamismo y por la creciente capacidad de nuestra especie para transformar su medio ambiente, pueden a su vez contemplarse desde diferentes puntos de vista: los historiadores medioambientales investigan su pasado, los climatólogos se ocupan del cambio climático de origen antropogénico, los antropólogos comparan las respuestas de distintos grupos humanos a diferentes presiones ambientales. Y así sucesivamente.

66

Pero la premisa será la misma en todos los casos, porque se ha hecho evidente en nuestra época: aunque el mundo natural condiciona la acción humana, nuestra especie se ha mostrado capaz de transformar su medio ambiente; en eso consiste su peculiar «modo de ser». Ahora bien: lo que hemos descubierto *últimamente* es que la acumulación de impactos antropogénicos a lo largo del tiempo y el espacio ha terminado por desestabilizar los sistemas naturales planetarios. Palabras mayores: no se trata ya de la

destrucción de un bosque o la extinción de una especie; es el equilibrio del sistema terrestre lo que se ha visto alterado y está conduciendo la Tierra hacia un nuevo equilibrio cuyos rasgos desconocemos. Vivimos ya, o estamos haciendo la transición hacia, el Antropoceno.

Tal es el nombre que hemos dado a la «*época humana*» que se abre cuando nuestra especie logra —aun sin quererlo— convertirse en un agente de cambio medioambiental a nivel planetario. Desde este punto de vista, el Antropoceno describe un *estado* de las relaciones socionaturales tanto como un *periodo* de la historia: uno cuyas causas pueden identificarse en el pasado y que se abre al futuro que tenemos por delante. Pero también es un nuevo marco epistémico para el análisis de las relaciones socionaturales: uno cuya premisa es que el ser humano ha transformado su medio ambiente y debe ser tomado en consideración, tanto a nivel micro como a nivel macro, como factor determinante de cambio en los sistemas naturales. Y es un marco que no sirve únicamente a los fines de las ciencias naturales, sino que las trascienden. Porque el Antropoceno ha sido recibido con entusiasmo por un buen número de científicos sociales y humanistas; acaso porque dice algo que esperaba a ser dicho: que la naturaleza ya no es enteramente «natural» debido a la sostenida intervención del ser humano sobre ella. Sin el concurso de las ciencias naturales, sin embargo, no habría concepto alguno que asimilar.

Antropoceno y sistema terrestre

Nada es nunca completamente nuevo: también el Antropoceno conoce sus precedentes. Ya durante el siglo XIX, tan abundante en hallazgos científicos, hay pensadores que se percatan del impacto que sobre el entorno planetario empieza a tener la sociedad industrial y globalizada. Puede así trazarse una temprana genealogía del Antropoceno: si el célebre naturalista que es el Conde de Buffon afirma en 1778 que la faz de la Tierra tenía la marca del poder humano, el geólogo italiano Antonio Stoppani define a la humanidad como un poder geofísico en 1873, el conservacionista norteamericano George Perkins Marsh describe la transformación humana del planeta y el también geólogo Robert Sherlock arguye que la minería constituye la forma más importante de impacto antropogénico (véase Kasting 2013). Se trata del Antropoceno antes del Antropoceno: un conjunto de intuiciones que carecen de la nitidez con que hoy se perfila una hipótesis que se asienta sobre décadas enteras de medición y comparación más o menos rigurosa.

67

Cambio climático, acidificación de los océanos, pérdida de biodiversidad, reubicación de especies animales en todo el planeta, incremento de la biomasa humana y de los animales de los que se alimentan los humanos, proliferación de minerales de origen antropogénico, acumulación de residuos y proliferación del plástico: he aquí las principales manifestaciones medioambientales del Antropoceno (véanse Steffen et al. 2011, Folke et al. 2021). Su causa está en el desarrollo social: aumento de la población mundial, extracción de recursos, creación de un sistema alimentario global, movimiento masivo de personas alrededor del mundo, intercambio tecnológico, aumento del comercio internacional, desarrollo de un sistema de transporte asimismo global. Resulta de ahí una disrupción del sistema terrestre que solo adquiere sentido cuando se comparan los datos y tendencias observables con situaciones previas. En palabras de la historiadora Julia Adenay Thomas:

«Durante siglos, los científicos estudiaron eso que llamamos "naturaleza" con la intención de explicar sus regularidades y anomalías; solo en la modernidad tardía empezaron a comprender que la acción del ser humano puede provocar en ella cambios significativos».

«Hemos de situarlo en el contexto del pasado de nuestro planeta, que empieza aproximadamente hace 4054 millones de años. También hemos de evaluarlo en el marco del pasado profundo de la historia humana, en la que el *Homo sapiens* evolucionó hace 300.000 años, convirtiéndose en una fuerza dominante y pasando a ser luego, en el curso del siglo XX, una especie capaz de cambiar el planeta» (Thomas 2022: 3).

Que hablemos de «sistemas naturales» delata el enfoque científico elegido: las llamadas Ciencias del Sistema Terrestre son una de las subdisciplinas que apuestan por la hipótesis del Antropoceno. Su punto de partida es conocido: la Tierra es un sistema complejo, vale decir, un sistema de fuerzas y flujos interconectados de forma intrincada y potencialmente inestable. Son rasgos estructurales del sistema terrestre la circulación oceánica, la química atmosférica, la fisiología de los ecosistemas, el ciclo hidrológico, la biodiversidad. Digamos entonces que la ciencia del sistema terrestre es la disciplina que intenta comprender cómo funciona el planeta entendido como un sistema total. Es un enfoque relativamente nuevo, cuyo origen puede rastrearse en el superorganismo terrestre de Vernadsky o en la hipótesis Gaia de James Lovelock, según la cual la vida planetaria se regula a sí misma buscando su equilibrio.

Su práctica reciente trata de aplicar al nivel global el concepto de sistema socioecológico aplicado con éxito para entender las interacciones entre los seres humanos y su entorno natural en el plano local y regional (Folke et al. 2011). A fin de cuentas, el sistema planetario existe: el reto es comprenderlo. Se diría que esta nueva subdisciplina ha alcanzado la mayoría de edad identificando ese sistema, en el momento de la disrupción monumental que supone la transición del Holoceno al Antropoceno (Hamilton 206). Ya si el Holoceno es —o era— un tipo particular de equilibrio planetario, el Antropoceno parece ser otro (véanse Scheffer, 2009; Zalasiewicz, Crutzen, Steffen, 2012). En ese sentido, la Declaración de Amsterdam sobre el Cambio Global, realizada durante una reunión del International Geosphere-Biosphere Programme en 2001, establece que «el sistema terrestre se comporta como un sistema único y autorregulado, compuesto por componentes físicos, químicos, biológicos y humanos», añadiendo que «los cambios antropogénicos realizados sobre la superficie de la Tierra, sus océanos, costas y atmósfera, así como a su diversidad biológica, el ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos, resultan claramente identificables más allá de la variabilidad natural» (véanse Stizeinger et al. 2015).

69

Así que los científicos del sistema terrestre se ocupan de determinar cómo funcionan el sistema terrestre y sus diferentes subsistemas, evaluando la medida en que uno y otros se han visto desestabilizados por la actividad humana. Nótese, sin embargo, que proceden a *incluir* a los humanos en el sistema planetario cuando proceden a observarlo (véanse Toivanen et al. 2017). Y, de hecho, no sostienen que los impactos antropogénicos sobre los sistemas naturales sean algo nuevo. El Antropoceno es una cuestión de grado: antes de la Revolución Industrial, la *capacidad* humana de alterar el sistema terrestre era aún modesta en términos relativos. En ese periodo, han tenido lugar asimismo acontecimientos puramente *naturales* que han afectado a los sistemas planetarios; ahí están las grandes erupciones volcánicas y los terremotos más devastadores. Pero ha sido la influencia humana sobre el sistema terrestre la que ha crecido de manera sostenida desde el

comienzo del industrialismo, acelerándose notablemente en los últimos 75 años. A este último periodo, que incluye el crecimiento de posguerra y la globalización post-soviética, se lo ha llamado «Gran Aceleración» (véanse McNeill 2000, Steffen et al. 2007).

La geología del Antropoceno

Pero los científicos del sistema terrestre no son los únicos que han dado impulso a la hipótesis del Antropoceno; los geólogos también lo han hecho. Bien puede decirse, claro, que la geología es la ciencia *terrestre* por definición. Su argumento es sencillo: convertida la humanidad en una fuerza geofísica global, los cambios por ella provocados tendrían reflejo en el registro fósil del planeta. Así lo sostienen los miembros del Anthropocene Working Group, dedicados a promover el reconocimiento de la nueva época geológica ante la Comisión Internacional de Estratigrafía que tiene encomendada la tarea de fijar oficialmente el cronograma terrestre (véanse Zalasiewicz et al. 2017).

Sucede que la adición del Antropoceno a la Escala Temporal Geológica solo puede hacerse sobre la base de pruebas estratigráficas concluyentes, lo que exige la identificación de un marcador fósil global e isócrono susceptible de identificar el comienzo de un periodo formal de tiempo geológico; por eso se lo denomina «estaca dorada» o *golden spike*. De ahí que el citado *working group* se haya tomado su tiempo para hacer una propuesta formal, en cuyo curso se ha debatido acerca de cuál deba ser esa fecha inaugural. Se han considerado las siguientes: el Antropoceno *temprano* que da comienzo con la revolución agrícola; el Antropoceno *colombino*, que deriva del impacto global del intercambio de la biota europea sobre la americana entre los siglos XV y XVIII; el Antropoceno *industrial* que se asocia a la modernidad; y el Antropoceno de la Gran Aceleración, situada en torno a 1950 (véanse Ruddiman 2003, Baskin 2015, Toivanen 2017, Lewis y Maslin 2017). Finalmente, se optó por este último; como marcador fósil llamado a simbolizar su comienzo se propuso el Lago Crawford, cercano a Toronto, donde se han hallado restos de plutonio procedentes de las pruebas que se hicieron con la bomba de hidrógeno en 1952.

Sin embargo, los miembros de la Subcomisión de Estratigrafía Cuaternaria votaron en 2024 contra de la propuesta. Fue un desenlace polémico; hubo acusaciones de juego sucio (véase Johnson 2024). Pero si la solicitud hubiera salido adelante en esa instancia, aun habría tenido que recabar el voto favorable de otros dos organismos: la Comisión Internacional de Estratigrafía y la mencionada Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Y si bien esta temprana derrota constituye una decepción para sus promotores, la propuesta puede volver a presentarse más adelante; un cambio en los equilibrios de poder dentro de la famosa subcomisión podría dar un giro a los acontecimientos y desembocar —andando el tiempo y las reuniones— en el abrupto final del breve Holoceno.

Con todo, no puede explicarse la derrota del Antropoceno en sede estratigráfica como resultado de la cerrazón dogmático de un puñado de científicos naturales. Earl Ellis, destacado ecólogo norteamericano que abandonó el Anthropocene Working Group por discrepancias con sus colegas, ha defendido que el Antropoceno no puede identificarse con una ruptura temporal precisa. Al tratarse más bien de un proceso gradual y profundo, sugiere,

deberíamos categorizarlo como un «episodio» (*event*) de la larga historia geológica; a la manera de la Gran Oxigenación acontecida hace dos mil millones de años. Mientras que un *episodio* geológico se desarrolla en el tiempo de manera progresiva, como sucede con la industrialización humana y sus efectos, los cambios de época atañerían a rupturas marcadas derivadas —como las grandes extinciones— de acontecimientos particulares.

Quienes concuerdan con este enfoque recuerdan que la declaración del Antropoceno como episodio geológico no necesita aprobación formal ni «estaca dorada» alguna: basta el consenso epistémico en el interior de la comunidad científica (véanse Walker et al. 2024, Finney y Gibbard 2023). Al fin y al cabo, también los procesos históricos que dan lugar al Antropoceno tienen carácter asíncrono: los orígenes de la agricultura, los comienzos de la urbanización, la colonización de las Américas, la Revolución Industrial o la Gran Aceleración. El Antropoceno los englobaría a todos en un relato causal común, sin que ello se corresponda con una época geológica nueva. Tal como apuntaba tempranamente el paleoecólogo Valentí Rull (2013), no es necesario definir formalmente el Antropoceno como una época geológica para aceptar que la actividad humana ha cambiado los procesos del sistema terrestre de manera significativa durante los últimos siglos. Ni que decir tiene que esto no priva al concepto de su potencial resonancia cultural, ni le impide ser reconocido como un periodo singular donde la historia humana y la historia del planeta convergen de manera irreversible.

¿Quién tiene razón? A los defensores del Antropoceno como época formal no les faltan buenos argumentos. Identificar los restos de los ensayos nucleares como marcador fósil en modo alguno implica que el Antropoceno sea una ruptura equiparable a la que representaron las anteriores. Hay que recordar que el Holoceno empieza cuando termina una glaciación; vivimos un periodo interglaciar. Y si entonces empieza a producirse el impacto antropogénico sobre la Tierra, lo que experimenta el planeta en los siglos XIX y XX es el resultado de su *acumulación* temporal; un impacto cada vez más intenso a causa del desarrollo tecnológico y el aumento de la población humana. Así que la *golden spike* del Antropoceno no señalaría el momento exacto en el que ese cambio se produce, sino que permitiría identificar su comienzo aproximado en el registro fósil de la Tierra de acuerdo con los criterios estratigráficos vigentes.

71

Ocurre que la geología, dedicada al estudio del tiempo profundo, no está acostumbrada a ocuparse del presente. Y ahí radica una de las singularidades del Antropoceno, que habría sido y todavía podría llegar a ser la primera época geológica declarada por sus contemporáneos. Si los sedimentos depositados cerca de Toronto en 1952 parecen una señal arbitraria, es también por la falta de distancia temporal que mantiene con ellos el observador humano. Si adoptásemos el punto de vista del futuro profundo, algunas resistencias epistémicas podrían quizá vencerse. Quien mirase hacia atrás desde ese porvenir —aunque entonces no habrá ya observadores— podría encontrar en nuestros días la prueba de una mutación planetaria que hoy nos resistimos a formalizar.

Conclusión: la realidad y el concepto.

Rechazar la inclusión del Antropoceno en la historia *geológica* de la Tierra no equivale a rechazar las acepciones *históricas* o *culturales* del Antropoceno.

Podemos hablar de una «*época humana*» de maneras distintas; la manera geológica solo es una de ellas. Ya que el Antropoceno no es un objeto de la realidad del que las ciencias puedan ocuparse mediante el análisis empírico, ni tampoco una teoría que intente dar sentido al funcionamiento del mundo natural, sino más bien la *interpretación* que damos a lo que sabemos acerca del impacto antropogénico sobre los sistemas naturales. Naturalmente, el Antropoceno se refiere a una realidad; pero él mismo no es «realidad» del modo en que lo son sus manifestaciones: del cambio climático a la pérdida de biodiversidad. En consecuencia, el Antropoceno es un *estado* de las relaciones siconaturales caracterizado por la distorsión antropogénica de los sistemas naturales planetarios, por contraste con el impacto local o regional propio de otros momentos históricos, así como un *periodo histórico* que puede referirse tanto a la historia humana como a la historia geológica... o ambas a la vez.

Para los practicantes de las ciencias humanas en sentido amplio, de hecho, es algo muy distinto: un acontecimiento conceptual que sacude el campo semántico de la modernidad (Rowan 2014). Algo así como una nueva «condición» que nos impele a repensar la manera en que la humanidad se contempla a sí misma (Thomas, Williams, Zalasiewicz 2020). Huelga decir que el concepto funciona justamente porque se basa en una realidad mensurable; sin el concurso de las ciencias naturales, no habría Antropoceno sobre el que discutir. ¿Queremos dar ese nombre a un periodo histórico caracterizado por la imbricación de los sistemas sociales y naturales? Parece una buena idea.

A partir de esa premisa elemental, las ciencias sociales y las humanidades discutirán el significado e implicaciones normativas del Antropoceno echando mano de sus herramientas específicas: ¿cuál es el *sentido* que hemos de dar al Antropoceno y qué *debemos* hacer con él?

A la hora de responder, el desacuerdo es inevitable; incluso si, a la hora de hacerlo, intentamos no alejarnos demasiado de lo que nos dicen las ciencias naturales. Por ejemplo; unos creen que el Antropoceno demuestra el entretrejimiento irreversible de sociedad y naturaleza (Arias-Maldonado 2015); otros defienden que necesitamos una ontología dualista que preserve la distinción analítica entre ambas (Saito 2022). Dado que ambas interpretaciones son plausibles, resulta imposible *demostrar* la superior validez de ninguna de ellas; solo podemos discutir acerca de la relativa *plausibilidad* de cada una. Resulta por ello aconsejable observar el Antropoceno como el «pluriverso» que es, dejando el margen necesario para que compitan entre sí sus diferentes lecturas (véanse Hoelle y Kawa 2021, Hafner 2022). Si el Antropoceno es uno, sus interpretaciones son muchas. Y está bien que así sea. —

**«Rechazar la inclusión del
Antropoceno en la historia
geológica de la Tierra no
equivale a rechazar las
acepciones *históricas* o
culturales del Antropoceno».**

Referencias

ARIAS-MALDONADO, M. (2015): *Environment & Society: Socionatural Relations in the Anthropocene*. Cham: Springer.

BASKIN, J. (2015): Paradigm dressed as epoch: The ideology of the Anthropocene, *Environmental Values*, 24: 9-29.

FINNEY, S. C. y IBBARD, P. L. (2023): The Humanities are invited to the Anthropocene Event but not to the Anthropocene Series/Epoch: a response to Chvostek. *Journal of Quaternary Science*, 38: 461-462.

FOLKE, C., Jansson, A., Rockström, J. et al. (2011): Reconnecting to the Biosphere. *Ambio*, 40(7): 719-738.

FOLKE, C., POLASKY, S., ROCKSTRÖM, J. et al. (2021): Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*, 50: 834-869.

HAFNER, R. (2022): The Anthropocene: Thought styles, controversies and their expansions: A review. *Die Erde*, 153(3): 149-161.

HAMILTON, C. (2016): The Anthropocene as rupture», *The Anthropocene Review*, 3(2): 93-106.

HOELLE, J. y KAWA, N. C. (2021): Placing the anthropos in Anthropocene. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(3): 655- 662

JOHNSON, B. (2024): Scientific leaders: «No Anthropocene» vote was a sham. *Hill Heat: Climate science, policy, politics, and action*, 6 marzo. Disponible en: <https://www.hillheat.com/articles/2024/03/06/scientific-leaders-no-anthropocene-vote-was-a-sham>

KASTING, J. (2013): How far have we come in Earth system science?» *Earth's Future*, 1: 42-44.

LEWIS S y MASLIN, M. (2017): *The Human Planet: How We Created the Anthropocene*. Londres: Penguin.

MCNEILL, J. (2000): *Nothing New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth Century*, Londres: Penguin.

ROWAN, R., (2014): Notes on politics after the Anthropocene». *Progress in human geography*, 38(3): 439-456.

RUDDIMAN, W. (2003): The Anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. *Climatic Change*, 61(3): 261–293.

RULL, V. (2013): A futurist perspective on the Anthropocene. *The Holocene*, 23(8): 1-4.

SAITO, K. (2022): *Marx in the Anthropocene. Towards the Idea of Degrowth Communism*. Cambridge: Cambridge University Press.

SEITZINGER, S., Gaffney, O., Brasseur, G., et al. (2015). International Geosphere–Biosphere Programme and Earth system science: Three decades of co-evolution. *Anthropocene*, 12: 3-16.

STEFFEN, W., CRUTZEN, P., MCNEILL, J. (2007): The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, 36(8): 614-621.

STEFFEN, W., PERSSON, A, DEUTSCH, L., et al. (2011): The anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40: 739-761.

THOMAS, J., WILLIAMS, M., ZALASIEWICZ, J. (2020): *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach*. Cambridge: Polity.

THOMAS J. (2022): Introduction: The Growing Anthropocene Consensus. En: J. Thomas, (ed.), *Altered Earth. Getting the Anthropocene Right* (pp. 1-17). Cambridge: Cambridge University Press.

TOIVANEN, T., LUMMAA, K., MAJAVA, et al. (2017): The many Anthropocenes: A transdisciplinary challenge for the Anthropocene research. *The Anthropocene Review*, 4(3): 183-198.

ZALASIEWICZ, J. et al. (2017): Making the case for a formal Anthropocene epoch: an analysis of ongoing critiques. *Newsletters on Stratigraphy*, 50(2): 205-226.

WALKER, J.C., BAUER, A.M., Edgeworth, M. et al. (2024), The Anthropocene is best understood as an ongoing, intensifying, diachronous event. *Boreas*, 53: 1-3.

WITZE, A. (2024): Geologists reject the Anthropocene as Earth's new epoch — after 15 years of debate. *Nature* 627: 249-250.

Pilar Orellana Rico

Economía circular pop

Pilar Orellana Rico

Economía circular pop

El *collage* representa el concepto de Economía circular desde una perspectiva pop: accesible, divertida, colaborativa y llena de color. En la imagen se muestran distintas manos que representan el espíritu colaborativo de los proyectos de economía circular —donde todas las aportaciones suman—, así como las muchas vidas que pueden tener los recursos que se reinventan al pasar de mano a mano, de uso a uso. Todo en el marco del cuidado de nuestro planeta. Mediante esta representación en estilo pop intento que esta filosofía se perciba como algo popular y cercano, algo de lo que todos podemos formar parte. Lo que podía percibirse en blanco y negro, en realidad es una explosión de color que nos involucra a todos.

Pilar Orellana es una ilustradora y diseñadora editorial malagueña. Tras licenciarse en Periodismo en la UMA, descubrió que lo que más le interesaba era contar historias a través de diseños e ilustraciones. Sus técnicas favoritas son el *collage* y la ilustración digital. La cultura popular, el folclore, la gastronomía y la mujer son los temas más recurrentes en sus trabajos. Sus proyectos personales muestran escenas surrealistas que nos hacen escapar de la realidad del día a día: «La ilustración me permite plantear situaciones imposibles y, a veces, idealizadas.» Durante la última década, ha colaborado con periódicos y revistas; marcas como Amazon y Royal, e ilustrado las portadas de varias novelas. También ha diseñado proyectos más locales como la cartelería para diferentes eventos gastronómicos y culturales de Rincón de la Victoria.

78



***Rewilding* ¿Desextinguendo especies o debates filosóficos?**

Cristian Moyano-Fernández

Instituto de Filosofía, CSIC

EN PRIMER LUGAR, ESTE TEXTO MERECE UNA ACLARACIÓN LINGÜÍSTICA. ¿Por qué usar el término en inglés *rewilding* y no una traducción? Aunque distintas traducciones al español se han propuesto (como renaturalizar, asilvestrar o resalvajar) ninguna queda exenta de polémica conceptual (Moyano 2022; Moyano 2024).

El *rewilding* es una estrategia de biología de la conservación que, a través del restablecimiento de las funcionalidades ecológicas, la biodiversidad y de las redes tróficas, busca regenerar ecosistemas naturales que han sufrido perturbaciones humanas significativas (Pettorelli et al. 2019; Hart et al. 2023; Hawkins et al. 2023). Además, el *rewilding* es una herramienta conservacionista con diversas aristas filosóficas que merecen un examen detenido. De esto busca ocuparse el presente artículo.

No obstante, aparentemente, un aspecto del *rewilding* que suele levantar tanto acusados recelos como entusiasmos, es su relación con la desextinción. Es común escuchar que el *rewilding* es un enfoque y metodología conservacionista capaz de devolver a la vida entidades que parecían perdidas para siempre. ¿Pero realmente promete tanto cómo podría parecer? ¿Cuál es el alcance del *rewilding* a la hora de devolver la vida a algo?

80

No se desextinguen especies *stricto sensu*

La extinción de especies es el punto final de la crisis de biodiversidad, es el último efecto que todo conservacionista trata de prevenir. Esto es porque se trata de un proceso completamente irreversible. Cuando una especie se extingue, esta desaparece para siempre. Quienes participan y lideran las iniciativas de *rewilding* no niegan esta evidencia científica.

¿Por qué, entonces, se habla en algunos medios, tanto de comunicación como académicos, de desextinción y *rewilding*, como una pareja prometedora capaz de frenar la extinción biológica? El principal motivo, y el más relevante para salvar la coherencia con la filosofía del *rewilding*, es porque muchos procesos ecológicos sí son reversibles. Así, aunque una especie que desempeñaba un cierto rol ecológico desaparezca, puede haber otra especie (*proxy*) con un comportamiento ecológico semejante que cubra el nicho funcional vacante.

Esto es lo que da lugar a acaloradas discusiones entre biólogos y ecólogos. Unos sostienen que si no hay registros de que una especie existió en un territorio dado, puede no ser razonable introducir otra especie taxonómicamente distinta, aunque sus funciones ecológicas sean casi idénticas. Otros (en su mayoría, defensores del *rewilding*), en cambio, afirman que es más importante la funcionalidad que la taxonomía. A la práctica, por ejemplo, esto puede resultar en que desde el *rewilding* sí se vea con buenos ojos la introducción del bisonte europeo (*bison bonasus*), aún sin que haya registros claros de que esta especie hubiera habitado alguna vez la península Ibérica, porque imita las funciones del bisonte estepario (*bison priscus*) que sí fue autóctono de la península. En cambio, estas introducciones pueden ser rechazadas desde otros sectores de la conservación.

Hay proyectos, denominados de *rewilding*, que son más ambiciosos y tratan de suplir las funciones ecológicas que se han desvanecido por la extinción de una especie mediante la recreación de esa misma especie, en un proceso de resurrección no solo funcional sino incluso taxonómica. Ejemplos de estos proyectos de laboratorio lo pueden dar los intentos por desextinguir el mamut lanudo (*mammuthus primigenius*), que una vez habitó las regiones siberianas y que se considera un aliado clave para retener el gas metano bajo el permafrost y combatir el cambio climático, o por desextinguir el tigre de Tasmania (*thylacinus cynocephalus*), a fin de restablecer cascadas tróficas en las islas australianas. En realidad, tales resurrecciones, en las que hay invertida una cantidad ingente de dinero y depende de las altas tecnologías en modificación genética, no pueden considerarse hoy en día desextinciones completas, en sentido estricto, sino que a lo sumo lograrían crear especies híbridas (Evans Ogden 2014), a caballo entre las que una vez habitaron nuestro planeta y las que filogenéticamente se asemejan y aún viven.

Es difícil resolver si estos experimentos deberían seguir llamándose de *rewilding*, cuando hay tantos esfuerzos activos y con tantas manipulaciones humanas para lograr recuperar funciones ecológicas. Aun siendo el *rewilding* un proceso polisémico y un concepto plástico (Burlingame 2025), y capaz de abrazar una amplia pluralidad de metodologías, en la literatura académica parece haber un consenso en cuanto algunos ejes definitorios y valores centrales: la retirada de las presiones antropogénicas sobre la vida no humana y abrazar una actitud humilde respecto a nuestro papel en el control de la naturaleza. Cuesta de asumir que estos proyectos tecnológicos de desextinción más ambiciosos, basados en la resurrección y clonación de especies mediante hibridaciones en laboratorios, siga manteniéndose fiel al sentido del *rewilding*.¹

Bien es cierto que, desde sus orígenes, el *rewilding* siempre ha contemplado la posibilidad de hibridar especies para recrear caracteres semejantes al de sus progenitores ya extintos (como sería el caso del bovino de Heck, que recrearía la especie *bos primigenius*, en la reserva holandesa de Oostvaardersplassen) (Lorimer y Driessen 2013). Pero hay matices distintos entre hibridar especies mediante una selección artificial basada en

1 Esto no implica necesariamente cuestionar la fidelidad conceptual con el *rewilding* que pueden mantener las propuestas de *rewilding* pleistocénico (Donlan et al. 2006), dado que pueden pretender recuperar ecosistemas o especies del Pleistoceno sin que estas últimas estén hoy en día globalmente extintas, sino solo localmente desaparecidas en el medio salvaje.

técnicas de laboratorio, que en la crianza selectiva que se ha llevado a cabo desde hace siglos, sino milenios, con la domesticación de animales a fin de lograr ciertos rasgos deseables, como la docilidad, la velocidad, la productividad, etc. La tecnología no es plenamente neutra, sino que conlleva implícitamente una serie de condiciones socioculturales y valorativas en su desarrollo y aplicación (Moyano 2022).

Cuando Celia, la última bucardo (*capra pyrenaica pyrenaica*) se extinguió de los Pirineos aragoneses en el 2000, hubo diversos esfuerzos por clonar su material genético y dar lugar a una réplica exacta de esta subespecie de la cabra montés. Sin embargo, todos los intentos fracasaron. Hoy, vuelven a haber cabras montesas recorriendo los Pirineos aragoneses, gracias a las migraciones naturales de las reintroducciones llevadas a cabo en la vertiente francesa del norte pirenaico. Aunque no son la subespecie idéntica a la que pertenecía Celia, las cabras montesas que se están recuperando en los Pirineos ejercen funciones ecológicamente equivalentes a sus extintos compañeros, los buardos (Torres et al. 2017).

El *rewilding* no va necesariamente de reintroducir y traslocar especies. Esta es la rama que la literatura ha denominado específicamente como *rewilding* trófico o activo (Pettorelli et al. 2019; Palau 2020), y puede ser muy beneficioso, como en el caso ilustrado de las cabras montesas o tantos otros ejemplos actuales, como la recuperación de caballos y bovinos asilvestrados en el Parque Natural del Alto Tajo o en el Valle del Côa, gracias a los esfuerzos de la Fundación Rewilding Europe. Pero no hay que olvidar que hacer *rewilding* consiste principalmente en dejar espacio a la naturaleza para que ella sola pueda recuperarse y autogestionarse (Hart et al. 2023). De modo que, antes que seguir controlando e interviniendo en la vida salvaje, quizás una de las lecciones éticas que nos brinda el *rewilding* es que cuanto deberíamos controlar son aquellas acciones humanas que, constantemente, coartan el florecimiento y la autonomía de las demás especies.

Se desextinguen viejos debates filosóficos

La relación entre la desextinción y el *rewilding* es, a lo sumo, anecdótica para aquellos casos en los que sí se busca una reversibilidad biológica de las especies extintas, y, en todo caso, simbólica, para los casos en los que se recuperan preguntas filosóficas de debates presuntamente superados. Corresponde ahora ocuparse, sucintamente, de esto segundo.

82

Naturaleza - Sociedad

Un debate principal que merece atención señalar es el del dualismo ontológico entre naturaleza y artificio (humano), o naturaleza y sociedad (humana). Históricamente (al menos, desde 1980, que emergió la disciplina de la biología de la conservación) los conservacionistas se han nutrido de las distintas corrientes filosóficas posicionándose sobre este debate. Büscher y Fletcher (2020), señalan un recorrido conservacionista que comienza con una narrativa *proteccionista* y en la década de 2010 transita hacia un *nuevo conservacionismo*, confrontándose asimismo con visiones *neoproteccionistas*.

**«La extinción de especies
es el punto final de la crisis
de biodiversidad, es el
último efecto que todo
conservacionista trata de
prevenir. Esto es porque
se trata de un proceso
completamente irreversible».**

Para los proteccionistas, la ocupación del ser humano en los espacios naturales se trata de una intrusión perjudicial para la preservación de lo salvaje. Esta consideración secunda el dualismo naturaleza y sociedades humanas, como si fueran entidades que deben comprenderse como separadas. La noción de áreas naturales o salvajes [*wilderness*] está muy arraigada en la tradición judeocristiana, que vincula estos espacios con lugares de tentación, deserción y abandono. El neoplatonismo que siguió hasta el siglo VII, como conjugación entre el pensamiento legado de Platón y religiones como el cristianismo y judaísmo, perpetuó la división metafísica entre el alma y lo material, el mundo de las ideas y el mundo sensible. Luego, a partir de los orígenes de la Modernidad, la filosofía cartesiana o el programa científico baconiano volvió a nutrir esta separación, aportando asimismo una jerarquía de valores: lo humano quedaba enaltecido, mientras que lo natural era denostado (Merchant 1980).

Desde el siglo XVII y sobre todo con el auge de la filosofía romántica que le siguió, los significados atribuidos a los espacios naturales cambiaron para representar lugares de disfrute, alivio, emancipación y, en definitiva, sitios que merecían protección. Ahora representaban partes de la tierra «vírgenes» de la influencia humana, ajenos a los modos de vida opresivos y egoístas de la humanidad, y en particular, libres de los efectos de la industrialización (tecnología moderna, transformación económica y complejidades sociales, entre otros). Este cambio estético en la percepción occidental de lo salvaje, que pasó de imágenes de espacios perdidos, amenazantes y tentadores a espacios indómitos, exuberantes y llenos de promesas de riquezas y liberación, despertó la simpatía hacia la consideración de algunos territorios como merecedores de protección antes de que se perdieran por la dominación de la huella humana.

Así pues, si bien en los últimos siglos se ha producido cierta inversión en la valoración de la naturaleza y de lo humano, el dualismo ontológico se ha mantenido candente en Occidente hasta bien recientemente.

Como señala Cronon, la concepción de las áreas naturales y salvajes plantea discretamente lo humano y lo no humano en polos opuestos, ignorando de esta manera diferencias cruciales entre los seres humanos y complejas razones culturales e históricas por las que distintos pueblos pueden sentir de forma muy diferente el significado de las áreas naturales (1996). Esta visión proteccionista ha sido criticada en los últimos años por la narrativa posmoderna de los nuevos conservacionismos, dedicada a superar el dualismo ontológico y a plantear que el mejor modo de proteger adecuadamente la naturaleza es empezar por asegurar las necesidades humanas básicas y aprender de las comunidades que durante siglos e incluso milenios ya han *cohabitado* de modo sostenible con la naturaleza con sus estilos de vida tradicionales. Por un lado, reivindicar la cohabitación de las áreas salvajes implica asumir que los humanos somos también seres naturales capaces de compartir territorio armónicamente con otros seres naturales (no humanos), desmoronando así el prejuicio de que la humanidad solo perjudica la naturaleza. Por otro, apreciar cómo los humanos han cohabitado naturalmente estas áreas y dedicar esfuerzos conservacionistas a mantener esta relación *in situ*, implica diluir la frontera entre lo salvaje y lo doméstico, lo natural y lo artificial. Es más, las grandes transformaciones globales por causa antropogénica (cambio climático, expansión de las ciudades, contaminación,

etc.) parecen evidenciar la pérdida de sentido de una lógica conservacionista basada en continuar segregando lo humano de lo no humano. Como McKibben (1989) y otros han apuntado, estas transformaciones nos llevan a pensar en el «final de la naturaleza», tal y como las visiones dualistas la han comprendido.

Sin embargo, no se puede aseverar que la filosofía de los nuevos conservacionismos, aunque creciente en la última década, haya llegado a ser hegemónica. La aparición del *rewilding* dentro de los debates conservacionistas ha sido un nuevo aliento para las narrativas neoproteccionistas y de Medio Planeta [*Half-Earth*], como las que han propugnado biólogos de gran prestigio como Wilson o Soulé (Wilson 2016; Koprina et al. 2018). La discusión sobre el dualismo vuelve a salir a flote y se desextinguen interrogantes sobre cómo debemos comprender y relacionarnos con lo salvaje. Con el *rewilding*, no solo se repiten discursos sobre la importancia de mantener grandes áreas naturales protegidas, núcleos de biodiversidad, tal y como estipula su famosa regla nacida en los noventa de comprometerse con las «tres C» [*cores, corridors, carnivores*] (Soulé y Noss 1998), sino que se añaden nuevas reflexiones que dejan en tablas el debate sobre dualismo ontológico. Aun sin rebatir que los humanos también somos naturaleza, o que ciertamente vivimos en un mundo cada vez más antropomórfico, el *rewilding* revalida la ontología de lo salvaje entendiéndolo como entidades y procesos más que humanos que siguen albergando autonomía a pesar de verse influenciados y coexistir en entornos antrópicos (Arias 2024). Son estas entidades y procesos naturales que se mantienen autónomos aun con las constantes interferencias antropogénicas [*wildness*], y no exclusivamente los espacios libres de influencia humana [*wilderness*], los garantes de que la tensión ontológica entre la naturaleza salvaje y el artificio humano queda todavía lejos de estar superado.

El debate sobre la responsabilidad humana

Este primer debate ontológico revivido con el *rewilding* entronca con otras discusiones éticas y epistemológicas que también han predominado en la literatura filosófica durante décadas. Sin ánimos de exhaustividad, merece la pena comentar que el rol de la responsabilidad humana ante las nuevas transformaciones globales ha sido objeto de una profunda controversia normativa. Por un lado, unos abogan por contener y limitar nuestras intervenciones en la naturaleza, por bienintencionadas que sean estas, dado que el riesgo de causar daños supera los posibles beneficios o, en todo caso, resulta menos permisible moralmente; por otro lado, otros piensan que nuestra responsabilidad debe ser más proactivas que nunca, a fin de reparar los graves y constantes daños que provocamos, confiando en que nuestras habilidades y herramientas humanas son capaces y tienen el deber de revertir los perjuicios generados.

Ambas posiciones, aunque parecen antagónicas, comparten la premisa de que los seres humanos hemos transformado profundamente el planeta en el que vivimos y que, con ello, hemos demostrado una influencia más impactante de lo que antiguamente pensábamos. Ahora bien, la cuestión polémica es si resulta más razonable que la ética pivote en torno al temor por esos impactos y actuar de manera que predomine la precaución, o bien confiar en que podemos mejorar esos impactos y acentuar así nuestra

«Desde el siglo XVII y sobre todo con el auge de la filosofía romántica que le siguió, los significados atribuidos a los espacios naturales cambiaron para representar lugares de disfrute, alivio, emancipación y, en definitiva, sitios que merecían protección».

influencia antropogénica y tecnológica. Como explica Hamilton (2017: 54), el Antropoceno «eleva la particularidad humana para destacar nuestros poderes y sus peligros, y por tanto las obligaciones que conllevan». En respuesta a este reto, el peso de la actual literatura académica ha buscado respuestas en nuevas corrientes intelectuales, como el «posthumanismo», los «nuevos materialismos» o el «ecomodernismo».

Desde los años setenta, Jonas elaboró toda su filosofía de la responsabilidad ambiental en torno a una heurística del miedo. Según él, el temor que sentimos ante los posibles riesgos de los impactos humanos en la naturaleza que acrecienta el progreso tecnocientífico debería ser razón suficiente para limitar, o al menos cuestionar, este último (1979). Aunque su propuesta ética se basaba en una racionalidad preventiva y, en cambio, el *rewilding* parte de una racionalidad regenerativa², la premisa moral de «dejar-hacer» [*laissez-faire*] es compartida por ambas filosofías. Desacelerar el progreso tecnocientífico y concebir a la naturaleza no humana como depositaria de nuestra confianza en restaurar ecosistemas no significa eximirnos de responsabilidades por las interrupciones que hemos provocado ni renunciar a la eficiencia que las nuevas técnicas y tecnologías nos brindan, sino someter a un paréntesis la aseveración de que solo y principalmente por medio de estas lograremos revertir tales interrupciones.

La intrusión del *rewilding* en el pensamiento filosófico recupera la intuición de pensadores antiesencialistas, como Jonas o Arendt, de que antes que construir discursos normativos en torno a la naturaleza esencial de alguien, lo moralmente relevante es la condición circunstancial y la acción de ese alguien (Arendt 2006). De acuerdo con Jonas, muchas éticas anteriores (a su época) «tenían en común que la condición humana, determinada por naturaleza, estaba dada de una vez por todas; que el bien humano sobre esa base era fácilmente determinable; y que el rango de la acción humana y, por lo tanto, de la responsabilidad, estaba estrechamente circunscrito» (1979: 1).

Ante el desafío de cómo conservar en el Antropoceno, la metodología del *rewilding*, primero, se fija en qué acciones humanas específicas (y no necesariamente toda una esencia compartida por todos los humanos, distanciándose así de los discursos proteccionistas de los ochenta y noventa) se cimentan sobre una explotación sistemática de la naturaleza no humana, con el fin de limitarlas. Segundo, se fija en qué formas de vida no humanas con autonomía son oprimidas por el despliegue de ciertos modos civilizatorios y deberían ser liberadas dadas sus capacidades de sustentar ecosistemas biodiversos y funcionales.³

Cómo debe desplegarse la responsabilidad humana ante entornos drásticamente cambiantes por causas antropogénicas, como el cambio climático o la contaminación, es una pregunta que también incide en la ética animal. Pienso que la llegada del *rewilding* a los debates filosóficos en cierto modo reaviva la tensión filosófica entre la ética ambiental y la ética animal,

2 Si bien pueden ser estrategias complementarias, sobre la diferencia entre prevención (o precaución) y regeneración en materia de responsabilidad ambiental y acciones de conservación, pueden consultarse, por ejemplo, los trabajos de Wiegand y colaboradores (2013), Shackelford y McDougall (2023), o Yadav y Yadav (2024).

3 Este doble sentido de la metodología del *rewilding* puede apreciarse, por ejemplo, en los indicadores elaborados por Torres y colaboradores (2018), o en Segar y colaboradores (2021).

particularmente respecto al rol que los humanos debemos desempeñar al relacionarnos éticamente con las demás especies. Una de las divergencias más apuntadas en la literatura especializada es la distinta ontología moral que abraza uno y otro posicionamiento (Sagoff 1984; Faria y Paez 2019): la ética ambiental prioriza una preocupación por entidades colectivas como las especies, u holistas como los ecosistemas, mientras que la ética animal se preocupa fundamentalmente por entidades individuales sintientes (los animales).

A este respecto, el *rewilding* parecería que aporta poco al debate, en tanto que se situaría más afín con el holismo ontológico y con el ecocentrismo (Carver et al. 2021) que con el individualismo. Sin embargo, la narrativa del *rewilding*, centrado en las capacidades de la naturaleza no humana, aporta una reflexión que puede complementar la ética animal: hay que respetar la autonomía y capacidades de las demás especies salvajes, pues «saben» (a menudo mejor que nuestra propia especie o aquellas domesticadas), cómo sustentar e incluso recuperar ecosistemas naturales (Tafalla 2022). Ejemplos como la reintroducción de los lobos en Yellowstone (Ripple et al. 2025) o los castores (Law et al. 2017) ilustran estas habilidades no humanas en la regeneración ecológica. Aunque pueda criticarse esta mirada aparentemente instrumental acerca de lo no humano, los defensores del *rewilding* subrayan que debe reconocerse el valor intrínseco de todos los miembros de las especies no humanas (Carver et al. 2021). Con esto, puede decirse que la filosofía del *rewilding* contribuye a la ética animal otorgando especial consideración moral a la libertad y a las capacidades de los animales silvestres y dejando a un segundo plano la consideración moral por el sufrimiento de los animales no humanos.

Las aportaciones teóricas del *rewilding* suponen distanciarse de propuestas animalistas fundadas moralmente sobre la capacidad de sintiencia y cimentadas normativamente en deberes intervencionistas de evitar el sufrimiento en la naturaleza. Antes que el sufrimiento, lo relevante para el *rewilding* es la opresión; dos focos tradicionalmente de preocupación para la ética que bien pueden ser complementarios. Ahora bien, enfocarse primero en que los animales salvajes no sufran o enfocarse primero en que estos no padezcan opresión, no es exactamente lo mismo, ya que de ello pueden predicarse distintos tipos de responsabilidades: más intervencionistas, o más autolimitantes.

88

Todas estas discusiones sobre la responsabilidad por la naturaleza más que humana apuntan, asimismo, a querellas epistémicas: ¿cuánto creemos saber sobre las capacidades y los impactos humanos y no humanos? Las éticas basadas en la precaución, como la de Jonas, o afines a la filosofía moral de *laissez-faire*, como sugiere el *rewilding*, parten de una humildad epistémica, de que a veces no sabemos tanto como creemos. En cambio, las éticas basadas en la intervención, como parten de un enorgullecimiento epistémico, de que podemos llegar a saber más de lo que creemos.

Por supuesto, no se trata de comprender este debate de modo dicotómico, como si en uno de los polos solo hubiera defensores del *rewilding* escépticos del papel del desarrollo tecnológico para hacer frente al Antropoceno, y en el otro polo solo antagonistas del *rewilding* ilusionadamente confiados en desarrollar más artificios como motor de cambio ecológico. Hay pensadores

que abogan por no prescindir ni de actitudes *laissez-faire*, basadas en la confianza por la naturaleza no humana, ni de actitudes tecno-optimistas, basadas en la confianza por los artificios humanos, lo cual complejiza el debate. De hecho, la humildad epistémica de «a veces no sabemos tanto como creemos» y el enorgullecimiento epistémico de «podemos llegar a saber más de lo que creemos» no son necesariamente posturas irreconciliables, sino que son visiones desplegadas sobre diferentes estadios temporales (presente y futuro) y dar lugar así a diálogos fructíferos. Así que lo interesante puede resultar en no decantarse plenamente hacia un solo bando, sino tener claro dónde, cómo y bajo qué criterios, se va a desplegar cada estrategia.⁴

Nacen nuevos debates filosóficos

El *rewilding*, antes que realmente desextinguir especies biológicas, una de sus mayores contribuciones teóricas consiste en volver a sacar a la palestra debates filosóficos que tienen una larga tradición, con preguntas como qué es la naturaleza o cuáles deben ser nuestras responsabilidades en un mundo cada vez más antrópico. Asimismo, como nueva narrativa de la conservación, es también fuente de nuevos debates escasamente tratados en la literatura. A modo de ejemplo: ¿Hasta qué punto es razonable priorizar las especies clave? ¿Cómo determinar ontológicamente las funciones ecológicas, y todas merecen la misma consideración moral? ¿Tiene sentido hablar de especies nativas y exóticas invasoras en un clima cambiante y con tantos hábitats fragmentados por la huella humana? ¿Cómo la reintroducción de especies debe dialogar con los valores relacionales que algunas comunidades han establecido con sus entornos bioculturales? ¿Es posible vivir razonadamente en la incertidumbre y la ambigüedad a la que nos impele la coexistencia con la vida salvaje?

Está por ver qué interrogantes se mantienen candentes y gozan de una profunda discusión los próximos años, y cómo estamos social y culturalmente dispuestos a abordarlos. En todo caso, es meritorio el rol que el *rewilding* está desempeñando no solo en algunas iniciativas locales, desencadenando efectos ecológicos fascinantes, e incluso siendo protagonista de algunas leyes y políticas públicas, sino además en la esfera intelectual de la que participamos académicos y científicos procedentes de una amplia diversidad de disciplinas. —

4 Una discusión semejante a esta, tradicionalmente polarizada, y que es común en la literatura de la gestión ambiental y conservacionista, consiste en examinar si es más razonable priorizar los modelos de compartir el territorio [*land sharing*], donde humanos y no humanos tratemos de convivir armónicamente, o los modelos de separar el territorio [*land sparing*], donde los humanos intensifiquemos nuestro desarrollo en unas zonas y liberemos espacio para el desarrollo de los no humanos en otras.

Referencias

- Arendt, H. (2006). *Eichmann in Jerusalem: A report on the banality of evil*. Penguin.
- Arias, S. (2024). The abandonment of the ideal of wilderness: Rewilding as the consequence of the Anthropocene metaphysics on restoration ecology. *The Anthropocene Review*. <https://doi.org/10.1177/20530196241270671>.
- Burlingame, K. (2025). Rethinking rewilded futures: Co-wilding as vibrant care and lively collaboration. *Geoforum*, 159: 104194. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2024.104194>.
- Büscher, B. y Fletcher, R. (2020). *The Conservation Revolution: Radical Ideas for Saving Nature Beyond the Anthropocene*. Verso Books.
- Carver, S., Convery, I., Hawkins, S., et al. (2021). Guiding principles for rewilding. *Conservation Biology*, 35(6): 1882-1893. <https://doi.org/10.1111/cobi.13730>.
- Cronon, W. (1996). *Uncommon Ground: Rethinking the Human Place in Nature*. W.W. Norton and Company.
- Donlan, C.S., Berger, J. y Bock, C.E. (2006). Pleistocene Rewilding: An Optimistic Agenda for Twenty-First Century Conservation. *The American Naturalist*, 168(5). <https://doi.org/10.1086/508027>.
- Evans Ogden, L. (2014). Extinction Is Forever... Or Is It? *BioScience*, 64(6): 469-475, <https://doi.org/10.1093/biosci/biu063>.
- Faria, C. y Paez, E. (2019). It's Splitsville: Why Animal Ethics and Environmental Ethics Are Incompatible. *American Behavioral Scientist*, 63(8). <https://doi.org/10.1177/0002764219830467>.
- Hamilton, C. (2017). *Defiant earth: The fate of humans in the Anthropocene*. Allen & Unwin.
- Hart, E.E., Haigh, A. y Ciuti, S. (2023). A scoping review of the scientific evidence base for rewilding in Europe. *Biological Conservation*, 285. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110243>.
- Hawkins, S., Convery, I., Carver, S., et al. (2023). *Routledge Handbook of Rewilding*. Routledge.
- Jonas, H. (1979). *Imperative of responsibility: In search of an ethics for the technological age*. University of Chicago Press.
- Kopnina, H., Washington, H., Gray, J., et al. (2018). The «future of conservation» debate: Defending ecocentrism and the Nature Needs Half movement. *Biological Conservation*, 217: 140- 148. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.016>.
- Law, A., Gaywood, M.J., Jones, K.C., et al. (2017). Using ecosystem engineers as tools in habitat restoration and rewilding: beaver and wetlands. *Science of The Total Environment*, 605-606: 1021-1030. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.173>.
- Lorimer, J. y Driessen, C. (2013). Bovine biopolitics and the promise of monsters in the rewilding of Heck cattle. *Geoforum*, 48: 249-259. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.09.002>.
- McKibben, B. (1989). *The End of Nature*. Random House.

- Merchant, C. (1980). *The Death of Nature: Women, Ecology and the Scientific Revolution*. Harper & Row.
- Moyano, C. (2022). *Ética del rewilding*. Plaza y Valdés.
- Moyano, C. (2024). *Puentes salvajes. Una filosofía integradora para renaturalizar el Antropoceno*. Plaza y Valdés.
- Palau, J. (2020). *Rewilding Iberia. Explorando el potencial de la renaturalización en España*. Lynx.
- Pettorelli, N., Durant, S.M. y du Toit, J.T. (2019). *Rewilding*. Cambridge University Press.
- Ripple, W.J., Beschta, R.L., Wolf, C., et al. (2025). The strength of the Yellowstone trophic cascade after wolf reintroduction. *Global Ecology and Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03428>.
- Sagoff, M. (1984). Animal liberation and environmental ethics: Bad marriage, quick divorce. *Osgoode Hall Law Journal*, 22(2): 297-307. <https://doi.org/10.60082/2817-5069.1936>.
- Segar, J., Pereira, H.M., Filgueiras, R., et al. (2021). Expert-based assessment of rewilding indicates progress at site-level, yet challenges for upscaling. *Ecography*, 4. <https://doi.org/10.1111/ecog.05836>.
- Shakelford, N. y McDougall, C. (2023). Ecosystem restoration, regeneration and rewilding. *BMC Ecology and Evolution*, 23(52). <https://doi.org/10.1186/s12862-023-02165-3>.
- Soulé, M. y Noss, R. (1998). Rewilding and biodiversity: complementary goals for continental conservation. *Wild Earth*, 8(3): 18-28.
- Tafalla, M. (2022). *Filosofía ante la crisis ecológica: decrecimiento, veganismo y rewilding*. Plaza y Valdés.
- Torres, R.T., Carvalho, J., Serrano, E., et al. (2017). Favourableness and connectivity of a Western Iberian landscape for the reintroduction of the iconic Iberian ibex *Capra pyrenaica*. *Oryx*, 51(4): 709-717. <https://doi.org/10.1017/S003060531600065X>.
- Torres, A., Fernández, N., zu Ermgassen, S., et al. (2018). Measuring rewilding progress. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 373: 20170433. <http://doi.org/10.1098/rstb.2017.0433>.
- Wiegleb, G., Bröring, U., Choi, G., et al. (2013). Ecological restoration as precaution and not as restitutional compensation. *Biodiversity Conservation*, 22: 1931-1948. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0518-0>.
- Wilson, E.O. (2016). *Half-Earth: Our Planet's Fight for Life*. W.W. Norton & Company.
- Yadav, V. y Yadav, N. (2024). Beyond Sustainability, Toward Resilience, and Regeneration: An Integrative Framework for Archetypes of Regenerative Innovation. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25: 849-879. <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00418-8>.

Rocío Davó

El vuelo de los gansos

Rocío Davó

El vuelo de los gansos

Rocío Davó (@rociodavoart) combina su profesión de profesora de piano con el arte de la ilustración y la pintura.

Su obra refleja su amor hacia la naturaleza y el mundo animal, en especial las aves. También muestra en sus retratos su pasión por el piano y la poesía, retratando a mujeres pianistas y a poetas. Ha participado en numerosos proyectos educativos, dando visibilidad a estas artistas. Actualmente forma parte de las asociaciones Acumálaga y Aplama, realizando diversas exposiciones conjuntas e individuales por toda Andalucía.



La agricultura en un nuevo mundo

José Ignacio Cubero

Catedrático emérito de Genética y Mejora Vegetal

La agricultura que nos ha llegado¹

SI HAY ALGUNA ACTIVIDAD QUE RESPONDA PERFECTAMENTE AL TEMA PRO-
puesto para el año en curso para esta revista («resiliencia, cambio climático
y economía circular»), no cabe duda que tal actividad es la Agricultura (en
general, en estas páginas incluiré en ella la Ganadería para evitar repeticio-
nes innecesarias). Ofrece, además, un tratamiento horizontal en el sentido
más puro de esta palabra, pues intervienen en ella, además de sus propias
técnicas, la comercialización, la informática, la sociología, las industrias de
todo tipo, incluyendo evidentemente las biotecnológicas, y... la política en
primera fila. La razón es que la Agricultura absorbe y utiliza toda nueva dis-
ciplina y a su vez influye en ella como lo ha hecho a lo largo de la Historia.
Y, por cierto, también influye en la Historia; según nos enseñaron, ésta, la
Historia, nace con los primeros textos escritos, y los textos más antiguos de
todos, que están escritos en unos ladrillos de arcilla, no son otra cosa que
cuentas de agricultores, ganaderos y comerciantes. Tras varios miles de
años de producir y traficar se necesitaba llevar un control de existencias y
transacciones; y hoy nos encontramos en la misma situación: las existen-
cias y transacciones de productos agrícolas están en el núcleo del comercio
mundial y en el nudo gordiano de la Historia.

La primera agricultura se debió a la necesidad; tras millones de años subsis-
tiendo de caza y recolección, el agotamiento de recursos en algunas regiones
del planeta hizo que hombres y mujeres tuvieran que recurrir a algunas
operaciones ya conocidas y practicadas (pura observación de la Naturaleza)
en tiempos de crisis: tener los animales y las plantas más cerca durante los
años difíciles. Pero llegó un momento en el que, en algunos lugares, las crisis
duraban cada vez más tiempo, el agotamiento de recursos era más que per-
ceptible y llegó a ser permanente; la solución provisional se transformó en
perpetua: echar semillas de las plantas favoritas² en torno al poblado y man-

96

1 Este artículo se ha escrito en el periodo que incluye la toma de posesión del nuevo presidente de los EEUU, cuyo mandato es bastante más que posible que afecte a la política mundial, incluyendo la agricultura evidentemente. He tratado de circunscribirme a los hechos conocidos hasta ahora y tratar de hacer estas páginas «independientes del tiempo», si es que ello es posible. Recomiendo la lectura de una obra profética o, al menos, premonitoria: Peter Zeihan, *The End of the World Is Just the Beginning: Mapping the Collapse of Globalization*, Harper Business, New York, 2022. (Trad. española: *El fin del mundo es solo el comienzo. Cartografía del colapso de la globalización*, Almuzara, 2023, Córdoba.)

2 O trasplantar tubérculos y rizomas en zonas tropicales, poco o nada adecuadas para el

tener animales en cercados quedándose con las crías. Animales y plantas se separaron poco a poco de sus ancestros silvestres, y algunas poblaciones humanas vivieron ya en un mundo diferente: un mundo agrícola.

Plantas y animales se transformaron bajo la selección humana, primero inconsciente («automática», dicen los expertos), y ya consciente cuando, muy pronto, los humanos elegían lo más conveniente o lo que más les gustaba, más las mujeres que los hombres por haber sido las que tuvieron mayor contacto con granos, hojas, raíces y frutos. Así, al cabo de unos dos millones de años finalizó su vida de cazador-recolector para pasar a tener la de agricultor y ganadero. Cambió su sistema de procurarse los recursos necesarios: alimento, vivienda, vestido, medicina y combustible; lo que había obtenido de vegetales y animales salvajes lo conseguía ahora de unos y otros, pero... domesticados y a la vera de su casa. Y podía conseguirlo en mayor cantidad, pudiendo almacenar el sobrante para los malos tiempos³.

Pero ¿quién domesticó a quién...? Porque el Hombre se vinculó a un espacio concreto, dejando de moverse de un lugar a otro en busca de sustento. Lo encontraba ya en la puerta de su casa, pero la casa ya no se podía mover, pues había que sembrar, defender el cultivo de los predadores (incluyendo entre éstos a otros humanos), cosechar, limpiar, conservar... todo ello en tiempos fijos. Se formaron núcleos de población, luego aldeas, pueblos y ciudades, que disponían de alimentos más seguros y, tras las labores obligatorias, de tiempo libre en el que socializar con los vecinos. Puede decirse que el Hombre se autodomesticó: en poco tiempo se encontró dependiendo de su propia obra.

El sedentarismo tuvo muchas ventajas; la más inmediata fue la producción de una mayor cantidad de todo tipo de recursos, pero nos centraremos en la de alimentos. Su aumento conllevó el de la población, que a su vez necesitó aumentar la producción y así en una secuencia infinita. A rendimiento básicamente constante hasta la Revolución Agrícola comenzada en el siglo XVIII, esto sólo se pudo conseguir a base de nuevas tierras para cultivar y nuevas áreas de pasto para el ganado. Se necesitaba ampliar el territorio, y la única forma de hacerlo era a expensas del bosque; más adelante, también a expensas de otros núcleos humanos.

97

Y así hemos llegado hasta aquí, pero en esta vida, como se sabe, lo único permanente es el cambio y, sin querer o queriendo, entrados ya en el siglo XXI, tenemos por delante muchos retos a los que enfrentarnos. En particular, por lo que se refiere a la alimentación.

Un mundo nuevo al que alimentar

Se nos viene encima, en efecto, un mundo nuevo: una población enorme a alimentar, vestir, educar y entretener, con movimientos de pueblos no sólo entre continentes y países sino del interior a la costa y del campo a las ciudades. Simultáneamente se da un cambio climático (antes «calentamiento

cultivo de plantas de grano; se la conoce como «vegecultura», pero es tan sólo una modalidad de agricultura.

3 Aunque se me pueda acusar de autopropaganda, el lector interesado tiene a su disposición mi Historia General de la Agricultura. Ed. Guadalquivir/Almuzara, 2018, Córdoba.

«Y así hemos llegado hasta aquí, pero en esta vida, como se sabe, lo único permanente es el cambio y, sin querer o queriendo, entrados ya en el siglo XXI, tenemos por delante muchos retos a los que enfrentarnos. En particular, por lo que se refiere a la alimentación».

global») que una opinión mayoritaria, pero no general, le atribuye a la acción del Hombre. Y para solucionar lo solucionable, todo ha de ser *sostenible*: alimentación, energía, industria, agricultura, transporte, todo ello en una *economía circular* y, según una muy extendida opinión, políticamente controlado a semejanza de famosas distopías, como por ejemplo *1984*, *Rebelión en la granja* o *Fahrenheit 451*. Y considerando que este nuevo mundo será un mundo de física cuántica y biología molecular, también podemos añadir a la lista de distopías *Un mundo feliz*, *Blade runner* y, por supuesto, *Matrix*, todo un preludio del metaverso que no pocos dan por existente.

Para entrar en este Nuevo Mundo, *hemos de saber de dónde venimos, a dónde y en qué condiciones vamos o nos llevan, si lo hacen con ideología o con ciencia, qué resultados esperamos...* Alimentar al mundo, en el marco que configuran todas estas exigencias, nos va a obligar a adoptar medidas que conduzcan a ejercer una menor presión sobre los recursos disponibles, lo que nos lleva a preguntarnos, de salida, ¿son resilientes la Agricultura y el Bosque?

¿Son resilientes la agricultura y el bosque?

Si aceptamos la definición de resiliencia de la RAE, esto es, la «capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos», no debe dudarse de que estamos en presencia del más puro sentido de la definición del DRAE en su primera acepción, siendo el agente perturbador, en este caso, la escasez de recursos; la Naturaleza y el Hombre (no se olvide que somos parte integrante de la misma, no su enemigo), siempre se han adaptado a circunstancias críticas, la Naturaleza mediante los mecanismos de la evolución biológica, el Hombre, además, ideando tecnologías apropiadas para cada problema de subsistencia.

La segunda acepción le corresponde al bosque y al suelo: «Capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometido»⁴. Tal *perturbación* es la Agricultura, y cabe preguntar ¿es *resiliente* el bosque...? ¿Lo es el suelo en el que cultiva el agricultor? ¿Se recuperarán ambos cuando los agricultores dejen de perturbarlos? ¿Recordarán⁵ su estado anterior cuando los estén modificando presiones no ejercidas por el Hombre, como un cambio en el clima, por ejemplo?

99

Me imagino que a los políticos les gustaría tener las respuestas a esas preguntas y, más aún, tener en sus manos el poder de llevarlas a efecto. Si ellos no pueden, qué puedo hacer yo... A lo más que puedo llegar es a analizar los problemas a los que nos enfrentamos para poder atacar, en el buen sentido de la palabra, las preguntas expuestas y a comentar si las soluciones que hoy se adoptan están alineadas con los propósitos que dicen perseguir.

Los grandes problemas

4 Recuerda a la palabra «histéresis» para describir el hecho físico o biológico de que el efecto que una causa ejerce sobre un material «depende de su historia previa».

5 Véase la nota anterior.

He aquí, en mi opinión, los grandes problemas que nos acechan:

01. La población
02. El suelo laborable
03. El agua dulce
04. La producción agrícola
05. El cambio climático
06. La globalización
07. La alimentación

Todos ellos «condimentados» con el mal uso de las técnicas disponibles y con el rechazo de la Ciencia tan perceptible hoy día.

Casi nada...

Ante esa relación de problemas, caben un par de preguntas:

- 1) ¿Hay recursos y técnicas para los diez mil millones de habitantes del año 2050, que está ahí mismo?
- 2) ¿Por qué se dice continuamente que NO los hay y se proponen continuamente sistemas alternativos?

Mis respuestas son, a la primera, que SÍ, pues disponemos de tecnologías siempre en constante evolución, totalmente resilientes, que han mostrado en numerosas ocasiones su buen hacer. Y a la segunda, que la razón del NO son los argumentos técnicos, políticos e ideológicos que se esgrimen, que pocas veces, por no decir ninguna, son científicos, como no sea por puro adorno; en otras palabras, es por el rechazo de la Ciencia, algo suicida, pues los países que no la ignoren y sepan aplicarla dominarán el mundo.

He de decir que en el espacio de este artículo no cabe un análisis en toda regla de los problemas enunciados, teniendo en cuenta, además, de que no son los únicos. Sólo cabe un esbozo que ayude a ver la complejidad del tema. Ese, al menos, es mi deseo.

100

Veamos, pues muy sucintamente esos grandes problemas.

1. La población

No sólo su aumento, y el del alimento que se necesita, ocurrirá en países en desarrollo (se estima que para 2050 el 80% de la población vivirá en Asia y África), sino que la población urbana ha superado ya a la rural (el 50% se alcanzó a mediados de la década anterior a la actual), tendencia que es válida también para Asia y África. Dado que la rural es la única que, hasta hoy al menos, produce alimentos, el hecho de la despoblación de las zonas tradicionalmente productoras de alimentos implica que éstos o

disminuirán o habrán de producirse con otras técnicas o en otros lugares, por exclusión verosímilmente urbanos: los cultivos in vitro, hidro y aeropónicos en grandes edificios destinados a la producción de alimentos (la llamada «agricultura vertical») no parecen ser una utopía.

Pero el asunto es más complejo; la población envejece en el mundo desarrollado y en otros muchos, China entre ellos, y un buen número de estudiosos piensa que en ellos se ha llegado al «punto de no retorno» al tener tasas de natalidad no ya inferiores a 2.1 hijos por mujer, que permite mantener la población, si no poco superiores a 1⁶. Si eso se une a la emigración del campo a la ciudad y del interior a la costa, el flujo intenso entre países de poblaciones no «miscibles» por razones culturales, sobre todo religiosas, es difícil pensar que la agricultura pueda ser ni *resiliente* ni *sostenible*, aunque esto último será según cómo se defina este término.

2. La tierra laborable

Hacia 1950 se disponía de media hectárea por persona, pero en el 2050 se tendrá menos de la tercera parte de esa media hectárea, y se pierde cada vez más por erosión, desertización y salinización, y por la propia expansión de las zonas urbanas. El suelo agrícola es un bien estratégico y de difícil aumento, cosa que ya han asumido algunos países poderosos adquiriendo grandes extensiones de terreno en otros menos afortunados, como es el caso de China en África. El escaso aumento total de suelo agrícola que se registre lo será asimismo en países en desarrollo a expensas, de nuevo, del bosque, aunque la deforestación sea indeseable porque es fuente de oxígeno y de captación de CO₂; además, los suelos forestales son frágiles y de poca duración para la agricultura una vez eliminada la cubierta forestal. Bien es verdad que se necesita mucha menos superficie de tierra gracias a un manejo cada vez más eficiente, tanto por el material vegetal y animal obtenido por Mejora genética como por las labores necesarias; una tonelada de maíz, por ejemplo, se consigue en menos de la cuarta parte de terreno que hace 50 años.

Hoy se es más consciente del medio ambiente, pero todavía no lo suficiente, y habrá que enmendar errores del pasado relativamente reciente, errores que tuvieron como víctima principal al suelo y, como consecuencia, la producción agrícola. El cambio ocurrido durante la llamada «revolución agrícola» en el XVIII lo favoreció: alternativas de cultivos cada vez mejor diseñadas lo enriquecían, pero llegó el transporte a larga distancia (en el puerto de Bilbao, a finales del XIX, el trigo americano era más barato que el castellano), los monocultivos, el laboreo intensivo, que pulverizaba la capa arable, el uso masivo de fertilizantes químicos, de herbicidas y plaguicidas, todo lo cual, todo, eliminaba inconscientemente la comunidad del suelo⁷ haciéndolo infértil y, normalmente, irrecuperable.

6 Es el caso de gran parte del mundo, incluyendo casi todo el continente americano y asimismo casi toda Asia; en la India la tasa es apenas 2, en el límite del mantenimiento. Por el contrario, los países africanos y algunos asiáticos tienen tasas de 3 o superiores, que mantienen sus inmigrantes en países receptores. En España, por ejemplo (y es el caso general de Europa) la tasa media de inmigrantes de origen europeo o americano es aproximadamente 1.1, con escasa variación, y las de los provenientes de un conjunto de países de un arco desde Marruecos a Bangladesh oscila entre 2.5 y 3. (<https://www.abc.es/espana/cuatro-ciudadanos-espana-origen-extranjero-20250126180345-nt.html>)

7 Se llama así al conjunto de micro y macro organismos que mantienen la fertilidad del suelo.

Esa pésima utilización de una tecnología sumamente eficiente si bien empleada, produjo el abandono del cultivo allí donde se la ponía en práctica y fenómenos de alcance planetario, como las enormes tormentas de polvo en Norteamérica⁸, que llegaron a Europa, grandemente criticadas, con razón por todo tipo de ecologistas, que sin embargo silencian otra catástrofe producida por las mismas causas en la economía situada en el otro extremo de las doctrinas económicas: la desecación de la región del Lago Aral, en pleno dominio de la URSS, por envenenamiento con herbicidas y plaguicidas de las tierras utilizadas para el feroz monocultivo de algodón⁹. Tampoco pueden las culturas primitivas presumir respecto a las supuestamente civilizadas; el suelo, mejor dicho, el polvo rojo de las sabanas africanas que se mueve en tormentas de polvo en la estación seca¹⁰, es el residuo, carente de materia orgánica, del suelo de una inmensa región deforestada a lo largo de siglos por la expansión de pueblos de lengua bantú, necesitados incesantemente de madera para obtener y trabajar el hierro para sus instrumentos agrícolas.

La solución obvia es seguir las buenas técnicas, las existentes antes de la llamada «agricultura industrial» tanto capitalista como comunista: rotaciones equilibradas, laboreo de acuerdo con la naturaleza del suelo, fitoquímicos y abonos necesarios tras los análisis pertinentes (que hoy no hay justificación posible para no hacer) y en las dosis recomendadas por técnicos independientes, no por casas comerciales... No hay que llegar a prácticas de la agricultura ecofundamentalista, emanadas de ideologías pero no de conocimientos científicos. Prácticas más adecuadas para una buena producción manteniendo la comunidad del suelo se suelen integrar recientemente en la llamada agricultura regenerativa, con numerosas variantes¹¹, sin dogmas político-culturales, como también lo fueron las propuestas de los agrónomos de finales del XVIII y mitad del XIX.

3. El agua dulce

Otro bien estratégico y también de difícil aumento, a menos que el calentamiento global, si existe y se mantiene, produzca un gran aumento de precipitaciones que sean aprovechables; en todo caso, las necesidades humanas primarán sobre las agrícolas (hoy se dedica un 15% para uso doméstico, otro 15% uso industrial y un 70% para agricultura). Difícilmente se podrá dedicar mucha más a la agricultura cuando todavía hay cientos de millones de personas que ni siquiera disponen de ella para beber, y eso incluso considerando que el avance también ha sido enorme en el último medio siglo en la selección de variedades más eficientes y mucho mejor manejo del riego; para producir, por ejemplo, una tonelada de maíz se necesita la sexta parte del agua que hace 50 años. Lo mismo cabe decir de los principales cultivos.

102

8 Basta con pedir «Dust bowls» en Internet.

9 Basta con pedir «Lago Aral» en Internet. Es difícil de olvidar la visión de camellos y de esqueletos de barcos en medio de un desolado desierto en lo que fue antes un gran mar en el interior de Asia.

10 Y que aparece en tantas películas de ambiente africano. Baste citar Diamantes de sangre. Existe una amplia bibliografía sobre el tema.

11 George Monbiot. *Regenesis. Feeding the World without devouring the Planet*. Penguin Books, 2022 (Trad española: *Regénesis. Alimentar al mundo sin devorar el Planeta*. Capitán Swing Libros, 2023, Madrid.)

«Hoy se es más consciente del medio ambiente, pero todavía no lo suficiente, y habrá que enmendar errores del pasado relativamente reciente, errores que tuvieron como víctima principal al suelo y, como consecuencia, la producción agrícola».

No parece que la relativamente reciente obsesión europea, particularmente española, de destrucción de presas y azudes «para que los ríos circulen libremente», ayude ni a la sostenibilidad del agua para uso humano ni para el de la agricultura. Con un 10% más de agua para riego la producción aumentaría significativamente, pero habría que utilizar todas las aguas, incluyendo las salobres y quebradas... y habrá que seleccionar variedades que las aprovechen; quien ya lo esté haciendo lleva ventaja y no podremos quejarnos cuando haya que pagarle derechos de propiedad por sus productos.

4. La producción agrícola

En un siglo el avance ha sido gigantesco. Los agricultores son menos pero alimentan, visten y recrean a más habitantes que en toda la Historia, hay una enorme cantidad de variedades vegetales y de razas animales adaptadas a climas y circunstancias diversas. Se produce más y mejor alimento, sin olvidar de que no sólo se trata de cantidad, sino también de su calidad, seguridad y de un suministro estable. Queda muchísimo por hacer, por supuesto, pues aunque ha descendido por primera vez la proporción de habitantes en situación de extrema pobreza, no se puede en absoluto bajar la guardia, ya que se estima que la cifra de personas que pasan hambre supera los 800 (ochocientos...) millones...

4.1. El rendimiento

A lo largo del pasado siglo el aumento en el rendimiento de las variedades obtenidas utilizando todas las técnicas posibles (genéticas y mecánicas, siempre fueron de la mano) permitió reducir la superficie de siembra de los cultivos más importantes, incluso a la mitad e incluso más (antes vimos el caso del maíz) siempre que se ha intentado, pero en los últimos treinta años se está registrando un cierto estancamiento en el aumento de rendimiento; el problema no es trivial, porque se estima que solamente un 10% del necesario aumento de la producción se podrá conseguir por incremento de la superficie; el 90% restante deberá hacerse por rendimientos más altos.

Afortunadamente, los avances realizados en biotecnología permiten disponer de la práctica totalidad de genes de los seres vivos. Es incomprensible la protesta ecofundamentalista que impide un avance necesario en agricultura, sobre todo en la UE. Se sigue criticando, por ejemplo, la inclusión en el genoma del maíz de un gen bacteriano que produce resistencia al taladro¹², pero se acepta apaciblemente la de un gen humano en bacterias para producir insulina humana industrial. Las innovaciones han sido continuas en agricultura y farmacia y están empezando a serlo en medicina clínica. Con las nuevas variedades transgénicas se pueden resolver problemas importantes y limitantes como factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (calor, frío, salinidad, etc.), mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes y de agua, eliminación de factores antinutritivos, etc., todos ellos de difícil o imposible resolución por técnicas clásicas.

En definitiva, tales avances favorecen una agricultura *sostenible* y

12 La larva de un lepidóptero (*Ostrinia nubilalis*) se desarrolla en el interior del tallo de maíz.

resiliente. No se comprende la propaganda en contra, especialmente en la UE, argumentando sin demostración que contaminan el medio ambiente (aire, tierra y agua) y que sus efectos sobre la salud podrían ser grandes, un podrían ser que, según tales críticos, no tiene término y se extiende a toda la eternidad. Nunca hubiéramos salido de las cavernas con tal manera de actuar. A lo largo de la Historia se han resuelto grandes crisis alimentarias con saltos técnicos que han sido posibles por la coalescencia de todo tipo de disciplinas que, a su vez, han evolucionado introduciendo nuevas técnicas en cada campo. Esa misma coalescencia de avances tecnológicos tiene lugar en nuestros tiempos; interrumpirla es un suicidio y superregularla, como tiene a bien la UE, es interrumpirla.

4.2. La protección de cultivos y ganados

Para la producción agrícola y ganadera, además de lo ya dicho hasta aquí, es obligado hoy y lo será mucho más mañana (la globalización juega malas pasadas) proteger cultivos y ganados básicamente con productos químicos, como a los humanos con medicinas. No es suficiente la protección genética, al igual que el más sano y fuerte de los humanos puede ser presa de cualquier enfermedad (repito: la globalización juega malas pasadas). La resistencia o tolerancia genética a plagas y enfermedades de nuestros cultivos debe ser protegida: por muy vacunados que estemos contra el COVID, no nos exponamos en lugares donde estemos rodeados de enfermos. No ha habido cuarentena que, antes o después, los parásitos no hayan podido sortear. No ha habido fitoquímico para el que no hayan encontrado resistencia en algún lugar del mundo y, como si hay algo que realmente esté globalizado son tales plagas y enfermedades, acto seguido los patógenos virulentos se extienden por el planeta como reguero de pólvora. No se puede bajar la guardia como hacen nuestros políticos europeos prohibiendo a más prohibir todo lo que puede representar una defensa. Y cuando una defensa se vence, hay que partir de cero y vuelta a empezar. Sin medicinas no hay población humana que sea *resiliente y sostenible*; lo mismo sucede con plantas y animales.

5. El cambio climático¹³

105

Sea debido al factor humano o no, siempre ha existido, ha sido un hecho geológico independiente de nuestra voluntad. La erupción de un volcán causa más vertido de gases a la atmósfera que todo el CO₂ de los automóviles de Europa durante un año, gases que, por cierto, enfrían la superficie que cubre con su sombra¹⁴. No se debe olvidar por ningún estudiante de agronomía que el CO₂ es vital para la vida del Hombre: junto con el agua y la luz del Sol, es un pilar necesario para que las plantas verdes sintetizen gratuitamente los azúcares que son nuestra fuente de energía. De hecho, tanto los bosques como los campos de cultivo son los grandes purificadores del aire gracias al CO₂ que retiran de la atmósfera para tal menester. Se ha observado que los años en que se han registrado subidas en la temperatura del Planeta¹⁵ han sido años-record en producción agraria. Paralelamente, la

13 Antes «calentamiento global».

14 La inmensa nube de polvo que cubrió el planeta tras el impacto del gigantesco meteorito que impactó en Yucatán hizo bajar tanto la temperatura que provocó la gran extinción de seres vivos (los dinosaurios...) del Secundario.

15 Con mediciones vía satélite, no basadas en termómetros terrestres.

**«No se debe olvidar por
ningún estudiante de
agronomía que el CO₂
es vital para la vida del
Hombre: junto con el agua
y la luz del Sol, es un pilar
necesario para que las
plantas verdes sinteticen
gratuitamente los
azúcares que son nuestra
fuente de energía».**

masa forestal del planeta parece haber aumentado en el último medio siglo, verosíblemente debido a la acción conjunta de la tierra libre que dejan los progresos en agricultura y del aumento de CO₂ en la atmósfera.

Cambios climáticos siempre los hubo a lo largo de los diez u once milenios transcurridos desde que comenzamos el paso de cazadores-recolectores a agricultores, y no digamos a lo largo de los dos millones largos de años anteriores, con nuestros ancestros Homo sobreviviendo en sabanas y selvas africanas. El actual Sahara mantuvo hace tan sólo unos pocos milenios poblaciones de ganaderos de aspecto similar, según las pinturas rupestres del Tasili¹⁶, a las poblaciones subsaharianas actuales; la desecación tuvo lugar sin la existencia de fábricas ni de automóviles. Los cambios futuros son, a pesar de todas las medidas y modelos, imprevisibles; los ciclos solares también tendrán su influencia, como ha sucedido en el pasado¹⁷. Pero no salgamos de España: el lugar del que zarparon las naves de Colón rumbo a la futura América está, efectivamente, en Palos de la Frontera (Huelva), pero hoy es... una parada de autobús: desde 1492 el mar se retiró unos diez kilómetros. Si su nivel aumenta entre 1 y 3 milímetros al año, según, respectivamente, mediciones con mareógrafos y satélites, en 2050 no habrá llegado a los 10 cm de subida, y no se sabe cuánto habría que esperar para que el puerto de Palos de la Frontera sea de nuevo navegable...

Por supuesto los cambios que sobrevengan obligarán a reajustes, pero a lo largo de la Historia, incluso de la cercana, muchas veces se cambiaron las variedades de plantas, las razas de animales y hasta los sistemas de cultivo y de cría. Son, además, cambios a largo plazo, no nos van a sorprender aunque, evidentemente, no hay que cruzarse de brazos; las técnicas que tenemos a nuestra disposición permiten reajustes mucho más rápidos que en el pasado. No deben olvidarse las referencias históricas: las fechas de recolección de cereales y del olivo son, en la región mediterránea, las mismas que hace dos mil años cuando Columela escribió su *De re rustica*. Y los archivos de la Catedral de Córdoba registran que a mediados del siglo XIV el pago de diezmos se hacía en septiembre, lógicamente al final del año agrícola, como durante los siglos posteriores hasta la desaparición del tributo.

Un cambio climático trágico para la Humanidad parece poco creíble; que sea puramente o mayormente debido a la acción humana, tampoco. Es un tema que requiere datos y discusiones limpias, habida cuenta de la gran diversidad de opiniones que se registra ante los mismos datos. Estamos agrícolamente preparados, como lo hemos estado siempre. Son otros cambios los que nos pueden crear problemas a más corto plazo.

16 «Tasili n Azjer» significa «meseta del toro» en lengua beréber.

17 Y el Sol ha entrado en este último año en el «máximo solar», el punto culminante de un ciclo de once años, con más actividad que durante el mínimo registrado en 2019.

6. La globalización

Una gran solución para unos, el demonio en persona para otros. Como siempre, entre los extremos debe estar la solución. Lo primero es saber de qué globalización hablamos, pues el término es vago y oscila entre «mundialismo», esto es, la integración de todos los países en un gobierno mundial, utopía (más bien distopía) donde las haya, y el «fuera aduanas», idea asimismo utópica aunque más cercana a la realidad y puesta en práctica con relativo éxito desde los acuerdos de Bretton Woods y la formación de grandes bloques supranacionales (la Unión Europea, Mercosur, etc.) y el desarrollo de la economía de libre mercado, todo ello bajo la égida (según algunos, «protección») de los EEUU.

Sin llegar a tales extremos, hay que decir que una globalización natural y lógica ha existido siempre¹⁸; las poblaciones de nuestros ancestros cazadores-recolectores se reunían anualmente para intercambiar todo lo que podían, incluyendo enlaces matrimoniales; las conquistas musulmanas facilitaron la formación del llamado «Corredor árabe» potenciando así la conexión Este-Oeste que ya existía al menos desde los tiempos del gran Alejandro. Y qué decir del tremendo intercambio en todo y en todas direcciones ocurrido tras el Descubrimiento de América... Y hoy, simplemente, piense el lector en lo que ha comido o va a comer hoy y analice el origen de lo que ha ingerido, incluyendo el pan y el vino o la cerveza.

Toda moneda tiene dos caras; la «cruz», en este caso, es el infeliz intercambio de enfermedades en el Hombre, en los animales, domésticos o salvajes, y en las plantas, cultivadas o silvestres. No hay que recurrir a la Historia: todos los días leemos o sabemos de epidemias y pandemias, y a menor escala, invasión de especies foráneas y exóticas en fauna y flora. En algunos casos es el propio Hombre el causante voluntario, valgan como ejemplo dramático los conejos en Australia; en otros casos, causante inconsciente, como el «intercambio» entre América y Europa tras el Descubrimiento de parásitos en vegetales y animales, y de malas hierbas hoy naturalizadas en todo el mundo¹⁹.

En la mayor parte de los casos, lo foráneo llega para quedarse, cambiando a veces hasta el paisaje, y el que haya ocurrido masivamente en el pasado no quiere decir que deba volver a ocurrir; hoy hay conocimiento y posibilidades de evitarlo. Pero el deseo ultraecologista asumido, al parecer, por la UE de «volver al estado anterior» (¿qué «estado anterior»: un siglo, un milenio...?) es una ilusión infantil que acarrea decisiones antinaturales cuando se ignora el cómo se ha llegado a la situación actual: la campiña de Córdoba era un paisaje de encinas y matorrales a mediados del siglo XIX, las pitas y

18 Y existirá siempre independientemente de nuestra voluntad: los vientos huracanados que nacen en América tropical vienen a morir en África y Europa como consecuencia de movimiento de giro del Planeta; nos trajeron el polvo de una pésima agricultura y nos traerán siempre esporas de hongos, bacterias y quién sabe qué más cosas... Los satélites nos envían estupendas fotografías de esa «globalización».

19 Añádase la desgraciada llegada de enfermedades al Nuevo Continente, bien conocidas desde milenios atrás en el Viejo (gripe, malaria, viruela, sarampión...) para las que las poblaciones nativas no estaban genéticamente preparadas, causando millones de muertes en poco tiempo. Pero ese transporte fue totalmente inconsciente, no fue una guerra biológica provocada por los españoles... ni por los ingleses, que tuvieron campo libre tras la difusión del paludismo en sus colonias.

las chumberas se trajeron de México para su uso en cordelería (de calidad, por cierto) y para el cultivo de grana (que sigue realizándose en Canarias). Hoy forman parte de nuestro paisaje y de gran parte del norte africano. ¿Quién eliminaría los olivos andaluces...? Pues que se sepa que también son foráneos. Adelante, pues...

Respecto a lo económico, tras un primer intercambio feliz, se establecieron tasas y aranceles para importaciones y exportaciones entre imperios y países. Los políticos proteccionistas se siguen enfrentando a los partidarios del libre mercado, de las fronteras abiertas y comercio sin trabas. El foco, por supuesto, es el control de la alimentación. Pero ni los acuerdos internacionales del máximo nivel pueden impedir que cada país defienda lo suyo mediante ayudas encubiertas y subterfugios diversos. El reciente cambio de gobierno en los EEUU será decisivo para volcar la balanza en una dirección o en otra, siendo previsible cuál va a ser el lado favorecido, a pesar de las llamadas de atención, en el reciente Foro de Davos, de la OMC y de la UE sobre la casi indudable guerra arancelaria; «los países aislados económicamente no son prósperos y la Historia nos muestra que en los años treinta del siglo XX el proteccionismo y la fragmentación económica contribuyeron a la Gran Depresión», se dijo en el Foro. Por supuesto que los productos industriales están en la mente de todos los políticos, pero olvidan que con los agrícolas comemos, bebemos, nos vestimos y socializamos, y que si no hay alimentos, no habrá nada de nada.

El efecto sobre el mundo rural será indudable, baste recordar la respuesta de varios países europeos, entre ellos el nuestro, al anunciado pacto UE-Mercosur. Habrá que evitar una despoblación del campo más intensa aun de la que ya conocemos. Las cuentas bancarias podrán llegar a ser *resilientes y sostenibles*, pero difícilmente lo será la Agricultura.

7. La alimentación

Es el asunto en el que converge todo, tan complejo que este modesto artículo, que está dedicado a la agricultura (no se olvide que he incluido en ella la ganadería) sólo es posible esbozar unas muy pocas ideas. Merece más espacio y buenos especialistas.

¿Cuáles son las fuentes de alimentos? Agricultura y Ganadería (las separo ahora), y el mar. Teniendo un límite la pesca extractiva, esto es, su extinción, estamos en vías de repetir el momento en que cazadores-recolectores tuvieron que domesticar plantas y animales en la tierra; le ha llegado el turno al mar: la piscicultura es ganadería marina, y el cultivo de algas es mari-cultura²⁰. En estados primitivos, por supuesto, pero utilizando las mismas técnicas de Mejora genética, desde la selección más simple a la más sofisticada biotecnología.

En resumen: nos seguirán alimentando en el futuro plantas y animales domesticados. Se tropieza aquí con políticas e ideologías de diversa índole. Respecto a la alimentación propiamente dicha, se ataca el consumo de carne con la excusa de la contaminación que, se dice, realizan agricultores y ganaderos; toda la propaganda y toda la simpatía van a favor de los vegetarianos

20 ¡Perdón por la palabreja!

en sus diversas variantes (veganos, flexitarianos, reducetarianos, climatarianos...) ²¹ y en contra de la producción animal. A ello se une la pésima visión de la UE en la política alimentaria, que hace más caso de las ideas ecofundamentalistas que de las científicas y técnicas. Es bien conocido el ataque que han registrado agricultura y ganadería en los últimos años, obstaculizadas y constreñidas ambas por la actual PAC (Política Agraria Común), favoreciéndose importaciones de otros países que no guardan las imposiciones ambientales y sanitarias obligatorias para los europeos.

Es una política insólita la de matar la gallina de los huevos de oro... Insólita, *nada sostenible*, y mucho menos si la globalización mercantil se ve obstaculizada por nuevas políticas; y, desde luego, *difícilmente resiliente* aunque su objetivo sea «volver al pasado». Los críticos de tal política mantienen que se ha puesto el foco en la ganadería intensiva sin considerar los pequeños ganaderos y la ganadería extensiva, y que sólo se tiene en cuenta la producción de carne y no el valor añadido que proporciona la ganadería (leche y derivados, cuero, grasa, incluso limpieza de terrenos...) La ganadería es un elemento esencial en la *economía circular* propia del mundo rural, ese mundo que los políticos dicen que defienden con las políticas agrarias al uso; en efecto, ha tenido y tiene aún en gran parte del mundo un papel múltiple: labores agrícolas, abono (natural), transporte, alimentación (leche, queso, carne, grasa), vestido (lana, pieles), instrumentos y útiles (tendones, huesos), animales jóvenes para la venta... Un sistema casi perfecto de *economía circular*.

7.1. El dogma de la carne

El llamado «dogma de la carne» ²² se basa en dos afirmaciones: (1) que la carne es cancerígena y deberíamos ser vegetarianos, siendo, como somos, omnívoros, y en particular consumidores de carne desde hace más de dos millones de años, no estando adaptado nuestro sistema digestivo a un consumo único de vegetales; (2) que la Agricultura, en especial la Ganadería, es la causante de casi un 30% de las emisiones de los gases de efecto invernadero, olvidando que la Agricultura en su conjunto absorbe otro tanto CO₂ y que se ha demostrado que son los combustibles fósiles los que producen los tan citados gases. Se añaden al «dogma» argumentos tales como el maltrato animal, el gran consumo de agua necesario para la cría animal, los efectos en la salud del consumo de grasas saturadas, etc. En definitiva, se trata de eliminar la carne natural, y se sugiere su reemplazamiento por una artificial, esto es, producida *in vitro* por cultivo de tejidos, algo que se ha conseguido pues no faltan las técnicas necesarias. La «*tecnoalimentación*» se presenta nada menos que como sostenible, saludable y eficiente ²³.

110

7.2. La «tecnoalimentación»

Bienvenida sea la nueva alimentación, y como bandera la nueva «carne», que ya está teniendo su mercado (por ejemplo, hamburguesas

21 En el otro extremo están los defensores de la llamada «dieta paleolítica»: solo carne.

22 Un magnífico análisis de Jorge Jordana en www.agropopular.com/pac-jordana-181121/

23 Beatriz Romanos, Foodtech, la gran revolución de la industria alimentaria, ed. Almuzara para LID, Córdoba.

«En la mayor parte de los casos, lo foráneo llega para quedarse, cambiando a veces hasta el paisaje, y el que haya ocurrido masivamente en el pasado no quiere decir que deba volver a ocurrir; hoy hay conocimiento y posibilidades de evitarlo».

y «análogos» de pollo, pescado, huevos y lácteos), pero no se olvide que utiliza compuestos químicos industriales (industrias que habrá que examinar si son o no contaminantes), luz, agua y calor; y, asimismo, que hay que completar dicha «carne» con grasa, asimismo producida in vitro (¿y quizá con veteados de ibérico de montanera...?) y con aromas y sabores, en su mayor parte productos químicos de síntesis. Ignoro si en la formulación se incluyen oligoelementos. La producción utiliza robótica, digitalización (puede que ya IA), biotintas y bioimpresión 3D. Añádase la esterilización obligatoria y su coste energético. Y no se olvide que la tecnología necesaria sólo se tiene, por ahora, en instituciones de países desarrollados y que está sometida a buenas patentes.

También se ha sugerido, incluso estimulado²⁴, el consumo de insectos, tal y como se hace en China entre otros países. En la gastronomía occidental el consumo directo es, por el momento, algo impensable; se han hecho intentos en nuestro país con grillos y algunos otros insectos, sin éxito. La vía que se ha adoptado es la de utilizar no el insecto sino su harina (o bien extraer de ésta su proteína) para uso en alimentación animal, con el posible e indeseable efecto lateral de su inclusión subrepticia en nuestros alimentos. De todas formas, en la UE sólo hay por ahora cuatro insectos autorizados para tal menester, en todos los casos congelados, desecados y pulverizados: larvas del gusano de la harina y del escarabajo pelotero, y adultos de la langosta migratoria y del grillo doméstico²⁵.

¿Es la «tecnoalimentación» realmente sostenible, saludable y eficiente? ¿Son esas «carnes» y «harinas» sustitutos reales de productos vegetales y animales? ¿Tienen el mismo valor nutritivo²⁶? ¿Ofrecen diversidad al paladar? ¿Se consideran alimentos ultraprocesados o naturales? ¿Cómo se comportarán al cocinarlos o vendrán ya preparados? ¿Cuántos residuos producen esas industrias? ¿Cuál es su balance energético y económico? ¿Pueden integrarse en una economía circular?

Un breve epílogo

Comenzaba estas páginas diciendo que «Si hay alguna actividad que responda perfectamente al tema propuesto para el año en curso para esta revista ('resiliencia, cambio climático y economía circular'), no cabe duda de que tal actividad es la Agricultura», con la Ganadería añadida como sempiterna compañera. Si me ha leído algún lector, lo ideal es que forme su propia opinión con la información que he intentado dar en estas páginas. Yo daré la mía en estos párrafos finales²⁷.

Los hechos ciertos son que la población global crecerá a base de países en desarrollo, los únicos con tasas de natalidad superior a 2.1, la mínima para mantener el tamaño de la población. También lo harán las minorías que

24 Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. FAO, Roma, 2021.

25 Respectivamente Tenebrio molitor, Alphitobius diaperinus, Locusta migratoria y Acheta domestica.

26 El espectro de aminoácidos es totalmente diferente al humano.

27 En todo caso, téngase en cuenta que las decisiones del presidente de los EEUU, que ya comienzan a aplicarse, pueden afectar a los puntos aquí tratados de manera feliz para unos y trágica para otros. Recuérdese la obra citada al comienzo de este artículo: El fin del mundo es solo el comienzo. Cartografía del colapso de la globalización, Almuzara, 2023, Córdoba.

no se integren en la llamada «cultura occidental», mientras exista²⁸. A la larga, salvo donde las minorías hayan coexistido más o menos integradas, la población de los hoy países desarrollados no será resiliente²⁹, serán otros valores los dominantes, el mosaico que hoy es el Planeta en su totalidad será fundamentalmente regional y con las tensiones lógicas.

El mercado global (relativamente) libre que conocemos va a verse modificado si se llevan a término las políticas de las que tanto estamos oyendo hablar en estos últimos tiempos. Hoy estamos acostumbrados a que un objeto «nacional» no se fabrique en la «nación» propietaria; sus materiales pueden proceder de los más dispersos lugares, y sus partes haber sido fabricadas en no menos diversas fábricas.

No habrá mucho más suelo laborable disponible y habrá que gestionar el agua de forma más eficiente que en la actualidad; será muy dudoso que lo sea la política europea de eliminar embalses, presas y azudas, mientras en todas partes del mundo se hace lo contrario. A pesar de todo ello, cultivos y ganados seguirán existiendo porque la alimentación, que por muchos alimentos artificiales que existan seguirá dependiendo de la Agricultura, podrá no ser resiliente, pero forzosamente habrá de ser existente. A diferencia de los productos industriales, que pueden almacenarse indefinidamente, los agrícolas son perecederos, y hay que comer, y hay que hacer disminuir el número de hambrientos, no sólo evitar que su número aumente.

La producción agrícola, pues tendrá que potenciarse, y a pesar de lo dicho de la población, habrá que utilizar en ello la tecnología existente, que es poderosa y eficaz, y no bloquearla con disposiciones legales como las de la UE con el supuesto objetivo de imponer una política «verde», atacando la agricultura y la ganadería como si fueran las causantes de todos los males del mundo³⁰, entre ellos, como cabía esperar, el cambio climático.

La política agraria de la UE no ha sido ni consistente ni coherente. Las subvenciones no han favorecido una Agricultura sostenible a pesar de que no hay político que no mencione la palabra «sostenible» cada vez que abre la boca. Es incoherente la política contra fitosanitarios en Europa, admitiendo, sin embargo, productos extranjeros que no cumplen las más mínimas condiciones aquí impuestas. Y qué decir de las actuaciones contra los organismos modificados genéticamente (OMG) mediante biotecnología (¡como si no lo estuvieran todos los que consumimos por técnicas clásicas!). Pero, ¡oh incoherencia sublime...!, hay OMG que se pueden importar y consumir... pero no cultivar en la UE...

Es de desear, en beneficio de todos los europeos, tanto productores como consumidores, que se apliquen políticas racionales, basadas no en ideologías sino en conocimientos científicos y técnicos bien financiados. *Sin Agricultura, nada*, dijeron los romanos, y añadido yo: *sin innovación, no habrá solución.* —

28 Una novela que es de desear que no sea profética: Michel Houellebeck, Sumisión, 2015, Anagrama, Barcelona.

29 Recuérdense las definiciones de nuestro diccionario oficial.

30 La reciente denuncia del periódico holandés De Telegraaf de un presunto fraude de financiación, durante años, de grupos ecologistas por parte de la anterior Comisión Europea para hacer campaña entre eurodiputados y políticos en general a favor de «políticas verdes» deja en mal lugar la citada estrategia.

Jorge Montalbán Blanco

El lugar

Jorge Montalbán Blanco

El lugar

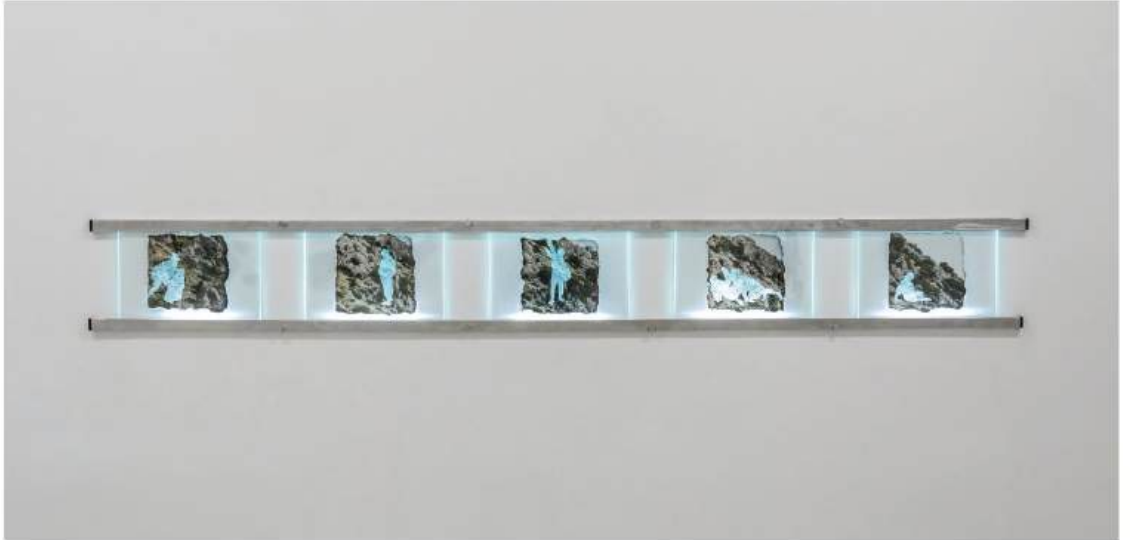
Este proyecto de investigación desde el arte, titulado *El lugar*, fue presentado por el alumno Jorge Montalbán Blanco como Trabajo Fin de Máster en el Máster en Producción Artística Interdisciplinar de la Universidad de Málaga durante el curso 2023-2024. El lugar está conformado por una instalación multidisciplinar compuesta por piezas escultóricas y gráficas, además de una memoria descriptiva que documenta el proceso plástico y conceptual.

Desde una perspectiva de compromiso medioambiental, el artista opta por el grabado láser como alternativa a las técnicas tradicionales que emplean productos químicos para horadar superficies.

Conceptualmente, su propuesta parte del convencimiento de que el arte puede contribuir a reflexionar sobre el territorio —sus fronteras e intersticios— y su papel como sustrato para la memoria histórica y colectiva, la identidad cultural y las percepciones y afectos ligados al espacio.

A partir de un espacio concreto —la localidad de Alfarnate, popularmente conocida como *El Lugar*— Jorge Montalbán Blanco plantea un imaginario autónomo, nutrido por las leyendas y mitos de esta zona del noreste de la provincia de Málaga, en los límites entre la Axarquía y la provincia de Granada. A través de esta exploración, indaga en el sentido de pertenencia y el arraigo.

Las distintas obras producidas en *El Lugar* aluden a inquietudes conceptuales ya presentes en proyectos anteriores, en los que el artista abordó temas como el territorio, la memoria y el lenguaje. Su interés en esta zona no solo responde a su enigma y lejanía de lo cotidiano, sino a un vínculo personal: un episodio familiar que marcó su historia. La obra parte del recuerdo del enamoramiento de sus abuelos, quienes coincidieron en *El Lugar* gracias a un breve paréntesis en su exilio político. Esta historia ha sido transmitida oralmente en relatos fragmentados y parciales, reforzando la noción de la memoria como una construcción subjetiva y mutable.



117

Secuencia indeterminada en la vida de un bandolero. Jorge Montalbán Blanco (2024). Perfiles de aluminio, luz LED, vidrio grabado con láser e impresión fotográfica sobre papel Hahnemüle. 30 x 200 x 2 cm.



Otro reparto. Jorge Montalbán Blanco (2024). Barro negro cocido está grabado con láser un mapa de *El Lugar*. 75 x 62 x 2,5 cm (aprox.). Traslada el calco de distintas fronteras que se superponen entre sí generando nuevas áreas y territorios. El barro como es una metáfora de esos nuevos lugares que se construyen con los restos de otros.



119

Eco de una cicatriz. Jorge Montalbán Blanco (2024). Piedra encontrada y tableros de madera grabados con láser. 40 x 32 x 32 cm. Generada en relación al mito que da nombre a los habitantes de los pueblos de Alfarnate y Alfarnatejo. La piedra recogida en el lugar de la narración queda rodeada por dos tableros de madera sobre los que grabamos una imagen construida a partir de distintos mapas de la zona.



Cuerpo inerte. Jorge Montalbán Blanco (2024). Cuero sintético cortado con láser, arandelas y cadenas metálicas. 324 x 55 x 42 cm. (aprox.). A partir del escaneo de multitud de armas de fuego extraídas de un atlas ilustrado, utiliza el corte láser para troquelar las siluetas. El cuero utilizado recuerda a la funda, la piel del arma, que la humaniza en cierto sentido.

El silfio de Cirene: un caso de crisis ecológica en la Antigüedad

Irene González Hernando

Universidad Complutense de Madrid

EL SILFIO DE CIRENE DEBIÓ SER UNA ESPECIE VEGETAL ARBUSTIVA, RESINOSA, de tallo grueso y estriado, larga raíz de cáscara negra, frutos y semillas en forma de corazón e inflorescencias en forma de abanico, endémica del norte de Libia y muy apreciada en la Antigüedad clásica, que se extinguió en algún momento entre los siglos I y V d.C. Su desaparición es la crónica de una muerte anunciada, pues ya Teofrasto en el siglo III a.C. alertaba del frágil equilibrio ecológico que la rodeaba, de modo que no convenía recolectarla en demasía pues ello comprometía su regeneración natural. Sus palabras eran estas: *«no está permitido, pues, cortar sin ton ni son, ni cortar más de lo calculado, porque si el jugo recolectado no se emplea y se deja pasar el tiempo, se estropea y corrompe»*. Sin embargo, la desmesura y ostentación de los romanos más ricos hizo oídos sordos de aquellas recomendaciones científicas y siguió consumiendo silfio desenfrenadamente, demandando su importación para aderezar manjares exquisitos o por la mera extravagancia de contemplar un espécimen en vías de desaparición. Así, si hacemos caso a Plinio el Viejo, la última planta viva de silfio fue enviada a Nerón para saciar su curiosidad, allá por el año 60 d.C.

Esto conecta con la realidad más próxima, pues en diciembre de 2024 una propuesta de la Comisión Europea para limitar la pesca de arrastre en el Mediterráneo y dar así tiempo a la regeneración de los caladeros ha soliviantado a un gran número de consumidores, que no han entendido que si no hay un freno a este tipo de pesca, habrá consecuencias a corto y largo plazo. Así pues, la extinción del silfio en la Antigüedad constituye un triste precedente de las consecuencias irreversibles de la sobreexplotación de los recursos naturales y de la falta de reacción ante una realidad cambiante que exigía una transición hacia un modelo más sostenible. Antes y ahora los que niegan las señales de alerta, los que priman el consumo voraz por encima del uso contenido de unos recursos finitos, y los que se preocupan por su presente y no por el futuro que dejarán a las generaciones venideras; suponen una amenaza a nuestro entorno.

La historia comienza en el 631 a.C. cuando unos griegos procedentes de la isla de Tera (hoy Santorini) llegaron a la costa de Libia y fundaron Cirene, en honor a la ninfa del mismo nombre. Descubrieron entonces una planta desconocida en el mundo egeo, el silfio, de crecimiento silvestre y difícilmente aclimatable a otras latitudes. Su alto valor gastronómico, además de

medicinal, lo convirtió en un producto suntuario y en principal motivo para la colonización de este territorio. En esta época, el monopolio del comercio del silfio lo tenían los Batíades, soberanos de Cirene, quienes regulaban el corte de sus raíces, prohibiendo cortar más de lo que se podía procesar e intentando garantizar el aprovisionamiento de un bien que debía ser escaso y difícilmente cultivable.

La explotación de este recurso tuvo un gran desarrollo entre los siglos VI y III a.C. tal como muestran las monedas acuñadas en Cirene, que incorporaron el silfio como elemento distintivo de la colonia griega. Siguió siendo importante en período helenístico. Desde principios del s.I a.C. su control pasó a manos romanas, que continuó su explotación al menos 200 años más, hasta que a fines del siglo I d.C. empezó a extinguirse paulatinamente. No obstante, las referencias a la planta no desaparecieron definitivamente hasta el siglo V d.C., así que por un período de unos 400 años siguió estando presente, aunque ya casi convertida en leyenda.

Los griegos primero y los romanos después eran meros importadores, pero los que verdaderamente conocían el producto, lo recolectaban y procesaban era los nómadas libios, seguramente personas dedicadas a la ganadería de transhumancia, que debía complementar sus ingresos con el silfio. Este saber queda atestiguado por Teofrasto que afirmaba *«los libios conocen la estación idónea para la incisión, porque estos son los cosechadores del silfio»*. En efecto, los libios extraían el jugo resinoso sangrando la planta, es decir haciendo incisiones tanto en su raíz como en su tallo, luego lo dejaban secar y solidificarse, más tarde lo reducían a polvo y finalmente lo mezclaban con harina de trigo. Era más valorada la resina de la raíz que la del tallo, ya que era más clara, diáfana y oreada, pero se podían usar ambas. Se obtenía así un producto sólido y seco, de color rojo claro, estable y fácil de conservar, que se metía en vasijas y se podía trasladar por tierra o mar.

Pero del silfio no solo se aprovechaba su gomorresina, también eran comestibles y muy apreciadas las raíces que, si eran jóvenes y tiernas, se descortezaban, loncheaban y metían en vinagre y los tallos, que se cocían o asaban para ablandarlos y hacerlos más apetitosos. Los tallos eran además apreciados por sus propiedades purgantes, así que tenían valor como alimento-medicamento, tanto en el consumo humano como en el animal. Todas las partes aéreas de la planta (hojas, tallos, inflorescencias, frutos y semillas), de regeneración anual, eran un buen forraje para el ganado ovino, que se purgaba, a la vez que su carne ganaba en sabor y aroma, como ocurre actualmente con el cerdo alimentado en base a bellotas, razón por la que los pastores locales conocían bien esta planta. Las semillas, en forma de corazón, pudieron usarse para obtener aceite aromático, o secas a modo de adorno personal con fin apotropaico; aunque sobre este uso nada dice Teofrasto.

Sin embargo, lo que generaba más ingresos y debía ser entregado por los nómadas locales como tributo a griegos y romanos era la resina solidificada y reducida a polvo. El silfio llegaba a Atenas y Roma, entre otros puertos, y allí se compraba como condimento exótico para aderezar platos de alta cocina y como droga o simple para elaborar compuestos farmacéuticos a los que se les atribuía propiedades anticonceptivas, abortivas y afrodisíacas, entre otras.

No sabemos a ciencia cierta en qué momento empezó a mezclarse con otras plantas de la misma familia y género botánico, como el *Laserpitium siler* (o comino rústico) y la *Férula asafétida* (o estiércol de diablo). Estas adulteraciones debieron incrementarse a medida que progresaba la extinción del silfio, a partir del siglo I d.C., en época de dominación romana. Aunque tal vez, una pequeña cantidad de otros ingredientes estuvo siempre presente, como parte de la receta tradicional del producto que conocemos como silfio de Cirene. Así, este silfio sería una suerte de ras al-hanut de la Antigüedad, es decir una mezcla de especias variables, en que no faltaba el espécimen cirenaico hoy extinto, pero en el que podían intervenir otras plantas, siempre procurando no perder la esencia de su sabor distintivo, intenso y fragante pero no excesivamente pestilente, cuya reputación sería equivalente a lo que hoy calificaríamos de producto con denominación de origen protegido. La sospecha de que el silfio no era una sola especie botánica sino un preparado a base de varias, se apoya en que hay al menos seis plantas similares que producen resinas comestibles y que tienen morfología parecida, como el *Smyrniium olusatrum*, la *Malabaila suaveolens*, la *Férula marmárica*, la *Férula asafétida*, el *Laserpitium siler* y el *Laserpitium gum-miferum*. Además, la gran cantidad de producto exportado durante varios siglos resulta poco compatible con la existencia de una sola especie botánica, de crecimiento silvestre, no cultivada.

Por otra parte, contribuye a esta idea el uso actual en la cocina asiática de la *Férula asafétida* o estiércol del diablo, que también se concibe como un preparado de varios ingredientes más que como una sola especia. La asafétida, de la misma familia y género que el silfio, es una planta de olor sulfuroso que tiene un sabor intenso, mezcla de cebolla y ajo y que se comercializa generalmente en forma de polvo resultado de extraer la resina, secarla y triturlarla, muchas veces mezclada con otras férulas, como la *Férula scorodosma*, la *Férula nartex*, la *Férula rubricalis* y la *Férula gummosa*. Tal vez a griegos y romanos esta mezcla no les resultaba muy diferente del silfio libio, que era tan apreciado en cocina. De hecho, cuando empezó a escasear el silfio, empezaron a adulterarlo con asafétida o jugo de Persia, el sustituto más próximo.

Hay una obra de arte que podría estar representando el lucrativo comercio del silfio de Cirene, aunque a mi juicio hay más dudas que certezas en torno a su interpretación. Se trata de la enigmática copa de Arcesilao II, realizada en Esparta hacia el 560-550 a.C. y hoy conservada en el Cabinet de Medailles de la Bnf. En ella aparecen unos fardos considerados tradicionalmente de silfio. Sin embargo, ninguna inscripción indica que lo almacenado en la bodega sea silfio, y eso que son muchas las inscripciones existentes, pero todas ellas sirven para identificar a los personajes del barco: Arkesilas, Sofortos, Filakos, Tzlifomajos, etc. Dado que Arcesilao II fue soberano de Cirene a mediados del siglo VI a.C. y que hay una inscripción referida a él, se ha dado por sentado que lo que se transporta en el barco es silfio. Pero el supuesto silfio va en sacos y no en vasijas, que era la manera más habitual de trasladarlo, otro dato que nos permite dudar de la lectura que se ha hecho de la pieza. Es cierto que el pintor de la cerámica, probablemente originario del Peloponeso, podía ignorar cómo era la especie botánica del silfio, por ser un endemismo de Libia, lo que podría explicar la licencia poética que se toma al representarlo. Por último, complementando el paisaje, hay una serie de animales que parecen más propios de la fauna egipcia que de la

«Los griegos primero y los romanos después eran meros importadores, pero los que verdaderamente conocían el producto, lo recolectaban y procesaban era los nómadas libios, seguramente personas dedicadas a la ganadería de transhumancia, que debía complementar sus ingresos con el silfio».

cirenaica, tales como un babuino, un ibis y unas rapaces que bien podrían ser halcones, todo lo cual nos hace replantearnos el significado tradicionalmente atribuido a la escena. (fig.1)



Fig. 1. Copa de Arcesilao II, ca. 560-550 a.C., Esparta, hoy en el Cabinet de Medailles, BnF, <http://medaillesetantiques.bnf.fr/ws/catalogue/app/collection/record/ark:/12148/c33gbhc8h>

El sabor del silfio de Cirene era acre - áspero y picante - según Teofrasto. El discípulo predilecto de Aristóteles habla del silfio en distintas partes de su magna obra en nueve volúmenes o rollos, dedicada a la *Historia de las plantas*. Aunque es probable que Teofrasto no viajase a Libia y que se nutriese de las noticias que le aportaban algunos de los 2000 alumnos del Liceo, su texto es considerado la fuente más fiable para entender la fisionomía del silfio, su hábitat, su germinación, su recolección y procesado.

126

En el texto de Teofrasto se afirma el carácter silvestre de la planta, que no se había podido cultivar ni en Jonia ni en el Peloponeso, así como sus necesidades hídricas tanto en el momento de la germinación como en el de su posterior crecimiento. Por este comentario de Teofrasto, autores recientes han situado su desarrollo geográfico en dos territorios diferentes: 1) en las áreas húmedas circundantes de Cirene (donde en época de Teofrasto había densos bosques y abundantes precipitaciones) y 2) en la desembocadura de una zona fluvial en la que habría islas y lagos cercana a la actual Bengasi (nombrada como Evespérides en el texto de Teofrasto). Apoyándose también en Teofrasto y en la idea de que el silfio rehúye las tierras cultivadas, también se ha planteado su crecimiento en un tercer lugar, en una zona semiárida y esteparia entre la franja costera más frondosa del norte y la región desértica sahariana del sur, donde no tendría que competir con otras especies botánicas y crecería a modo de maleza. También se ha apuntado

a su crecimiento en un cuarto lugar, en el entorno del oasis de Siwa, pero esto se basa en el estudio de ciertas monedas en las que aparecen palmeras y cabezas de Zeus-Amón (fig. 2).



Fig. 2 Mapa de creación propia con lugares clave de la historia del silfio

Su germinación dependía intensamente de otros animales con los que establecía una relación simbiótica, concretamente de los jerbos, jinetas y gacelas, que comerían las semillas y luego las diseminarian por otros territorios a partir de sus deposiciones. Además, los jerbos, pequeños roedores, almacenaban su comida en el interior de las madrigueras, incluido el silfio, con lo que debieron ser cruciales para la regeneración de dicha planta, ya que ponían las semillas al abrigo de fenómenos atmosféricos adversos, posibilitando así que germinasen más tarde.

También sabemos que el silfio estaba en un débil equilibrio con la ganadería pues, como dijimos anteriormente, era habitual engordar a los rebaños ovinos con silfio, pero este ramoneo podía poner en peligro la regeneración de la planta. Las ovejas debían comerse todas las partes aéreas (tallos, hojas, flores, frutos, semillas), impidiendo la reproducción de la planta vía semillas, y permitiendo solo su propagación por rizoma o estolón, como parece adivinarse en las representaciones incluidas en ciertas monedas cirenaicas, aunque las fuentes históricas no digan nada al respecto (fig. 3).

127



Fig. 3 Tetradracma de Cirene, 450-420 a.C., en una cara Zeus-Amón, y en la otra un nuevo brote saliendo de la raíz (rodeado en verde) apuntando a una posible reproducción por rizoma o estolón y grandes inflorescencias en la parte superior, imagen disponible en <https://www.numisbids.com/n.php?p=lot&sid=2736&lot=360>

«Las monedas de Cirene de los siglos VI al III a.C. son un buen testimonio visual para conocer la fisionomía y hábitat de la planta y poder contrastar con lo señalado por Teofrasto».

Las monedas de Cirene de los siglos VI al III a.C. son un buen testimonio visual para conocer la fisionomía y hábitat de la planta y poder contrastar con lo señalado por Teofrasto. Así, en las monedas se incide en su larga raíz, su tallo grueso, muy alto y estriado, las inflorescencias en forma de abanico en las extremidades de los tallos (que son las que sitúan esta planta dentro de la familia de las umbelíferas), y los frutos y semillas en forma de corazón. En algunas de estas monedas se halla la inscripción KIPA, alusiva a Cirene. Además es posible encontrar alguna que otra palmera y el rostro del dios Zeus-Amón, fácilmente identificable por los cuernos de carnero, lo que ha reforzado la conexión con su crecimiento en el oasis de Siwa donde había un santuario oracular dedicado a esta divinidad. En ocasiones se incorpora la ninfa Cirene, que suele aparecer sentada y del mismo tamaño de la planta. En las monedas también aparecen los animales con los que había esta relación simbiótica, no faltando jerbos, gacelas y jinetas (fig. 4)



Fig. 4 Selección de monedas de Cirene (s.VI a.C.-III a.C.), donde se puede apreciar su fisionomía, los animales con los que estableció relaciones simbióticas (jerbos, jinetas, gacelas) y las conexiones con Zeus-Amón y la ninfa Cirene

En otro orden de cosas, las tierras de cereal también comprometían la supervivencia del silfio, pues donde se sembraba cereal, no crecía esta especie. La extinción de esta planta llegó con la ocupación romana de la Cirenaica, a partir del año 96 a.C. Los romanos aumentaron la población, teniendo por tanto que incrementar la tierra cultivada con cereal y dejando menos margen al silfio. A pesar de existir menos superficie para el crecimiento silvestre del silfio, este siguió extrayéndose y exportándose en grandes cantidades, con lo que el recurso era cada vez más escaso. Para los romanos seguía siendo un producto suntuario, si cabe más lujoso que en época griega, cuyo valor era equivalente al del oro y la plata. Plinio, en la *Historia natural*, señala que al comienzo de la guerra civil de Julio César se había encontrado en el tesoro público una reserva de 1500 libras de silfio, junto con oro y plata, lo que nos indica que el silfio tenía un altísimo valor, equivalente al de los metales preciosos.

Entre el siglo I a.C. y el I d.C., el geógrafo Estrabón y el naturalista Plinio el Viejo señalan la extinción del silfio. Se ha especulado mucho sobre los motivos de esta extinción, aunque seguramente sea una cuestión multi-causal, desencadenada por una explosión demográfica, con unos cuantos elementos que son de rabiosa actualidad: el cambio climático, los desplazados ambientales, la desertificación, la escalada bélica por el control de los recursos naturales, etc.

Así, lo primero que constatan fuentes como Plinio es que se ha producido una sobreexplotación o sobre-cosechado del silfio que no ha dejado margen para la regeneración del terreno y la reproducción de una planta de difícil propagación. Al ser una especie silvestre, no se podía acelerar el tiempo de reproducción ni trasladar su cultivo a otras zonas.

Es más que probable que esto fuese acompañado de un cambio climático, con una subida de las temperaturas y un descenso de las precipitaciones, que hiciese aún más difícil la supervivencia de la planta. Teofrasto y Plinio comentan la difícil germinación de la semilla del silfio, que requiere unas condiciones de gran humedad y temperaturas muy frías, con lo que si las condiciones ambientales cambian, la reproducción se complica. Una subida de temperaturas o un descenso de precipitaciones podía impedir la propagación de la planta, y si esto se acumulaba año tras año, podía poner al endemismo en riesgo de extinción.

La cuestión es discernir si detrás de este cambio climático hubo una intervención humana que la aceleró. Y creemos que sí. El rápido crecimiento demográfico de la Cirenaica en época romana, llevó a deforestar la zona boscosa de la franja costera del norte, para plantar cereal y alimentar a la población. Tendríamos entonces un doble problema. En primer lugar, al deforestar no hay masa vegetal que retenga el agua y el suelo se va haciendo progresivamente más árido, perdiendo su capacidad de resistir sequías ocasionales. En segundo lugar, al aumentar las zonas de cultivo se produce una competencia biológica entre el silfio y el cereal, en que gana la planta cultivada frente a la flora silvestre.

A este escenario, pudo sumarse un posible proceso de migraciones climáticas en un ambiente de gran tensión política entre las élites romanas y la población local libia. La pérdida de riqueza boscosa del norte debió generar descontento entre la población nómada ubicada más al sur, en la zona de estepa, cuyo ganado no podía ir a pastorear al norte durante los períodos de sequía, pues había desaparecido gran parte del bosque autóctono con que alimentaban a sus animales. Así que el cambio climático generó malestar y movimientos de población. Contradiendo a Estrabón, quien consideraba que la población nómada, como venganza contra la llegada de los romanos, arrancaba deliberadamente las raíces de silfio; pensamos que más bien lo que ocurrió fue lo siguiente. Ante la desertificación que avanzaba, los nómadas también cambiaron sus rutas y se movieron buscando zonas donde hacer pastar a sus rebaños. Y no encontrando mejor opción, dejaron que sus ganados comiesen el poco silfio que quedaba disperso por el territorio. Esto parece mucho más verosímil que la versión de Estrabón, envenenada por el ambiente bélico. La recogida y procesado del silfio entre los nómadas debía suponer una fuente de ingresos muy interesante, así que ¿por qué iban a destruir el silfio

intencionadamente? ¿no sería que el cambio del paisaje les abocó a esta situación para no ver perecer también a sus rebaños?

Por lo tanto, el ramoneo del ganado que comía todas las partes aéreas de la planta incluyendo tallos y hojas, no dejando espacio para que las semillas cayeran al terreno y germinaran; no habría sido tanto la causa sino la consecuencia. De haber tenido más arbustos y plantas de las que alimentarse, los rebaños no hubieran agostado los matorrales de silfio.

Pese a su extinción, que podría fijarse a finales del siglo I d.C., el silfio siguió apareciendo en textos de botánica médica (Dioscórides, Soranos de Éfeso, Galeno, Oribasio de Pérgamo), en textos de cocina (Apicius) y en la correspondencia, donde se resaltaba su carácter suntuario además de sus cualidades medicinales (purgante, antitusivo, anticonceptivo, abortivo, afrodisíaco). Debemos suponer que están copiando fuentes antiguas y que tal vez estas recetas no usan silfio sino alguna otra especie botánica de la misma familia (Apiaceae o Umbelífera) y del mismo género (Férula), tal vez el *Laserpitium gummiferum* que crecía abundantemente en el Mediterráneo occidental (tanto en la Península Ibérica como en el Magreb), en lugares semiáridos y dunas, con suelos pobres, en terrenos no cultivados y calurosos, con una gomorresina fuertemente aromática, una raíz larga, y unas partes aéreas de regeneración anual. De hecho, algunos de estos autores, particularmente Apicius, constatan que el silfio se adulteraba con *Laserpitium gummiferum* y con *Férula asafétida*.

Uno de los últimos testimonios del silfio, antes de que su extinción la haga desaparecer también del registro escrito, se halla en la correspondencia de Sinesio de Cirene, de inicios del siglo V d.C. En la carta 134, Sinesio le anuncia a un amigo constantinopolitano el envío de un regalo de lujo, que incluye jugo de silfio. En la carta 106 Sinesio cuenta que la planta de silfio procedía del jardín de su hermano en Phycous (hoy Al-Hamamah), próximo a Cirene. Este sería un testimonio único y enigmático del cultivo del silfio, que tal vez por estas fechas ya no se conseguía silvestre. A lo mejor se había conseguido cultivar alguna especie parecida, pero nunca lo sabremos a ciencia cierta. —

Bibliografía y fuentes

AMIGUES, Suzanne (2004): «Le silphium – État de la question», *Journal des savants*, núm. 2, pp. 191-226.

CHAMOIX, François (1987): « Le problème du silphion », *Bulletin de la Société Nationale des Antiquaires de France*, pp.54-59.

DFRERE (2019): «Le silphium, plante merveilleuse mais disparue», *L'Antiquité à la BnF*, 04/09/2019, <https://antiquitebnf.hypotheses.org/8676> [consultado en diciembre de 2024].

POLLARO, Paul y ROBERTSON, Paul (2022): «Antropogenic Climate Change in the Extinction of Silphium », *Frontiers in Conservation Science*, vol.2, pp.1-9.

RÍOS RUIZ, Segundo (2016): «Extinciones históricas: el caso de la enigmática planta del Silfio», *Cuadernos de biodiversidad*, núm. 50, pp.8-11.

TEOFRASTO (s.IV-III a.C.), *Historia de las plantas* [Introducción, traducción y notas de José María DÍAZ-REGAÑÓN LÓPEZ, Ed. Gredos, Madrid, 1988]

WARTENBERG, Ute y KAGAN, Jonathan H. (2016): «Silphium, Jerboas, Genets and the Coinage of Cyrene», en ASOLATI, Michele (coord.): *Le monete di Cirene e della Cirenaica nel Mediterraneo. Problemi e prospettive. Atti del V Congresso Internazionale di Numismatica e di Storia Monetaria Padova*, 17-19 marzo 2016, Università degli Studi di Padova, 2016, pp. 43-56.

Eduardo Julio Lavrador Jiménez

Life After The Extinction (L.A.T.E)

Eduardo Julio Lavrador Jiménez

Life After The Extinction (L.A.T.E.)

L.A.T.E. Life After the Extinction es el título del proyecto artístico realizado por Eduardo Julio Lavrador Jiménez a lo largo de su estancia en el Máster en Producción Artística Interdisciplinar de la Universidad de Málaga (2023-2024). *L.A.T.E.* está conformado por una instalación multidisciplinar, vídeos y una memoria descriptiva del proceso plástico y conceptual. Su producción artística es un ejemplo de investigación en el arte desde el respeto por la naturaleza y la implicación con la protección del medioambiente.

Abordando la crisis ecológica contemporánea como concepto, el artista refleja su preocupación por el exceso de basura que generamos, cuestiona la clasificación de algunos residuos como basura y plantea la necesidad de profundizar en el reciclaje.

Lavrador Jiménez se interesa artísticamente por el bioarte, en el que se sumerge a partir del estudio de las larvas de *Zophobas morio* y su capacidad de interactuar con materiales sintéticos, transformando residuos no compostables en materia orgánica reintegrable en los ecosistemas.

En una vuelta de tuerca, las piezas artísticas del proyecto *L.A.T.E.* se realizan a partir de materiales y objetos rescatados de vertederos y del mar. Entre estos materiales destaca el poliestireno expandido al que Lavrador Jiménez somete a diversos procesos termoquímicos, entre ellos la intervención biológica de las larvas de *Zophobas morio*.

136

L.A.T.E. Life After the Extinction se divide en tres series:

La serie *Humusidades*. Parte de la noción política de las economías circulares, subrayando la importancia de reintegrar en lugar de desechar y de destruir para reconstruir en un ciclo continuo, en contraste con el ritmo lineal de consumo y producción que predomina en nuestro sistema actual. En este contexto, se crea un prototipo de máquina que reintegra en el suelo lo que le fue quitado, utilizando materiales desechados por el ser humano, como el poliestireno expandido, para reincorporarlo en un suelo cultivado.

Serie *Vestigios*. Se centra en la idea de dignificar los residuos cotidianos, elevándolos a la categoría de artefactos históricos. Los canales y grutas que las *Zophobas* tallan en el interior del poliestireno, mientras se alimentan, otorgan cualidades estéticas propias de la vida natural a un material inerte y artificial. Las piezas que componen *Vestigios* son el resultado del positivado de dichos canales, donde los trozos parcialmente huecos de poliestireno se tratan como moldes, resultando en formas que recuerdan a corales.

Serie *Stryrum*. Es una narrativa ficticia en la que Lavrador Jiménez imagina un futuro donde las especies que colonizan el planeta después de la extinción humana son híbridos que han evolucionado para metabolizar los restos plásticos de nuestra civilización. Estas criaturas, que combinan características biológicas y sintéticas, representan la última esperanza de vida en un mundo desolado.



138

Figura 1. De la serie **Humusidades: Muestras** (2024). Botes de vidrio, material biológico y sintético. 15 x 7 cm.

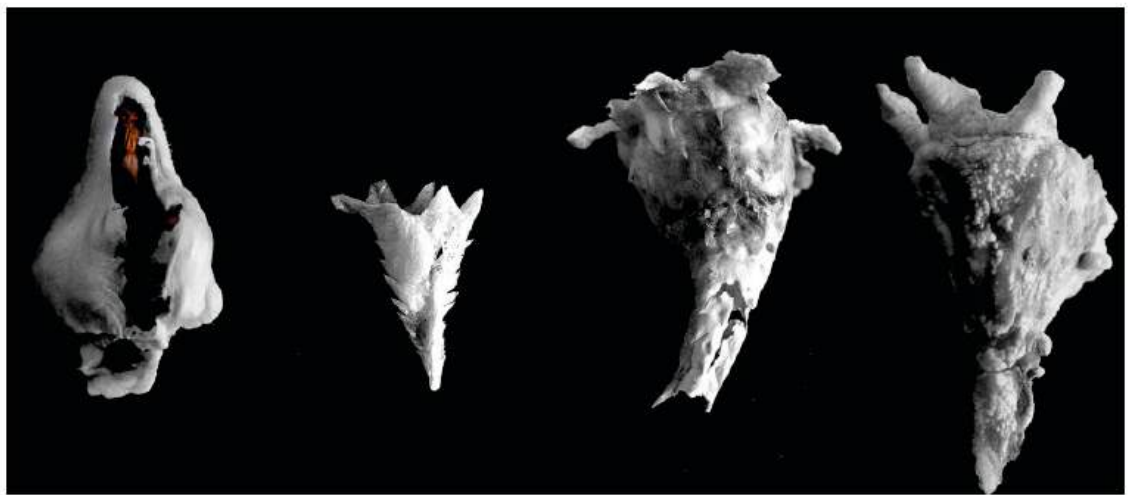
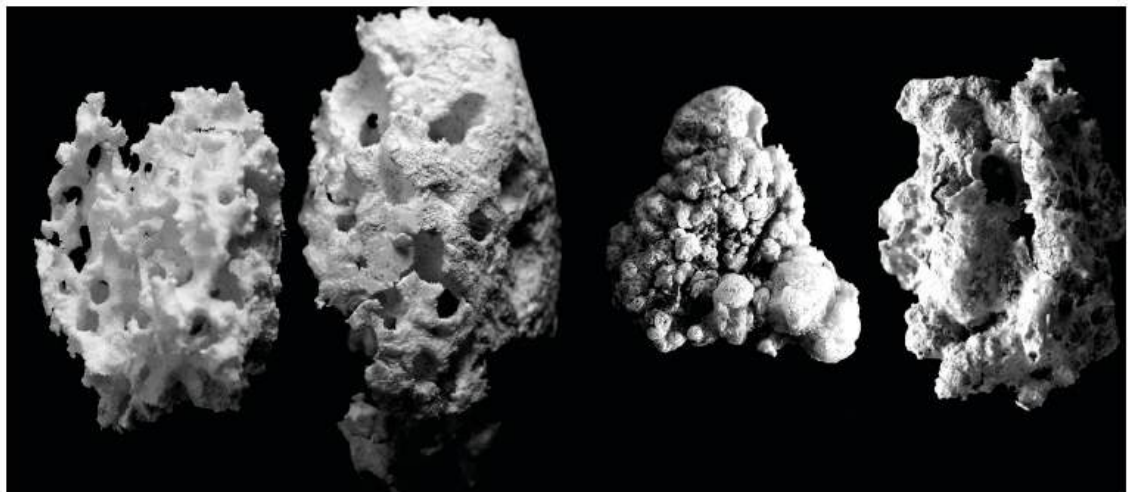


139

Figura 2. De la serie **Humusidades: Paisaje submarino** (2024). Vidrio, residuos acuáticos, poliestireno termoformado. 110 x 70 cm.



Figura 3. De la serie ***Humusidades: Prototipo*** (2024). Construcción con materiales encontrados. 180 cm x 70 cm.



141

Figura 4. Muestras de la serie *Vestigio* (2024): Poliestireno termoformado, 20 unidades. Dimensiones variables



142

Figura 5. De la serie **Styrum: Vivo I** (2024). Vídeo, 2' 6" en bucle. Resolución 720 x 575p. Reproducción sobre monitor portátil. Objeto artístico del vídeo. Enlace al archivo: <https://youtu.be/1Zz-5fLlP8>



143

Figura 6. De la serie *Styrum: frame de Vivo II* (2024). Vídeo, 2' 6" en bucle. Resolución 720 x 575p. Reproducción sobre monitor portátil. Enlace al archivo: <https://youtu.be/1Zz-5fLtlP8>

A University's Journey Toward Education for Sustainable Development Across All Disciplines

Markus Riederer¹

Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Germany

Why Teaching Sustainability in Universities?

THE CONCEPT OF SUSTAINABILITY CAN BE TRACED BACK TO ARISTOTLE AND medieval forest regulations before being more precisely defined in the 18th century by Carl von Carlowitz in the context of sustainable forestry. While the principle was applied almost exclusively in forestry and fisheries for nearly 200 years, it gained global political significance from the mid-20th century onwards due to environmental issues, the Club of Rome's report "The Limits to Growth" (1972), and the Brundtland Report (1987). From a scientific perspective, the urgent necessity for sustainable approaches becomes evident upon examination of the state of our planet. Recent research vividly underscores pressing ecological challenges² alongside substantial social inequalities that must be addressed to enable both current and future generations to live dignified lives while preserving nature as the foundation of all life³.

Over the past decades, sustainability science has emerged as a transdisciplinary field dedicated to tackling these challenges. It encompasses *science about sustainability*, aiming to understand the functioning of complex physical, biological, and social systems, as well as *science for sustainability*, which seeks to inform sustainable policies and foster positive societal transformations⁴.

This dual approach is indispensable for universities. Institutions of higher education serve as critical spaces for generating knowledge about sustainability while simultaneously equipping students with the expertise and ethical grounding necessary to drive sustainable change in society. Without this foundational commitment to sustainability, universities risk neglecting

144

1 Contact, comments and criticism are welcome. Email: markus.riederer@uni-wuerzburg.de

2 Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F.,... & Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>

3 <https://ourworldindata.org/economic-inequality> (last accessed on 2025/02/07)

4 Kates, R. W. (2011). What kind of a science is sustainability science? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19449-19450. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116097108>

their responsibility to future generations and the pressing imperatives of the present.

Universities are required to integrate education for sustainable development (ESD) into their curricula not only for factual reasons but also based on international and supranational obligations. At the UN level, the Agenda 2030, particularly Sustainable Development Goal (SDG) 4.7, explicitly calls for integrating ESD, identifying universities as key actors in achieving all 17 SDGs. This is further supported by UNESCO's 'ESD for 2030' (2020–2030) framework, which defines higher education as a priority field of action. At the European level, the European Green Deal emphasises the role of universities as drivers of innovation for ESD. At the same time, the EU Sustainability Competence Framework (GreenComp) of 2022 serves as a guiding tool for university teaching. Additionally, the Bologna Process incorporates sustainability as a core topic of higher education, as stated in the Rome Ministerial Communiqué (2020).

When a university embraces ESD, it complies with political mandates and strengthens its strategic role. Integrating ESD into university teaching significantly contributes to the institution's social responsibility. By equipping students with sustainability skills, universities empower graduates to actively shape sustainable decisions in business, government, and society. In doing so, universities respond to the growing professional relevance of sustainability skills, which are increasingly demanded in today's job market. Furthermore, ESD supports students' personal and professional development by imparting specialised knowledge and enhancing their practical ability to take action. ESD also offers interdisciplinary value by fostering dialogue between different academic fields and promoting a participatory culture within and beyond the university. Anchoring sustainability in its educational mission enhances a university's attractiveness to prospective students and cooperation partners, positioning it as a forward-thinking and socially responsible institution.

This article examines how Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU), Germany, addresses these requirements and expectations, striving to integrate ESD into all its degree programs as a cross-cutting teaching focus. JMU is one of the oldest universities in the German-speaking world, offering a comprehensive range of subjects characteristic of a classical university, including some engineering programs. It offers 280 degree programs and serves approximately 25,000 students and 4,600 employees, including around 480 professors⁵.

How can a university integrate Education for Sustainable Development into its curricula?

The term ESD, as initially defined by UNESCO in 2015, is used in various meanings and dimensions depending on the level of education in question and the national peculiarities of the concept of education. JMU adopts an understanding of ESD that aligns with the definition provided by UNESCO and is compatible with the educational mission of German universities: *“Education for Sustainable Development opens eyes to the interconnections*

5 <https://www.uni-wuerzburg.de/en/>

“Over the past decades, sustainability science has emerged as a transdisciplinary field dedicated to tackling these challenges. It encompasses science, sustainability, aiming to understand the functioning of complex physical, biological and social systems, as well as science for sustainability, which seeks to inform sustainable policies and foster positive social transformations”.

and interdependencies of our world, sharpens awareness of the challenges of our time, and imparts the competencies needed to address them as effectively as possible”⁶. Accordingly, acquiring knowledge is combined with critical and systemic thinking and integrated into the ability to take concrete action. As a key requirement for university-level ESD, JMU emphasises that ESD must be science-based and foster critical reflection on the content and methods of ESD. This form of university-based ESD is called Higher Education for Sustainable Development (HESD).

However, the question of *how* HESD should be implemented remains unresolved. A straightforward approach would be establishing one or more study programs specifically dedicated to sustainability. This is a path that some universities have taken, and in recent years, JMU has also launched two sustainability-focused degree programs: “*Computer Science and Sustainability*” (B. Sc.) and “*Social Science Sustainability Research*” (M. Sc.). Yet, considering the breadth and depth of the challenges facing humanity and the diversity of questions that often require unconventional solutions, JMU has decided to position EDS as a cross-cutting theme embedded in all programs of study rather than treating it as a standalone subject. In doing so, the university acknowledges the contributions that all disciplines can make to tackling sustainability challenges. It follows international recommendations to integrate ESD across all subjects rather than as a separate school discipline⁷.

What fundamental principles should Education for Sustainable Development follow at a university?

Scientific rigour and critical reflection, as fundamental requirements of a university-level HBNE programme, necessitate establishing a shared understanding of its content’s foundational principles. The HBNE initiative at JMU, which was developed by the ‘Studium und Lehre’ (Study and Teaching) division at the living lab *Nachhaltigkeitslabor WueLAB*⁸, adheres to the following core principles:”:

1. Principle of Sustainability

JMU is committed to sustainable development’s guiding principle, which is considered ecologically sound, socially balanced, and economically efficient. In this context, planetary boundaries, coupled with a focus on ensuring a dignified life for all and conserving nature as the basis of all life, provide the external framework for sustainable development.

2. Un Sustainable Development Goals (SDGs)

The 17 Sustainable Development Goals⁹, focusing on their specific targets and indicators, serve as a framework and thematic basis for HBNE. Beyond the substantive content, the political processes that shaped the

6 <https://www.unesco.de/bildung/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung> (last accessed on 2025/02/07)

7 <https://mgiep.unesco.org/article/unesco-mgiep-s-approach-to-embedding> (last accessed on 2025/02/07)

8 <https://www.uni-wuerzburg.de/wuelab/lehre/> (last accessed on 2025/02/07)

9 <https://ourworldindata.org/sdgs> (last accessed on 2025/02/07)

SDGs and the contradictions and limitations inherent in the SDG framework may also be critically examined.

3. Concepts of Planetary Boundaries

The concepts of planetary boundaries originating from Earth system science¹⁰, just and safe Earth system boundaries¹¹ and global commons¹² provide a scientifically based reference framework for evaluating the current state of the Earth system, particularly in relation to human actions. These frameworks also facilitate the identification of options for action that incorporate planetary sustainability and the principle of justice.

4. Strengthening Competencies for Sustainable Development

University ESD incorporates the emphasis on fostering competencies from general ESD frameworks into the competency-oriented goals of the Bologna Process and EU higher education policy¹³. Alongside promoting knowledge and methodological competencies, the programme emphasises the self-awareness and social dimensions required for effective action in sustainability contexts.

By adhering to these principles, the HBNE programme at JMU ensures consistency with established scientific frameworks and educational policies, fostering robust, reflective, and competency-driven education for sustainable development.

How can Education for Sustainable Development be effectively integrated as a cross-cutting task into all academic subjects?

Incorporating new content into university degree programmes to address contemporary societal challenges is not a novel concept per se. Yet, the systemic integration of knowledge, critical thinking, and skills as a cross-cutting theme into all disciplines remains relatively exceptional. At JMU, this integration has been facilitated by a fortunate interplay between favourable political conditions and an initiative emerging from within the institution.

148

1. Legal and Political Framework

The Bavarian Higher Education Innovation Act (*Bayerisches Hochschulinnovationsgesetz*) mandates universities advance ESD. Furthermore, a framework agreement between Bavarian higher education institutions and the Bavarian Ministry of Science commits

- 10 Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F.,... & Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science advances*, 9(37), <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>; Rockström, J., & Gaffney, O. (2021). *Breaking boundaries: The science of our planet*. Dorling Kindersley Ltd.
- 11 Rockström, J., Gupta, J., Qin, D. et al. Safe and just Earth system boundaries. *Nature* 619, 102–111 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- 12 Rockström, J., Kotzé, L., Milutinović, S., Biermann, F., Brovkin, V., Donges, J.,... & Steffen, W. (2024). The planetary commons: A new paradigm for safeguarding Earth-regulating systems in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(5), e2301531121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2301531121>
- 13 Davies, H. (2017). Competence-based curricula in the context of Bologna and EU higher education policy. *Pharmacy*, 5(2), 17. <https://doi.org/10.3390/pharmacy5020017>

institutions to raise awareness of sustainability issues, impart knowledge about societal challenges, and equip students with the skills to address these challenges. In alignment with this commitment, JMU has further set an explicit goal in its contract with the Ministry of Science to embed ESD into its teaching and degree programmes.

2. University-driven Initiatives

Over the past decade, various JMU institutions have independently pursued activities related to environmental education and ESD. Building on these foundations, a university-wide initiative was launched in 2022 to connect all ESD stakeholders and interested parties. This initiative aimed to foster the exchange of goals and practical experiences regarding ESD and to identify strategies for establishing ESD as a systemic and cross-disciplinary teaching focus across all degree programmes.

This initiative has brought together professors, other teaching staff, students, and administrative personnel, reflecting broad representation from all university groups. Key measures include:

- **Biannual Networking Meetings:** These meetings support exchanging best practices, sharing teaching experiences, and developing implementation approaches.
- **Virtual Exchange Platform:** This platform has over 200 members who collaborate and share knowledge on HESD.
- **Student Parliament Resolution:** The student parliament's resolution was a significant milestone. It advocated for the mandatory inclusion of ESD in all curricula and further strengthened the movement's momentum.

The integration of HESD at JMU has been particularly effective due to the convergence of political objectives with grassroots initiatives within the university. This dynamic has been critical, given the specific organisational structure of German universities, which, although state-funded, operate with a significant degree of autonomy. Notably, this autonomy extends to the university and its faculties, which retain considerable independence in curriculum design. Thus, the role of university governance is essentially to articulate broad goals, leaving the specifics of implementation to individual subdivisions.

A turning point in JMU's progress was the unification of these internal and external drivers, achieved under the leadership of the vice president responsible for sustainability. A comprehensive sustainability strategy for the university was developed through an inclusive, participatory process, introducing a dedicated field of action focused on "study and teaching." The strategy incorporated many of the objectives put forth by ESD advocates and students, translating them into concrete milestones with designated responsibilities. University management formally adopted this sustainability strategy in 2024 which is now in the implementation phase.

JMU's approach to integrating ESD as a cross-cutting issue demonstrates the necessity of aligning institutional initiatives with broader political mandates while fostering bottom-up engagement from stakeholders across the university. By leveraging external legal frameworks and internal advocacy, JMU has established a model highlighting the importance of participatory governance, interdisciplinary collaboration, and sustained support for systemic change.

What steps are being taken towards systemic implementation?

The systemic integration of the fundamental principles of HBNE (Higher Education for Sustainable Development) at JMU is being advanced through a comprehensive and multi-faceted approach targeting various institutional levels.

To begin with, the university's overarching 'Teaching Mission Statement' and the corresponding faculty-specific "Teaching Mission Statements" are being revised to embed the principles of HBNE as foundational guidelines for teaching and learning. The primary aim here is to ensure that the goal of sustainability becomes an integral feature of the institutional framework. Aligned with this, qualification objectives and competencies shaped by the Bologna Process and linked to HBNE are being systematically incorporated into the module descriptions of every academic programme. This approach seeks to secure the structural integration of sustainability into curricula while establishing formal obligations tied to programme (re-)accreditation processes.

Moreover, special emphasis is placed on integrating sustainability themes across existing courses in all disciplines. This aims to highlight the connections between sustainability and the respective subjects, allowing students to recognise and appreciate how their field of study contributes to addressing sustainability challenges. This integration will be pursued wherever feasible and contextually meaningful within the existing curricular framework.

JMU will introduce a supplementary study programme entitled "Core Competences in Sustainability" to further enhance sustainability-related competencies. This programme involves several micro-credentials that students are strongly encouraged to pursue. A central component of this initiative is a self-directed learning course titled 'Interdisciplinary Sustainability Sciences,' which is currently under development and is anticipated to launch in the winter semester of 2025/2026. This course will be offered to all students as a virtual resource in German and English to ensure accessibility for international participants. The course curriculum comprises twelve chapters covering various topics, including poverty, climate change, biodiversity, resource management, ethical and psychological foundations, economics, law and local climate impacts. These topics will be examined from interdisciplinary perspectives by JMU faculty from various fields, such as theology, computer science, biology, chemistry, mathematics, physics, economics, literature, medicine, and law. The chapter structure integrates theoretical insights with practical applications, catering to both global and local dimensions of sustainability.

“The inclusion of sustainability topics in higher education is increasingly perceived by teaching staff not merely as a potential threat to their academic freedom or an additional workload but as a stimulating enrichment of their teaching practices. Central to this perception is the inherently interdisciplinary nature of sustainability studies, which transcends traditional disciplinary silos and offers novel perspectives”.

The overarching purpose of this course is to foster an interdisciplinary understanding of sustainability as a unifying theme relevant to all fields of study and aspects of life. It focuses on providing all JMU students with the knowledge and skills necessary to incorporate sustainable thinking and action throughout their university education and professional careers. Another part of the additional study programme involves a unit tailored to discipline-specific perspectives on sustainability issues developed and delivered by individual faculties.

In parallel with these student-directed initiatives, a dedicated faculty training programme titled 'Higher Education for Sustainable Development' has been initiated to support instructors aiming to provide HESD with a robust intellectual and methodological foundation. This training programme lets participants acquire practical and theoretical expertise via online and in-person sessions. The Centre for Scientific Education and Teaching and the Sustainability Laboratory at JMU support the programme. It features a core module on university teaching methods and pedagogy alongside elective courses on topics such as problem-based learning, democracy education, and active teaching strategies. Additionally, a sustainability-specific scientific module offers elective courses on themes such as climate protection, biodiversity conservation, sustainable economics, ethics, psychology, and planetary health sciences.

This comprehensive package of measures for implementing and embedding HBNE at JMU has been developed through extensive consultations with deans of studies from all faculties, university committees, administrative representatives, and students. The outlined measures will be enforced through target agreements negotiated between university and faculty leadership to ensure timely and consistent application.

This strategic and collaborative approach lays the foundation for the long-term incorporation of sustainability into JMU's institutional culture, fostering a systemic transformation that aligns with global educational standards and sustainability priorities.

Which challenges arise in implementing Education for Sustainable Development across all disciplines?

152

The goal of JMU to establish HESD as a cross-cutting task within the teaching of all study programs is comprehensive and ambitious¹⁴. Due to a university's loosely coupled organisational structure and the largely autonomous decision-making powers of its faculties and professors, the authority of central governance in imposing such measures faces significant limitations. Academic staff must be helped to recognise the relevance and necessity of integrating HESD into their teaching and voluntarily adapt their practices. Furthermore, the governing bodies, which are comprised of representatives from various university groups, should be enabled to recognise that implementing the HESD concept strengthens individual

14 In 2025, the German UNESCO Commission and the Federal Ministry of Education and Research awarded JMU, as the first comprehensive university in Germany, the 'National Award - Education for Sustainable Development' in recognition of this far-reaching concept.

disciplines, faculties, and the university as a whole while enhancing its attractiveness to students, researchers, and potential collaborators.

Handling potential concerns and objections is essential for effectively implementing the concept. A fundamental objection could arise from the perception that mandating sustainability in teaching might infringe on academic freedom, particularly the freedom of teaching. This issue demands the utmost care in Germany, where two dictatorships suppressed academic freedom in the 20th century. The constitution of the Federal Republic of Germany explicitly states in Article 5: “Arts and sciences, research and teaching shall be free”¹⁵.

Concerns about a potential restriction of academic freedom can be addressed by clarifying that a fundamental overhaul of curricula is neither intended nor necessary. Instead, instructors and departments are only asked to make targeted updates to their educational offerings in alignment with current research and scholarship in sustainability-related areas. Such an approach also aligns with students’ expectations, labour market requirements, societal needs, and legal regulations. In this sense, academic staff follow a long-standing tradition exemplified by their predecessors throughout JMU’s history, which dates back to 1402. The autonomy of university teaching and the constitutional guarantee of academic freedom remain intact, as teaching staff retain the authority to determine which academic topics related to sustainability to address in their teaching and the formats and methods they choose to employ.

Critical objections to sustainability and ESD must be considered carefully and thoroughly at the teaching content level. A commonly voiced criticism is that sustainability lacks scientific rigour and represents merely a transient trend reflective of contemporary societal moods, akin to other fleeting phenomena that will eventually fade. Another concern relates to the political dimension: sceptics perceive discussions around sustainability as ideologically motivated, driven by the political agendas of green or leftist movements seeking to infiltrate the educational sector. Lastly, “sustainability” is often criticised for its conceptual vagueness. It is considered overly broad, imprecise, and subject to inflationary use, making it unsuitable as a solid foundation for an educational framework.

153

These concerns can be counteracted by ensuring that teaching related to sustainability is founded on clearly defined and transparently communicated principles (as outlined earlier) and grounding it wherever possible in scientific evidence. Additionally, it is crucial to encourage discussions about the premises and limitations of scientific knowledge. By anchoring ESD within a scientifically based and critically reflective approach, it becomes clear to faculty and students that sustainability encompasses highly relevant and complex questions across all knowledge areas— the humanities, natural sciences, social sciences, medicine and others. Addressing these challenges frequently requires innovative approaches and interdisciplinary perspectives that transcend traditional academic boundaries and offer an attractive field for scientific enquiry.

15 https://www.gesetze-im-internet.de/englisch_gg/englisch_gg.html#p0035

The inclusion of sustainability topics in higher education is increasingly perceived by teaching staff not merely as a potential threat to their academic freedom or an additional workload but as a stimulating enrichment of their teaching practices. Central to this perception is the inherently interdisciplinary nature of sustainability studies, which transcends traditional disciplinary silos and offers novel perspectives. As such, HESD has the potential to act as a catalyst for fostering interdisciplinary thinking and research, generating benefits that extend far beyond the topic of sustainability itself. Interdisciplinarity, however, should not be misunderstood as a simple and comfortable path to scientific conclusions. It can only bear fruit worthy of university standards when solidly founded on strong disciplinary research and extensive scientific expertise.

From a professional standpoint, many teaching staff also find it intellectually rewarding that HESD encourages moving beyond the conventional focus on the knowledge base of a discipline within academic teaching. Instead, it involves engaging students in discussions of practical applications and implications. In conversations with teaching staff, a conceptual framework developed by the Swiss Academy of Sciences proves helpful, as it categorises the potential contributions of science into three types of knowledge: “Science needs to submit three types of knowledge to public debate: Systems knowledge about structures, processes, variabilities, etc.; target knowledge about the targets of future development and scenarios; transformation knowledge about the transition from the current to a future target situation”¹⁶.

Another helpful approach involves complementing the traditional “teaching about sustainability” strategy with a “teaching for sustainability” approach, in which the transmission of knowledge is enriched by critical reflection and ethical considerations, ultimately fostering actionable competencies¹⁷. Many teaching staff consider this HESD-driven development a much-needed impetus to strengthen competency-oriented learning. By incorporating sustainability aspects, it becomes possible to make higher education more contemporary and forward-looking, enhancing both the quality of teaching and the employability of graduates.

Implementing ESD in universities represents a long-overdue yet necessary undertaking that presents substantial challenges for all stakeholders. To achieve successful implementation, governance, administration, and internal university initiatives must collaborate effectively to translate HESD-related objectives into binding and coherent formal regulations. A crucial aspect of this process is focusing on clearly articulated foundational principles, thereby minimising the risks of arbitrariness and contentious ambiguities. The communication of the HESD concept should employ precise, academically oriented language, avoiding trendy or fleeting terminology to prevent unnecessary misunderstandings or resistance within the academic community.

154

16 https://scnat.ch/en/uuid/i/6fc6028b-5a36-53a3-b259-48cfca10753-Visions_of_Swiss_scientists (last accessed on 2025/02/07)

17 Sterling, S. (Ed.). (2010). *Sustainability education: Perspectives and practice across higher education*. Taylor & Francis

One significant challenge in implementing HBNE at a traditional university with a wide range of disciplines lies in the diversity and disparity of disciplinary cultures and approaches. Addressing this challenge requires an openness to and respect for each discipline's perspectives on sustainability. Crucially, this diversity should not be viewed as a disadvantage but rather as a strength that enriches the implementation process. By grounding efforts in shared core principles of HBNE, this variety can be reframed as an opportunity to foster interdisciplinary dialogue among faculties and disciplines.

Above all, HESD must not be perceived as a concealed mechanism ("Trojan horse") for introducing fundamental structural or hierarchical changes within universities, as this perception risks undermining its core message and creating unnecessary opposition. Despite these precautions, it is evident that the participatory processes inherent to HESD and its interdisciplinary framework will foster an organic developmental trajectory. This process will positively influence universities' values, practices, and institutional culture in the long term. —

Cristina Peláez Navarrete

Sostenibilidad

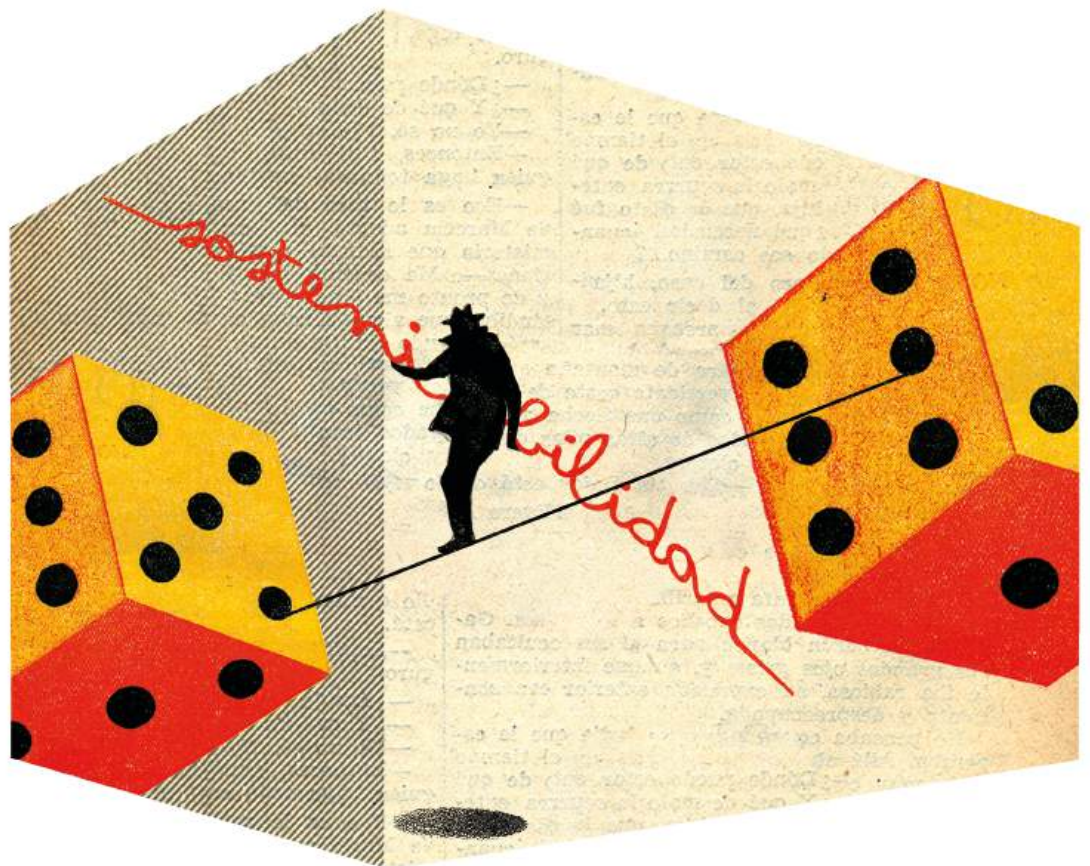
Cristina Peláez Navarrete

Sostenibilidad

Entre marzo y junio de 2021 se expuso en Málaga la muestra itinerante *La huella* de Manolo Prieto en el Museo del Patrimonio Municipal. La exposición de Manolo Prieto presentaba una selección de carteles y portadas de novelas de este sobresaliente ilustrador y diseñador español. La ilustración *Sostenibilidad* nace en el contexto de un taller para profesionales y alumnos de arte, en el que se debía trabajar una imagen inspirada en una de las obras de Manolo Prieto expuestas en la muestra, siguiendo su metodología creativa. Las ilustraciones resultantes de dicho taller pasaron a formar parte de la misma exposición con la intención de reflejar la eficacia del proceso creativo de Prieto. Siguiendo dicho proceso, el concepto a ilustrar debía referirse a desafíos del siglo XXI. Además del concepto y el proceso, se impusieron una serie de limitaciones sobre el tiempo de ejecución, el número de colores y el formato. El desafío del siglo XXI que propone esta ilustración es, como su nombre indica, la sostenibilidad, que traté de representar con esta metáfora visual, como una suerte de equilibrio entre medioambiente y progreso que permita avanzar a la humanidad, preservando la salud del planeta. La idea de equilibrio sostenible también la quise aplicar al individuo y a la necesidad de nivelar nuestro bienestar con el de los demás.

158

Cristina Peláez Navarrete es profesora de la Facultad de Bellas Artes de la UMA



Ganadería ligada al territorio, cambio climático y circularidad

Agustín del Prado Pablo Manzano

Basque Centre for Climate Change

Ikerbasque - Basque Foundation for Science

EL CLIMA ESTÁ EXPERIMENTANDO CAMBIOS ACELERADOS EN LAS ÚLTIMAS décadas. A medida que se eleva la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), también lo hace la temperatura de la superficie del planeta. En la última década se ha registrado el mayor calentamiento hasta la fecha. Desde los años 80, cada década ha sido más cálida que la anterior. A este fenómeno se le ha denominado Cambio Climático o Calentamiento Global.

Los países del sur de Europa, como España, no son ajenos a estos cambios. Cada año, experimentamos un aumento de las temperaturas y una disminución de las lluvias. Los períodos de sequía estival son cada vez más largos y severos, y también sufrimos una mayor frecuencia de eventos climáticos extremos que provocan inundaciones u olas de calor. Las previsiones, lógicamente, indican diferentes patrones según la región climática en la que nos encontremos, ya sea en zonas costeras o de interior.

El cambio climático afecta a los diversos sectores productivos. En el sector agrícola, por ejemplo, podemos observar cómo estos cambios afectan la productividad de las cosechas, reducen la productividad ganadera debido a las olas de calor e incluso alteran las cadenas de suministro de alimentos.

Si enfocamos esta cuestión en la ganadería, y más concretamente en la ganadería extensiva o ligada al territorio, ¿podemos predecir cuáles serán los cambios más drásticos en este sector y anticipar los retos y oportunidades que surgirán ante dichos cambios?

Dentro de la compleja relación entre la ganadería y el clima, la ganadería extensiva no solo puede verse afectada por el cambio climático, sino que también puede convertirse en una palanca que influya en el clima futuro. ¿Cómo podría la ganadería extensiva ser un sector estratégico para el control del clima?

¿En qué medida podemos afirmar que la ganadería extensiva contribuye al calentamiento actual de la atmósfera? ¿Podría la ganadería extensiva desempeñar un papel determinante en la lucha contra el cambio climático? En este artículo, abordaremos todas estas preguntas. Pero, en primer lugar, cuando hablamos de ganadería extensiva o ligada al territorio, ¿a qué nos referimos?

160

Según un reciente informe de la «Fundación ENTRETANTOS»¹, que aborda los retos y oportunidades que el cambio climático puede presentar para la ganadería extensiva, esta se define como «el conjunto de sistemas de producción ganadera que aprovechan eficientemente los recursos del territorio, utilizando para ello especies y razas adaptadas a las condiciones bioclimáticas y geográficas del lugar, así como formas de manejo cultural y ambientalmente adecuadas, compatibilizando la producción con la sostenibilidad y generando servicios ambientales y sociales». Como se indica en el informe, en Europa predominan los sistemas ganaderos mixtos que incorporan elementos propios de la ganadería extensiva, pero que se integran en fases o elementos más característicos de la ganadería intensiva. Así, se suele hablar de sistemas con un grado de extensividad más o menos alto; por ejemplo, la ganadería de vacuno de leche en la zona húmeda de España está muy ligada al territorio a través de una alimentación que proviene de los pastos contiguos a la granja, aunque no utiliza de forma significativa el pastoreo.



Figura 1- Imagen de ganadería extensiva de vacas en Bizkaia².

161

Históricamente, la ganadería extensiva ha sido una práctica muy exitosa, en parte, por basarse en la explotación eficiente de los ecosistemas de pastizales, imitando el comportamiento de los herbívoros salvajes. El ganado en extensivo ha sido y sigue siendo un modelador del paisaje en España. El pastoreo ofrece acceso a recursos alimentarios en forma de pasto y hierba, que son materiales vegetales muy ricos en celulosa. Estos recursos pueden ser abundantes en épocas favorables para el crecimiento de las plantas, pero también pueden escasear durante los períodos fríos o secos, lo que obliga a los herbívoros, de manera similar a la ganadería móvil, a desplazarse en busca de pastos verdes³. Esta eficiente imitación ha dado lugar a una adaptación bien diseñada a los cambios climáticos pasados y presentes, que puede servir como modelo para otros sistemas de producción.

- 1 ENTRETANTOS 2025. Pastorear en tiempos de cambio: publicación clave para acciones estratégicas de adaptación <https://www.ganaderiaextensiva.org/pastorear-en-tiempos-de-cambio-plan-accion-estrategica-de-adaptacion-ganaderia-extensiva-al-cambio-climatico/>
- 2 Fotografía tomada por A. del Prado
- 3 Manzano P., & Casas R. (2010). Past, present and future of Trashumancia in Spain: nomadism in a developed country. *Pastoralism: Research, Policy and Practice* 1 (1), 72-90 https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/134650388/Manzano_Casas_2010_Pastoralism_Practical_Action_.pdf

La ganadería extensiva está vinculada y condicionada por el territorio, no solo debido a las características físicas del terreno, sino también por las condiciones climáticas. En España, estas condiciones climáticas son muy diversas.

¿Cómo puede afectar el cambio climático a la ganadería extensiva en estas zonas de España?

La respuesta no es sencilla. El cambio climático puede impactar a los animales en pastoreo de diversas maneras, afectando directamente aspectos como la productividad, la reproducción, el bienestar y la salud, e indirectamente a través de la disponibilidad de alimentos (Figura 2). Las ganaderías extensivas se verán afectadas directamente por la limitación del acceso al agua y la exposición al estrés por calor, especialmente en pastos donde no hay suficiente arbolado para proporcionar sombra. Todos los animales tienen un rango de temperaturas ambientales en el que pueden estar cómodos; fuera de este rango, pueden experimentar estrés. Las razas ganaderas mediterráneas son más tolerantes al estrés térmico en comparación con otras razas.

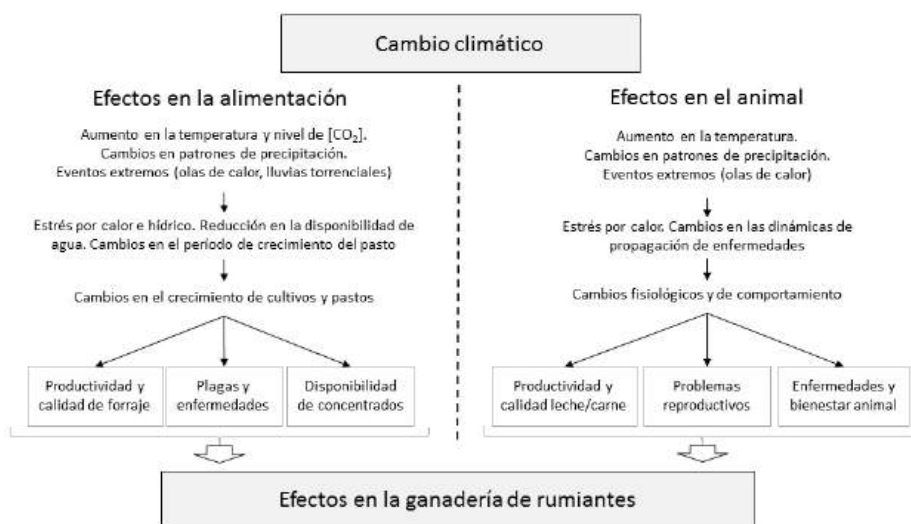


Figura 2 – Diagrama de los posibles efectos del cambio climático en la ganadería extensiva en España. Diagrama basado en Del Prado y col. (2020)⁴

Como indica el informe de ENTRETANTOS, la escasez de agua dulce potable y la pérdida de humedad en los suelos serán algunos de los grandes retos a enfrentar por el sector primario, especialmente en la zona mediterránea. El aumento en el número y virulencia de los incendios, la propagación de especies invasoras y la disminución de la biodiversidad autóctona, que influye en la polinización vegetal y la fertilidad de los suelos, también serán desafíos para este sector.

La zona mediterránea ha estado históricamente sujeta a una meteorología muy variable y a eventos climáticos extremos como sequías, olas de calor e inundaciones. Así, esta región cuenta con una cultura de gestión ganadera y agrícola que se adapta bien a la variabilidad climática. Entre los efectos esperados del cambio climático se encuentran alteraciones en la temporada de pastoreo, influenciadas por los patrones de crecimiento de las plantas en estas áreas. Un factor común en todas las regiones climáticas respecto

4 Del Prado y col. (2020). ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar. 116(5): 461-482 [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/\(461-482\)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/(461-482)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf)

**«Dentro de la compleja
relación entre la ganadería
y el clima, la ganadería
extensiva no solo puede
verse afectada por el cambio
climático, sino que también
puede convertirse en una
palanca que influya en el
clima futuro».**

al pastoreo es que la ganadería estará sujeta a patrones mucho más irregulares que los actuales.

Las tendencias generales sobre la duración de la temporada de pastoreo varían según la región: mientras que se prevé que sea más corta en zonas mediterráneas, en regiones atlánticas y de montaña podría ser más larga. En cualquiera de estas regiones, es evidente que las estrategias que promuevan sistemas de pastoreo más flexibles tendrán mayor probabilidad de éxito. En la zona mediterránea, será necesario adoptar un enfoque más integrado en el manejo de la tierra para mantener la agricultura y la ganadería, incorporando medidas de protección del suelo y el agua, reduciendo el riesgo de incendios forestales y promoviendo el uso de ensilado de alta calidad combinado con forraje de baja calidad durante los períodos secos⁵.

En la España Atlántica, se prevé que el clima presente inviernos más cálidos y húmedos y veranos más calurosos y secos, con una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. Aumentarán los casos de anegamientos, inundaciones y sequías. La combinación de temperaturas más elevadas y mayores niveles de dióxido de C (CO₂) podría, al menos potencialmente, mejorar la producción de forraje y la materia orgánica del suelo, aunque con variaciones considerables según la ubicación⁶, el manejo y las condiciones climáticas locales. Las altas temperaturas prolongarán la temporada de crecimiento vegetal y acortarán la fenología, es decir, los eventos del ciclo de vida de las plantas. Estos cambios afectarán claramente la gestión de los pastos y el ganado.

Sin duda, la disponibilidad de forrajes y alimentos será clave para la ganadería extensiva. En los últimos años, las pérdidas ocasionadas por las sequías han sido especialmente notables e importantes. En 2023, por ejemplo, la ganadería en España sufrió debido a la escasez de pastos y otros alimentos, lo que llevó a numerosos ganaderos a sacrificar a sus animales antes de tiempo⁷.

Como estrategias para abordar este tipo de problemáticas, se propone la promoción de forrajes alternativos a los actuales. Por ejemplo, las plantaciones de árboles que pueden producir forrajes en las zonas de pastoreo no solo ayudan a proporcionar alimento, sino que también ofrecen refugio durante los cálidos períodos del verano. Los forrajes arbóreos alternativos pueden incluir hojas de especies como *Morus alba*, *Fraxinus excelsior* y *Betula alba*, cuyas hojas jóvenes son ricas en proteínas y fibra, así como arbustos. El silvopastoralismo, que integra en un mismo sistema vegetación herbácea y leñosa (matorrales y árboles), es una estrategia interesante tanto para la mitigación de gases de efecto invernadero como para la adaptación al cambio climático. Los árboles y los suelos de los pastizales secuestran carbono, y sus productos proporcionan un medio de vida para las comunidades,

5 Hopkins, A., & del Prado, A. (2007). Implications of climate change for grassland in Europe: impacts, adaptations and mitigation options: a review. *Grass and Forage Science*, 62(2), 118-126. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.2007.00575.x>

6 Jebari, A., Del Prado, A., Pardo, G., Álvaro-Fuentes, J., 2024. Climate change effects on northern Spanish grassland-based dairy livestock systems. *Plant Soil* 500, 243–262. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05936-5>

7 <https://www.rtve.es/noticias/20230511/sequia-ganado-matadero-impacto-sector/2445130.shtml>

especialmente durante los años de sequía⁸. En la Península Ibérica, ya contamos con varios sistemas agroforestales típicos asociados a la Dehesa-Montado, que han demostrado ser excelentes ejemplos del alto grado de resiliencia, productividad y biodiversidad de los paisajes agrícolas mediterráneos ante regímenes climáticos fluctuantes.

Otros forrajes alternativos interesantes son los residuos de cultivos, los subproductos de la industria alimentaria y nuevas especies de pastos. El uso de residuos de cultivos es un recurso alimentario clave en el área mediterránea, especialmente en sistemas agrícolas mixtos de cereales con ovejas y cabras, y durante los períodos secos. En España, las ovejas pastan rastros en verano y barbechos con maleza en otoño-invierno. Aunque esta práctica ya se realiza, la cantidad de residuos vegetales podría ser mayor en un contexto donde hay más probabilidades de que las cosechas de cultivos, como los cereales, fallen debido a extremos climáticos. En años secos, por ejemplo, los cultivos de cereales podrían resultar poco productivos y no cosecharse, lo que permitiría que las plantas crecidas, pero no recogidas sean pastoreadas en su totalidad.

El uso de subproductos de la industria alimentaria también podría ser clave para avanzar hacia una economía más circular, mejorando la eficiencia en el uso de recursos y disminuyendo la competencia por los alimentos comestibles destinados a humanos. En Europa, de hecho, se ha estimado que, si todos los subproductos estuvieran disponibles para la ganadería, países como España e Italia podrían satisfacer una parte significativa de las necesidades energéticas de su ganado ovino y caprino con estos alimentos⁹.

En el caso de las ganaderías que pastan en praderas mejoradas —es decir, praderas donde se siembran cultivos en contraposición a las praderas naturales— el desarrollo de variedades que puedan sobrevivir a largos períodos de sequía y recuperarse rápidamente tras las lluvias otoñales podría ser clave. Además, la mejora de las especies de leguminosas adaptadas puede contribuir a reducir el uso de fertilizantes y disminuir la dependencia de piensos ricos en proteínas, cuyos ingredientes suelen ser cultivados en otros países.

165

En resumen, los cambios en las condiciones climáticas afectarán la producción ganadera en extensivo, lo que debe considerarse al buscar estrategias de adaptación viables, que fomenten la economía circular y contextualizadas para cada tipo de sistema de manera integrada. Así, es fundamental una planificación conjunta que abarque una estrategia alimentaria que considere la disponibilidad de pasto, las estrategias para la producción de forrajes y el uso de fuentes de alimentación alternativas, que reduzcan los riesgos de variaciones interanuales en la producción de forrajes.

8 Verchot, L. V., Van Noordwijk, M., Kandji, S., Tomich, T., Ong, C., Albrecht, A., ... & Palm, C. (2007). Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12, 901-918. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-007-9105-6>

9 Del Prado A, Batalla I, Pardo G, Jebari A, Ragkos A, Theodoridis A, Arsenos G (2019). Deliverable 4.3. Proyecto EU ISAGE. New holistic model that can be used to redesign terrestrial small ruminant's livestock systems. 142 pp. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5cc083f12&appId=PPGMS>

«Además, es importante cuestionar si la ganadería extensiva debería ser respaldada en las políticas climáticas y de desarrollo rural, dado su potencial para generar co-beneficios climáticos adicionales. En este sentido, surge la pregunta: ¿cuál es el impacto de la ganadería extensiva en el clima? ¿Podría desempeñar un papel clave en la mitigación del cambio climático dentro de los sistemas agroalimentarios?».

Además, es importante cuestionar si la ganadería extensiva debería ser respaldada en las políticas climáticas y de desarrollo rural, dado su potencial para generar co-beneficios climáticos adicionales. En este sentido, surge la pregunta: ¿cuál es el impacto de la ganadería extensiva en el clima? ¿Podría desempeñar un papel clave en la mitigación del cambio climático dentro de los sistemas agroalimentarios?

Para realizar una estimación adecuada de los GEI derivados de la actividad ganadera, es necesario considerar tanto las emisiones generadas dentro de la granja como las que se producen para fabricar, procesar y transportar sus insumos¹⁰. Según la FAO, la ganadería contribuye a las emisiones globales en torno al 12% de los GEI antropogénicos¹¹. Sin embargo, no todas las emisiones tienen el mismo impacto. La ganadería extensiva, al integrarse en ciclos naturales, puede ser menos perjudicial que la intensiva, que depende de combustibles fósiles y provoca deforestación.

Si bien la ganadería intensiva está asociada, como hemos comentado anteriormente, a emisiones de CO₂ relacionadas con el uso de fuentes energéticas (combustibles fósiles) y procesos de deforestación, las principales emisiones en la ganadería extensiva provienen directamente de los procesos digestivos y de la degradación biológica de la materia orgánica de los propios animales, sus deyecciones y las tierras que sustentan los forrajes y la alimentación del ganado. En particular, nos referimos a las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que están vinculadas a procesos biológicos y son mediadas por microorganismos como bacterias y hongos. El CH₄ producido por el ganado, conocido como CH₄ entérico, se origina a partir de la alimentación menos digerible que consumen los rumiantes, especialmente vacas, ovejas y cabras (Figura 3). Este material no digerible (por ejemplo, hierba) no puede ser procesado por otros animales, como los humanos, las aves o los cerdos. No obstante, los rumiantes lo procesan con la ayuda de bacterias anaerobias fermentadoras del rumen. Durante este proceso digestivo, obtienen energía, pero también emiten CH₄. Aunque este CH₄ es de origen biogénico, calienta la atmósfera durante un promedio de 12 años, siendo aproximadamente 80 veces más potente que el CO₂ en los primeros años. Después de ese tiempo, se descompone en CO₂ y agua, cerrando el ciclo de carbono que integra la atmósfera, las plantas y los animales, el cual se habría iniciado con el proceso de fotosíntesis, en el que las plantas fijan el CO₂ que luego consumen los animales. Este tipo de CH₄ biogénico también se emite a través de las deyecciones animales. Esta emisión está sujeta a las mismas consideraciones que el CH₄ entérico¹².

167

10 Del Prado, A. & Manzano, P. (2020). La ganadería y su contribución al cambio climático. Muñoz, A. (ed). Amigos de la Tierra y BC3, Madrid y Leioa. <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2020/09/Informe-Ganaderia-Cambio-climatico-Amigos-de-la-Tierra.pdf>

11 <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/1675383/#:~:text=08%2F12%2F2023-.La%20ganader%C3%ADa%20representa%2012%25%20de%20las%20emisiones%20de%20gases%20con,advirti%C3%B3%20el%20viernes%20la%20FAO.>

12 Del Prado A, Pardo G, Batalla I, Manzano P. (2022). «La huella ambiental de la producción lechera española en el contexto internacional» del libro «Sector lácteo en España». Capítulo 17. MONOGRAFÍA CAJAMAR. <https://vacapinta.com/media/files/fichero/monografias-44-sector-lacteo.pdf>

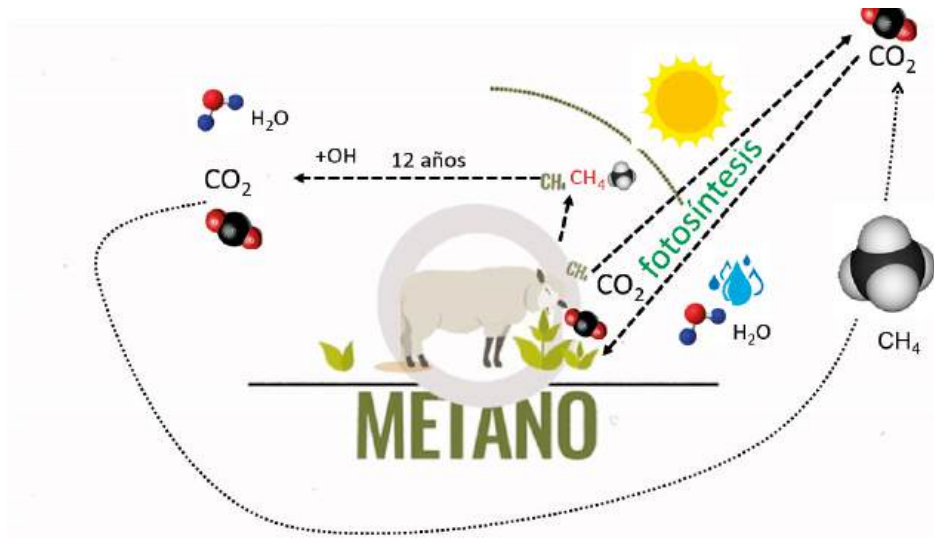


Figura 3 – Diagrama que ilustra la formación de CH₄ a través del ciclo del carbono, integrando la atmósfera, las plantas y los animales¹³.

El estudio de la ganadería extensiva y su impacto en el clima requiere abordar matices importantes sobre las emisiones de GEI, en particular la diferenciación entre las emisiones antropogénicas y las semi-naturales, así como qué parte de estas últimas es natural.

Para profundizar en esta complejidad, es fundamental entender que una cantidad determinada de emisiones de GEI en la atmósfera es natural y, de hecho, crucial para la habitabilidad del planeta Tierra. El GEI más importante en nuestro planeta es el vapor de agua, seguido del CO₂ y el CH₄. Sin estos gases, la temperatura media de la Tierra sería de -18,7 °C, es decir, aproximadamente 33 °C más baja que la temperatura actual. El cambio climático que la humanidad ha desencadenado desde la Revolución Industrial, que ya ha aumentado la temperatura media global en más de 1 °C¹⁴, es el resultado de un aumento artificial en la concentración atmosférica de estos gases. Gran parte de este aumento artificial de los GEI se debe a la explotación de combustibles fósiles, que son depósitos de carbono orgánico combustible que han estado en el subsuelo durante millones de años y, por lo tanto, han estado alejados del sistema atmosférico.

168

Las emisiones de GEI provenientes de combustibles fósiles son completamente artificiales, es decir, antropogénicas, y se pueden distinguir fácilmente por el peso atómico de sus átomos de carbono¹⁵: el isótopo radiactivo ¹⁴C está totalmente desintegrado en el carbono fósil, presentando una proporción específica de átomos de ¹²C y ¹³C. Sin embargo, este enfoque no diferencia entre las emisiones de origen biogénico, que pueden ser tanto naturales como antropogénicas. Esto es especialmente relevante para el ganado rumiante en general y el pastoreo en particular, ya que es el CH₄ biogénico el que constituye la mayor parte de la carga climática

13 Ilustración basada en el video de youtube de Manzano P & del Prado A. (2022). Cuando pastar es sostenible https://www.youtube.com/watch?v=KYDk5xlQ7_4&t=73s

14 IPCC (2021): Climate change 2021-the physical science basis <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

15 Quay, P., Stutsman, J., Wilbur, D., Snover, A., Dlugokencky, E., & Brown, T. (1999). The isotopic composition of atmospheric methane. *Global Biogeochemical Cycles*, 13(2), 445-461.

atribuida a estas prácticas.

Como ejemplo de ganadería con un alto grado de extensividad, destaca la ganadería asociada a prácticas de trashumancia. En esta antigua forma de ganadería, los pastores trasladan sus rebaños entre pastos estacionales. Aunque en el pasado su importancia era mucho mayor que en la actualidad, aún existen numerosas y diversas prácticas en las diferentes regiones de España¹⁶.

Intuitivamente, es fácil pensar que un sistema trashumante producirá menos emisiones que un sistema intensivo de producción ganadera.

Sin embargo, al expresar esas emisiones por unidad de producto, es decir, por kg de carne (huella de carbono de 1 kg de carne), la comparación no es tan clara si la producción en trashumancia requiere más tiempo de engorde (ya que no se suplementa con alimentación externa, lo que implica que, a más tiempo, el animal vivo genera más emisiones) o necesita más animales. Recientemente, un estudio ha intentado calcular el impacto climático de producir carne de cordero en sistemas trashumantes en España, comparándolos con sistemas intensivos¹⁷. En este estudio¹⁸, se estimó que la huella de carbono de la carne de cordero en un sistema trashumante como el de la Cañada Real Conquense era menor que la de la carne producida en un régimen intensivo. Para ello, se calcularon las emisiones totales y se descontaron las emisiones que, en un sistema de trashumancia, podrían sustituirse por las de los herbívoros silvestres que antaño pastaban en esas zonas.

Este concepto de descontar las emisiones naturales en un sistema ganadero, también denominadas «emisiones de línea de base natural», solo tiene sentido en condiciones donde la ganadería cumple funciones ecosistémicas similares a las de los animales silvestres. En esencia, el argumento es que, en este caso, el ganado trashumante ocupa un nicho ecológico similar al de los herbívoros salvajes que históricamente habrían vagado por estos paisajes. Si imaginamos un mundo anterior a la agricultura a gran escala, donde los herbívoros salvajes, como los ciervos o los bisontes, vagaban libremente, estos animales emitían CH₄ y otros GEI de forma natural como parte de su digestión. Se podría argumentar que una parte de esas emisiones del ganado trashumante debería considerarse parte de la línea base de los ecosistemas naturales, en lugar de atribuir las completamente a la actividad humana. Así, no podemos pensar que la trashumancia o la ganadería en extensivo esté libre de emisiones, pero sí que debemos reconsiderar cómo medimos su impacto en el contexto de todo el sistema ecológico.

Podemos afirmar que, cuando se maneja adecuadamente, la ganadería

- 16 Serrano-Zulueta, R., A. Gómez-Sal, F. Pauné, E. Velado-Alonso, J. Garzón, A. del Prado, P.M. Herrera, J. Majadas, F. Pasetti, E. Prada-Llorente, and P. Manzano. (2024). A classification of pastoralism in Spain: understanding the past to address present challenges. *Nomadic Peoples* 28:242-274. doi:10.3828/whpnp.63837646691057. <https://www.ganaderiaextensiva.org/los-retos-del-pastoralismo-en-espana-una-clasificacion-para-comprender-y-gestionar-mejor/>
- 17 Manzano P., Pardo G. Serrano-Zulueta R and Del Prado A. (2023). ¿Qué nos enseñan los herbívoros silvestres sobre el impacto climático de la ganadería? *THE CONVERSATION* <https://theconversation.com/que-nos-enseñan-los-herbivoros-silvestres-sobre-el-impacto-climatico-de-la-ganaderia-220395>
- 18 Pardo G, Casas R, del Prado A and Manzano P 2023. Carbon footprint of transhumant sheep farms: accounting for natural baseline emissions in Mediterranean systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02135-3>

extensiva puede contribuir a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva y valor cultural, al mismo tiempo que busca un equilibrio entre la captura de carbono y la emisión de GEI. Sin embargo, el cambio climático es solo una de las variables a tener en cuenta. Debemos considerar otros retos en el sector y aspectos más amplios que simplemente, que no es poco, producir alimentos. El pastoreo, cuando se realiza de manera sostenible, puede cumplir funciones similares a las de los herbívoros silvestres de la antigüedad. En tales condiciones, el pastoreo puede incluso ofrecer beneficios ambientales, como la regeneración del suelo, el mantenimiento de la biodiversidad y la prevención de incendios forestales. En definitiva, una ganadería extensiva bien gestionada puede contribuir a la salud y resiliencia del ecosistema en su conjunto. —

«El estudio de la ganadería extensiva y su impacto en el clima requiere abordar matices importantes sobre las emisiones de GEI, en particular la diferenciación entre las emisiones antropogénicas y las semi-naturales, así como qué parte de estas últimas es natural».

Ciudades sostenibles

José María Zúñiga

Universidad de Granada

CON RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, SOLEMOS MOVERNOS ENTRE LA REALIDAD y la impotencia. Como hay gobiernos que niegan la mayor porque no están dispuestos a cambiar su modelo energético, hay ciudadanos que optan por la resignación, pues creen que no pueden hacer nada para remediarlo, o piensan que es algo que trasciende ya su vida, una tarea que corresponderá o afectará a sus hijos en un mundo que ellos ya no conocerán. Es triste este pensamiento, una herencia nefasta, muy relacionada con el «carpe diem» en el que está instalada buena parte de esta sociedad. Lo mismo pasa con la educación y la cultura, que parecen formar parte del pasado, pues no existen si no pueden cuantificarse con una estadística o un algoritmo, si el resultado no logra un titular, una fotografía y una alerta en las pantallas donde están abducidos nuestros jóvenes, aunque se encuentren en una clase de la universidad.

¿Podemos vivir en ciudades y viviendas ecosostenibles? ¿Sería posible hacerlo en Granada o Málaga, por ejemplo, donde la vivienda es inasequible para la mayoría de la población porque se ha apostado descaradamente por el turismo? Granada, Málaga, Sevilla y Córdoba, mundialmente conocidas por su patrimonio cultural e histórico, están entre las diez ciudades europeas más contaminadas por dióxido de carbono, debido al tráfico motorizado. ¿Es posible establecer zonas de bajas emisiones, como exige la normativa europea, sin cambiar el modelo de ciudad?

172

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)², es una realidad que los veranos son más largos de lo que eran, concretamente, cinco semanas más que en los años 80 del siglo XX. Entonces se cantaba con Los Rebeldes *Mediterráneo*, cuyas aguas han aumentado 0,34°C de temperatura por década, llevándonos a un verano casi perpetuo. A este ritmo, ¿quién podrá bañarse en nuestras playas dentro de unos años? ¿Habrá playas en nuestras costas o solamente bocados de mar? El informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC),

1 José María Pérez Zúñiga es escritor y profesor titular de la Universidad de Granada. Su último libro es *El viajero invisible* (Sonámbulos Ediciones).

2 http://www.aemet.es/es/noticias/2020/07/Informe_anual_estado_del_clima_2019

publicado el 8 de octubre de 2018, alertaba de que el calentamiento global traerá el doble de sequías, el doble de olas de calor y el doble de desapariciones de especies.

¿Qué pueden hacer los ciudadanos ante estas advertencias cuando ven que los países que deberían asumir mayor responsabilidad, como Estados Unidos, abandonan los pactos para la protección del planeta? Otros países como España verán afectados sectores tan importantes para su economía como la agricultura, el turismo y el transporte, y hay comunidades ya en un punto crítico, como las Islas Canarias, donde están pasando de vivir en un clima cálido a otro extremo, como se nota también en algunos puntos del sur de la península Ibérica, o en las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, en el norte de África. Regiones de España que sufren además la presión migratoria, con los costes en servicios sociales que esto supone y los problemas de la integración de miles de personas, otra de las consecuencias de que ya no se pueda vivir en algunas partes del mundo.

¿Qué queda del Acuerdo de París, adoptado por 196 países en el año 2015? En un contexto bélico, la realidad política internacional no pasa precisamente por la cooperación en aquellos aspectos que son más sensibles para los ciudadanos. En cumplimiento de ese acuerdo, el Gobierno de España ha puesto en marcha el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, con medidas que abarcan todos los ámbitos, desde el consumo de energía, la movilidad, la industria, la investigación, los servicios, la educación o la fiscalidad. El ciudadano, normalmente crítico con la acción del gobierno y la denostada clase política, agradece sin embargo cuando ve que las administraciones locales, autonómicas y estatal llegan a acuerdos para poner en marcha proyectos públicos, independientemente del interés de los partidos.

Un buen ejemplo lo tenemos en la España vacía, según el término acuñado por Sergio del Molino³, donde todas las administraciones están cooperando para realizar una política de Estado, lo que ha llevado a adoptar medidas legales que afectan a la imposición local, autonómica y estatal, lo que demuestra que la colaboración institucional es posible y fomenta además una idea de país, sin enfrentamientos políticos, que es lo que demandan los ciudadanos. La política europea también pasa por las iniciativas locales, que pueden influir en otros ámbitos.

Pero tampoco el desarrollo de la cultura por parte de nuestras instituciones se basa en la inversión en el producto o la industria local, sino en la importación de marcas de museos reconocidas internacionalmente o en la compraventa de eventos como los Goya, que para un fin de semana están muy bien, pero no para apoyar a las empresas culturales locales. A la gente le gusta ver a sus actores y actrices favoritos desfilando por la alfombra roja del Palacio de Congresos de Granada o por el Festival de Málaga, como a las cadenas hoteleras ver completa la lista de reservas y a los restaurantes cómo los famosos se meten hasta en la cocina. Beneficios para hoy, réditos en las redes sociales de una marca que es la ciudad, que se consume en la efervescencia. Yo me imagino una Granada, la ciudad donde vivo, que recupera la Vega y a las instituciones apoyando, consolidando e internacionalizando

3 Del Molino, S.: *La España vacía, Viaje por un país que nunca fue*, Turner, Madrid, 2016.

**«Una política que no piense
en el futuro de nuestras
ciudades y que sólo pone
el foco en la rentabilidad
inmediata también provoca
un efecto invernadero.
Podemos abordar el
cambio climático desde
otras perspectivas,
mirando al mundo desde lo
más cercano. Los cambios
individuales generan
cambios colectivos».**

las empresas y las iniciativas culturales granadinas. Hay que pasar de lo general a lo particular, sí, pero también de lo particular a lo universal. Es otra forma de sostenibilidad, aunque no forme parte del espectáculo.

Granada, Málaga, Sevilla y Córdoba podrían cambiar la tendencia actual y formar una red de ciudades culturales y sostenibles, con una política común respetuosa con el entorno urbano y medioambiental, para que el turismo no sea una actividad molesta que distorsione la vida ciudadana e impida el acceso a la vivienda de los vecinos. Una política que no piense en el futuro de nuestras ciudades y que sólo pone el foco en la rentabilidad inmediata también provoca un efecto invernadero. Podemos abordar el cambio climático desde otras perspectivas, mirando al mundo desde lo más cercano. Los cambios individuales generan cambios colectivos. —

josemariaperezzuniga.blogspot.com

Poesía

Francisco Ruiz Noguera

Roy-Redentor

Blade Runner, L. A. 2019 (Inédito)

La oscuridad, la lluvia, la mirada.

Al fondo, los desechos de una ciudad en ruina,
de un mundo degradado no solo por la mugre de las calles.

Y, brillando en lo oscuro glorioso contrapunto,
la fuerza de unos ojos que atesoran
el gozo y el orgullo de la vida,
la sombra y el temor ante la muerte.

Una vez más, el nuevo Prometeo
se ha hecho con el fuego de los dioses,
conquistó, junto al robo de la llama,
lo posible del llanto y el asombro,
el aguijón dorado del amor,
la condición humana.

178

Oh tú, Roy-Prometeo, nuevo ladrón de fuego,
estirpe alucinada de Rimbaud y William Blake,
de todos los que aspiran
a tomar lo prohibido y lo sagrado,
que has robado también
tan potente y divino como el fuego
el derecho a ejercer la piedad y el perdón.

Tiendes, así, tu mano,
oh tú, Roy-Redentor, a tu enemigo,
y, piadoso, lo salvas del vacío y la muerte,
piedad interesada, para buscar quien guarde,
cual nuevo evangelista, memoria de tus días.

Vencido por el tiempo,
el nuevo Prometeo inclina la cabeza,
pero alcanza victoria, pues deja testimonio
del reto y desafío de su vida.

Y en el último aliento de la efímera llama,
puede decir ahora:
es tiempo de morir, mas te dejo en herencia,
a ti, enemigo íntimo, conservar mi pasado,
custodiar la memoria donde habitan
las batallas, los rayos, los lugares
que tú nunca verás.

Defiende del peligro de la lluvia
la sal de cada gota de mis lágrimas.

Yo soy tu redentor, dame tú ahora
la vida que pervive en el recuerdo.

Leticia Bravo Banderas

Vórtex

Se nos escapan veloces las horas en el vórtice del tiempo
(tal vez hacia la derecha aquí en el hemisferio norte,
afines al sentido de las agujas del reloj).

Giran deprisa, incansables,
del mismo modo que a la voracidad oscura del desagüe
corre inocente hasta la última gota.

Así también se ahogan a veces las palabras
en espirales borrachas, hambrientas, sin sentido.

Sin embargo, no todo, no todo se lo traga.

Yo amo la corriente, la brisa y sus matices,
cada brizna de aire donde se mece el ave,
la danza de los vientos amigos de Coriolis y su efecto,
el remolino ese donde nace tu pelo y solo yo conozco,
la tromba marina preñada de viaje.

Inquebrantable, ajeno a las bombas y al ruido,
quizás aún con esperanza gira el mundo en silencio.
Todo ha sido posible entre agujeros negros:
las horas, los días, el viento, las palabras...
la luz,
la vida misma que nace del misterio
y se alza dichosa
y se celebra sin pompa
y libre se goza en instantes de efímera belleza
como el pájaro escribe, al vuelo, el horizonte.

Leticia Bravo Banderas

Turdus merula

Hay horas que pesan como losas,
días que amanecen con un lastre
que se enreda y asciende
e incluso ahoga.
Entonces canta un mirlo
y te salva.

Leticia Bravo Banderas

Naturaleza o una tarde ordenando la biblioteca

El lenguaje de las olas.

La luz que no puedes ver.

La sombra del viento.

El bosque prohibido.

El sol y sus flores.

Toda la belleza del mundo.

Vicente Ortiz Sánchez

Ham Let Me Down

cada cual mece sus cicatrices
María Eloy-García

H, tras el mostrador de Dinamarca,

la carnicería-charcutería-frutas-y-verduras que regenta con su familia
dos calles más arriba,

levanta el brazo y sujeta fuerte el datáfono,

como la cabeza decapitada de un rival,

lo más alto que puede y se pone de puntillas y hace así con las piernas,

las abre como una A sin travesaño y pisa fuerte para hundir un poco
más el mundo,

la mano libre a la cintura:

¡No hay cobertura!

Proscenio de señoras de peluquería y misa diaria (excepto si llueve).

Se eleva el cráneo de Yorick,

una oración fúnebre

—colorín, pingajo y hambre;

hambre de tibieza humana y comprensión—,

cancioncilla caníbal que va a despanzurrarse contra hígados, chorizos,
lenguas, jamones, chuletas, orejas, sangre, vísceras, despojos, ¡bendita
la oscuridad!

184

Una secuencia de pitidos neutros anuncia que todo vuelve a su ser.

(Los pitidos, graves o agudos según el caso, son señales acústicas que emite el TPV y permiten identificar cada punto de la transacción y su situación.)

Las señoras reclinan sus cuellos,

unánimemente,

coro amargo de la lenta siesta

que acerca a Dios hasta las mismísimas costuras del sillón articulado,

y hurgan en sus bolsillos el rosario y la tarjeta del banco.

¡Alabado sea el Señor!

H, delantal remendado, mapa biocromático, sudadera de mercadillo,

teclea 32,75 y sus facciones se desordenan

en una sonrisa cauterizada

de tocino añejo sanhopancístico.

Vicente Ortiz Sánchez

Concentración

Se notarán los gravámenes aparentar,
transitar los claroscuros, habitar lo indefinible.
Desatado el pánico
(y el cordón del zapato),
los analistas
advierten: lo inefable y lo innumerable
supondrán un sobrecoste. ¡Resignifícaos!
No queda otra que extirparse la ingenuidad,
invocar los errores, racionalizar
el impacto de cualquier negociación bilateral
y danzar dentro de la hoguera esdrújula
hasta sumarse fervorosamente a la cuenta de resultados
que se agazapan tras los párpados
en torno a un 24%.

186

Vicente Ortiz Sánchez

Performatividad

Dice Ferlosio,

la palabra es lo profano por excelencia.

Hace mil millones de años,

cuando la necesidad de dioses aún no había soliviantado

el (presunto) entendimiento de los hombres y las mujeres,

comprendí (no, «comprender» no es el verbo adecuado en este caso)

que a la poesía le sobraban

sobre todo

las palabras.

Carro de Heno

María Sánchez González

IA y competencias humanas. Aprender y desaprender de/ con las máquinas

María Sánchez González

Universidad de Málaga

HACE UNOS DÍAS ME LLEGÓ POR REDES SOCIALES UNA INFOGRAFÍA DE Harvard Business Review que proponía cómo entrenar nuestro cerebro para trabajar de forma creativa con la inteligencia artificial generativa (IAGen), con prácticas como la aceptación de la incertidumbre como estímulo de múltiples respuestas o el enfoque colaborativo, en el sentido de expandir nuestra mentalidad para resolver problemas trabajando con la IA como socio (Solís, 2023). Ser ingenieros de *prompts* requiere de enfoque exploratorio y nuevos aprendizajes para sacar partido a esta «creatividad artificial», siguiendo el término usado por mi colega Pablo Sanguinetti (2022). El fin es lograr, diría yo, una «creatividad aumentada» fruto del binomio hombre-máquina.

Porque por otro lado, la IA genera resultados creativos, pero su creatividad es «intrínseca» puesto que se basa en contenidos y obras humanas, argumentaba el artista gráfico Jon Juárez en un encuentro reciente en el Palacio de la Aduana de Málaga. En éste, la catedrática Nuria Rodríguez de la UMA abogaba por replantear el propio concepto de creatividad y otros como autoría, autenticidad y copia.

190

La cultura digital y fenómenos como el conocimiento abierto, la participación activa de audiencias y prosumidores, la remezcla o la convergencia digital (Jenkins, 2008) supusieron ya hace dos décadas un cambio de paradigma para ciudadanía y profesionales. Hoy la explosión generativa trae nuevas oportunidades y desafíos, nada que no sepan ya si siguen el debate. Con la IAGen, empresas pioneras dedicadas a creatividad y arte digital como Freepik —ejemplo local global que me parece admirable— se han visto abocadas a reinventar su modelo de negocio y a reclutar nuevos perfiles, como expertos y artistas con IA. En lo referido a personas, este *hype* afecta no sólo a nuevos perfiles sino a cualquier profesional y futuro profesional. En arte y cultura pero también en otros campos, educación incluido.

¿Qué debemos aprender para sacar partido a este nuevo escenario? Para empezar, las competencias digitales, entendidas en sentido instrumental pero también en cuanto a uso eficaz, eficiente y responsable de las

tecnologías, son clave en tiempos de IA. Y como el DigComp y los respectivos *frameworks* sectoriales de competencias digitales, organismos internacionales como la UNESCO han publicado ya marcos de referencia para la (auto) evaluación de competencias específicas de inteligencia artificial. Desde mi visión, debemos poner el foco además en el desarrollo profesional de las llamadas *soft-skills* o habilidades blandas, esenciales para humanizar y aportar valor a las experiencias con IA. «Solo se ve bien con el corazón, lo esencial es invisible a los ojos», decía Saint-Exupéry en *El Principito*.

Diez competencias que me parecen clave. La primera, creatividad, entendida como capacidad para idear soluciones disruptivas, solo pero también en colaboración con otras personas y tecnologías. La segunda, innovación y emprendimiento digital, para crear nuevos productos o servicios pero también proponer soluciones a retos y aportar mejoras significativas sobre lo existente. Tercera, usabilidad, para adaptarnos a las necesidades de nuestros públicos y mejorar su experiencia pero también para saber cómo hablarle a las máquinas y que nos entiendan (sí, la ingeniería del *prompt*). Cuarta, visión estratégica y prospectiva, aplicada a empresas (y para ello la IA predictiva es una excelente arma), pero también a nuestro propio desarrollo profesional. Quinta, análisis crítico y capacidad de toma de decisiones, porque la IA exige supervisión humana. Sexta, curación de contenidos y pensamiento visual, estrategias para gestionar la información y comunicar en el entorno digital y de inteligencia artificial. Séptima, *data literacy*, clave también en tiempos de *infotoxicación*. Octava, capacidad de verificación, precisamente por lo anterior y para evitar convertirnos en altavoces de *deep fakes* y otros males de la IA. Novena, gestión del tiempo y del conocimiento en red, lo que implica hacer un uso sostenible de la IA y saber construir redes de recursos y entornos de aprendizaje personalizados *online*. Y décima, entroncada con esto último y requisito para todo lo anterior: capacidad de aprendizaje continuo y permanente y de aprender a desaprender. Toca dejar de actuar bajo patrones adquiridos y estar abierto a alternativas. Empezando por nosotros mismos como docentes e investigadores.

Desde la universidad y la educación en general debemos ser capaces de enseñar con la IA, pero también sobre la IA y para la IA. Estamos llamados más que nunca a prestar atención a todas estas competencias y a innovar en la alfabetización. Porque los trabajos del futuro, los nuevos perfiles híbridos y puente hombre-máquina serán ocupados por quienes se hayan formado y desaprendido. —

191

Referencias bibliográficas


Jenkins, H. (2008). *La cultura de la convergencia de los medios de comunicación*. Barcelona: Paidós.

Sanguinetti, P. (2022). La revolución de la creatividad artificial. *Telos*, 118, pp.90-95. <https://telos.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2022/01/telos-118-analisis-pablo-sanguinetti.pdf>. Último acceso: 3 de febrero de 2025.

Solis, B. (2023). Entrene su cerebro para trabajar de forma creativa con la IA generativa. En *Harvard Business Review*. Disponible en <https://dirigehoy.info/entrene-su-cerebro-para-trabajar-de-forma-creativa-con-la-ia-generativa/>. Último acceso: 3 de febrero de 2025.



REDES SOCIALES

Toda la actualidad de la provincia de Málaga a golpe de **click** 

f @diputacionMLG

🎵 diputacionmlg

X @diputacionMLG

▶ Diputación de Málaga

📷 @diputacionmlg

in Diputación de Málaga

