



## Investigar en la Isla Antartica Decepción

El papel del  
hombre en el Medio  
Ambiente

El Cambio  
Climático y los  
Refugiados  
Ambientales

Retos para la  
Educación  
Ambiental en  
el periodo  
2020-2030

Impacto  
Ambiental de la  
fabricación  
aditiva





## Ambiente y Medio (A+M)

Revista de la Asociación de Alumnos y Exalumnos de Ciencias Ambientales de la UNED.

Publicación gratuita no impresa.

Equipo de redacción:

María Jesús Martín, Martín Pérez.

Eduardo Ferrando. Luis Molero.

Mar Delgado

Edición, Diseño y maquetación:

Redacción A+M

Colaboran en este número:

Amelia Pérez Zabaleta, Carmelo Marcen Albero, María Jesus Almela, Clara Bañares Martín, Olvido Irrazabal Moreda, Francisco Ivars Barcelo, Javier del Valle Melendo, Cesar Marina Montes, Jorge O. Caceres Gianni, Jesus Manuel Anzano Lacarte, C. Capdevila, I. Garcia, F. G. Caballero, J. J. de Damborenea, J. Rodriguez, Alberto Vizcaino López, María Blanca Ruiz Santiago, Rodrigo Balaguer Romano, Ruben Diaz Sierra, Orlando Manuel Hernandez Exposito, Equipo de #EA26, Fidel José Fernández y Fernández-Arroyo. Ivan Narvaez,

### Fotografías de la portada:

Antartida; Javier del Vaslle Melendo  
Refugiados ambientales Pepo Prieto

Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad de sus autores. La publicación de artículos de opinión responde por completo al respeto a dichas opiniones, y no implica necesariamente que el Equipo de Redacción ni la Asociación las respalden.

ISSN: 2172-4334

redaccion@ambientalesuned.es

comunicacion@ambientalesuned.es

### En este número:

- 2020: Un Año para olvidar... o para recordarlo 3  
*Eduardo Jesús Ferrando Valiente. Presidente de AAECAD.*
- Ventajas socios/as AAECAD 5  
*Luis Molero Secretario de AAECAD.*
- La UNED avanza en pro del Medio Ambiente 7  
*Amelia Pérez Zabaleta Vicerrectora de Economía UNED.*
- Formación en tiempos de COVID-19 11  
*Instituto Superior de Medio Ambiente ISM*
- La Educación Ambiental como Estrategia para la Vida Colectiva 13  
*Carmelo Marcén. Geografo y Educador Ambiental.*
- El papel del hombre en el Medio ambiente 17  
*María Jesús Almela. Doctora en Ciencia por la UNED.*
- El cambio Climático y los Refugiados Ambientales 24  
*Clara Bañares Martín. Graduada Economía y Finanzas UAM*
- Catalizando el cambio hacia el Equilibrio 27  
*Olvido Irrazábal Moreda, Francisco Ivars Barceló UNED*
- Investigar en la Isla Antártica Decepción 30  
*Javier del Valle Melendo y otros*
- Impacto Medioambiental de la Fabricación Aditiva 40  
*C. Capdevila, y otros CSIC.*
- Los fertilizantes artificiales ¿Ángeles o demonios para el MA? 45  
*Carlos Javier Duran Valle Universidad de Extremadura*
- Sobre la circularidad de la economía de los residuos de envases 52  
*Alberto Vizcaíno López, ambientólogo y productor de Sostenibilidad*
- Nanotecnología e Industria Textil 58  
*María Blanca Ruiz Santiago*
- Simulando incendios; modelos matemáticos para entender causas y características de los fuegos en los pinares mediterráneos 64  
*Rodrigo Balaguer Romano y Ruben Diaz Sierra UNED.*
- Comparación de distintos escenarios de tratamiento de residuos urbanos en la ciudad de Madrid mediante la metodología de la huella de carbono 68  
*Elena Montejano Nares; Juan Manuel de Andrés Almeida, Javier Pérez Rodríguez ETSII Universidad Politécnica de Madrid*
- Reciclado de residuos radiactivos, desmantelamiento CN Garoña 72  
*Orlando Manuel Hernandez Exposito. Graduado CCQQ UNED*
- Retos para la educación ambiental en el periodo 2020-2030 77  
*#EA26.*
- Hoces Del Riaza, el refugio de rapaces cumple 46 años 82  
*Dr. Fidel José Fernández y Fernández-Arroyo Presidente del Fondo para el Refugio de las Hoces de Riaza.*
- El Valle prohibido de la ciudad encantada de Cuenca 86  
*Ivan Narvaez UNED/UAM*
- Carta a los Reyes Magos; el planeta Tierra, nuestra casa 89  
*Hugo y Lucia*

# 2020: UN AÑO PARA OLVIDAR O RECORDARLO.....



**Eduardo Jesús Ferrando Valiente**  
**Presidente de AAECAD**

El 2020, seguro que será un año que no olvidaremos fácilmente y lo que en él paso, lo recordamos por mucho tiempo. Ya a finales del 2019 nos llegaban noticias desde Wuhan (China) sobre una rara enfermedad, el coronavirus, que hoy todos conocemos y que nos ha marcado durante todo el 2020 y lo que llevamos de este año.

El Coronavirus COVID-19, se ha extendido por todo el Planeta al ritmo de la Movilidad del ser humano, y lo que era una Epidemia o pandemia lejana que creíamos que no nos iba a afectar o que como mucho habría 1 ó 2 casos según anuncio el famoso Epidemiologo Fernando Simon vino que a finales de febrero ya lo teníamos en España y que se extendía como la pólvora.

Como medidas preventivas y restrictivas para evitar o reducir la propagación de la enfermedad los diferentes Gobiernos han ido aplicando medidas, algunas muy

impopulares, Iniciando en marzo el “Estado de Alarma” con restricción a la Movilidad, salvo casos muy justificados, en el que la mayoría de la población permaneció confinados en sus domicilios para doblegar la curva de contagios.

Cuando ya parecía en junio que alcanzábamos la “Nueva Normalidad” que habíamos pasado lo peor, y algunos hasta pudimos pasar unas vacaciones diferentes y adaptadas, enseguida hubo repuntes de contagios y las olas de infectados se iban sucediendo una tras otra. Las nuevas restricciones, esta vez impulsadas por las Comunidades Autónomas, han sembrado el desconcierto, sobretodo en los que trabajan o estudian en otra zona a la que tienen el domicilio familiar. Asimismo, ha provocado el cierre de muchas empresas de diferentes sectores, los sectores mas afectados han sido los que se dedican a la hostelería, al turismo y al ocio nocturno.

Durante los confinamientos domiciliarios, nos llegaban noticias de la disminución de la contaminación, por la reducción de la Movilidad en las grandes ciudades, también de personas que se han trasladado al medio Rural, o ha surgido con mas fuerza el Teletrabajo.

Otra buena noticia ha sido la rápida Investigación para lograr medicamentos que combatieran el virus, y la reciente puesta en marcha de las vacunas contra él mismo, nunca antes ha habido tantos investigadores y tantos recursos puestos a disposición de la Ciencia por un bien común.

Parece que ya vemos “la luz al final del túnel” y que a lo largo del presente año frenaremos y venceremos a la enfermedad del coronavirus COVID-19, pero quiero desde estas líneas recordar a los que nos han dejado a lo largo del 2020, y en especial a una de nuestras socias, que falleció el

pasado mes de octubre después de una larga enfermedad, **Lydia DEP**.

La famosa “inmunidad de rebaño” llegara a lo largo del presente año, cuando buena parte de la población hayan recibido la vacunación, pero no podemos olvidarnos de los países en desarrollo, que lo tendrán mas difícil para conseguir vacunar a un alto porcentaje de sus poblaciones.

Espero que esta Epidemia nos ayude a entender la fragilidad del ser humano y del Planeta en el que habitamos, que no podemos maltratarlo, como lo hemos hecho hasta la actualidad, que sepamos ver los riesgos y los peligros a los que nos enfrentamos y sobre los que hay que actuar urgentemente.

La contaminación de los Ecosistemas, la perdida de Biodiversidad, el uso insostenible de los Recursos, la generación excesiva de Residuos, las emisiones de Gases de efecto invernadero que provocan el Calentamiento Global y el Cambio Climático, todos estos retos a los que nos enfrentamos necesitan la misma atención que la que ha prestado la comunidad científica y los

Gobiernos a la enfermedad del coronavirus. Esperamos que esta gran Crisis Sanitaria que hemos vivido nos abra los ojos y nos oriente hacia el buen camino y nuestras prioridades cambien hacia modelos de vida mas Sostenibles.

Este 2021, también será año de celebración de elecciones a la Junta Directiva de la Asociación, el pasado 2020, fue nuestro 10º Aniversario y en la Junta Anual que hacemos, queríamos haber echo algo especial, la situación nos lo impidió, a pesar de ir retrasando la fecha, al final tuvimos que hacerla online, por una de las muchas aplicaciones que se han desarrollado. Por las limitaciones también ha sido un año de baja o nula intensidad de actividades. Este 2021 celebraremos la Junta Anual y elecciones **el 24 de abril** de manera online. Pero si la situación sanitaria lo permite organizaremos alguna actividad para celebrar nuestro 10º Aniversario, aunque sea con retraso.

## Editorial

Con la periodicidad habitual os presentamos el nuevo número de nuestra querida revista **Ambiente y Medio**, de la Asociación de Alumnos y Exalumnos de Ciencias Ambientales de la UNED.

Ha sido un tiempo de cambios importantes, un año raro, como escribe nuestro presidente, la Junta Anual de 2020, la fuimos posponiendo, hasta que decidimos hacerla de manera virtual, debida a la situación pandémica y a las restricciones de movilidad. Este año ya tenemos la fecha fijada y lo mas Seguro es que sea virtual, apuntaros el 24 de Abril en la agenda, este año ademas temenos elecciones a Junta.

En este número incluimos opiniones, novedades y excelentes artículos y colaboraciones. Tenemos en primicia la Política Medioambiental de la UNED. Hablaremos de las necesidad de una Educación Ambiental para conseguir la Sostenibilidad y enfrentarnos a los grandes Retos a los que nos enfrentaremos, de Incendios forestales que arrasan el Planeta cada año, de la Economía circular y el Reciclado de Residuos, de los impactos de la Fabricación Aditiva, del Cambio Climático y los Refugiados ambientales, de fertilizantes artificiales, de la Nanotecnología y la Industria Textil. Nuestro artículo central sera sobre la investigación en uno de los rincones menos explotados del Planeta, la Antártida, hablaremos de Dinosaurios y el Valle Prohibido de la ciudad encantada de Cuenca, nuestro más fiel colaborador, nos informará del Aniversario/cumpleaños del Refugio de Rapaces de las Hoces del Riaza y nos despedimos con una carta a los Reyes Magos de dos niños de 15 y 10 años.

Esperamos que la revista sea de vuestro agrado. Gracias por leernos. Nos encantaría contar con vuestras opiniones, o vuestras colaboraciones, o con ambas cosas.

**Maria Jesús Martín**  
Redactora de Ambiente y Medio



# Ventajas soci@s AAECAD

Luis Molero  
Secretario AAECAD

## Recorrido inequívoco AAECAD

En ocasiones me he encontrado con personas extrañadas con que nuestra asociación siga en funcionamiento al cabo de unos años de haberla conocido y añadiendo que el decaimiento era seguro y en un periodo no definido pero no extenso acabaría sin actividad y disuelta. Cumpliendo más de diez años podemos decir que hemos roto estas trágicas predicciones y nos gustaría que nunca llegaran a ejecutarse, la manera de no caer en estado de letargo es participar, colaborar, promover u organizar actividades. Aunque en ningún periodo ha estado la actividad muy concentrada en el tiempo, el repertorio que poseemos no es nada desdeñable y abarca diferentes ámbitos, si repasamos estos eventos seguro encontramos dónde invertir tiempo y esfuerzo o qué podríamos mejorar, aportar ideas o nuevas colaboraciones, propuestas novedosas, necesarias quizá para estudiantes o egresados, etc.

La actividad de la AAECAD ha estado desarrollada mediante el trabajo y dedicación de sus socios y enfocada siempre a las Ciencias Ambientales en todas sus vertientes, así, se han realizado actividades de naturaleza, visitas a espacios protegidos, sobre tratamiento de residuos o empresas emblemáticas con recorridos y guías adaptados a nuestras características particulares. Ha servido de plataforma y difusión de la Red Ibérica de Seguimiento de Fauna Atropellada (RISFA).



Para el CONAMA 2014, se escribió desde la Asociación un comunicado sobre la RISFA



Somos miembro de la Coordinadora Estatal de Ciencias Ambientales (CECAA) con todo lo que conlleva en cuestiones de defensa del ambientólogo y en ocasiones participando en jornadas con miembros de colegios profesionales y otras asociaciones. Muchos de nuestros socios hemos estado presentes en los Congresos Nacionales de Medio Ambiente (CONAMA) ya sea como visitantes o como ponentes en comunicaciones relacionadas con nuestra asociación, así como en otros eventos relacionados con la profesión. Tuvimos en varias ocasiones concurso de fotografía con premios. Hemos colaborado con la universidad en diferentes jornadas.

Se hace esta comunicación en nuestra revista animando a los lectores a ser miembros activos de la asociación ya que las ventajas de tener la AAECAD con actividad son numerosas y a través de los años son muchos los beneficiados de nuestra existencia. Las ventajas de ser asociado son diversas y aquí recuerdo algunas de ellas que debemos tener en mente y pueden ser muy provechosas tanto personal como colectivamente.

Nuestra revista sale periódicamente publicada en versión digital y escriben autores ambientólogos y de otras disciplinas, los socios tenemos prioridad para publicar, en caso de posponer a otro número algún artículo será de autores ajenos. Cuando se organizan actividades, ya sea de naturaleza o visitas a diferentes lugares, si tienen coste se aplican precios reducidos para socios. En cada edición de los CONAMA poseemos inscripciones gratuitas y además podemos realizar comunicaciones en el mismo congreso. En diferentes eventos relacionados con las ciencias ambientales que suceden a lo largo de todo el territorio nacional la asociación beca la asistencia. En el centro de idiomas de la universidad (CUID) tenemos el coste de matrícula a precio de alumno.



En el Instituto Superior de Medio Ambiente y en cursos de la Coordinadora Estatal de Ciencias Ambientales nos hacen precios reducidos en matrículas de los cursos que imparten. Desde la junta directiva apoyamos institucionalmente en la medida de nuestras posibilidades a quienes realicen actividad alguna y especialmente a delegados, que son representantes de la AAECAD repartidos por todo el territorio y se encargan de coordinar u organizar la actividad que corresponda.

En la Junta Directiva estamos abiertos a cualquier tipo de sugerencia y todas las propuestas se estudian y, en su caso, se apoyan para llevarlas a buen término. Nuestro deseo es que nadie dude en contactar con algún proyecto que coincida con nuestros intereses o que quiera participar en eventos relacionados con las Ciencias Ambientales. Ya sabéis nuestros correos y sino los podeis consultarlos en nuestra página web <http://www.ambientalesuned.es/> en la seccion contacto, navega por nuestra pagina y descargate las revistas Ambiente y Medio, conoce mas de la Asociacion, mira los Recursos que compartimos o mira lo ultimo de Formacion y Empleo. Tambien nos podeis seguir en nuestras Redes Sociales:

 <https://www.facebook.com/AmbientalesUNED>

 <https://twitter.com/AAECAD>

 <https://www.instagram.com/aaecad/>

¡A disfrutar este nuevo número de **AmbienteyMedio!**



Poster de comunicacion de la divulgacion cientica con esta Revista en elCONAMA 2018



Ultimos números publicados de Ambiente y Medio

# “La UNED avanza en pro del Medio Ambiente”

Amelia Pérez Zabaleta

Vicerrectora de Economía de la UNED. Directora de la Cátedra Aquae de Economía del Agua y de la Cátedra UNESCO Agua y paz

La implicación de las universidades para la sostenibilidad ambiental, el cumplimiento de la Agenda 2030 y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) resulta fundamental para la protección del medio ambiente, tanto por su actividad formativa como por la investigadora, y por su ejemplo en cuanto a la gestión. En este contexto, la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), del que la UNED forma parte, creó en 2009 la Comisión Sectorial CRUE-Sostenibilidad con objeto de recopilar la experiencia de las universidades en materia de gestión ambiental, los avances en la ambientalización de la comunidad universitaria y el trabajo en prevención de riesgos a la vez que se fomentaba la cooperación en estos ámbitos para el intercambio de experiencias y el fomento de buenas prácticas.

Uno de los grupos de trabajo es el denominado Evaluación de la sostenibilidad universitaria (GESU) y en su seno se elabora el “*Diagnóstico sobre la sostenibilidad ambiental de las universidades españolas*” (el informe correspondiente al año 2020 está pendiente de publicación). Es un informe que permite el autodiagnóstico ambiental de las universidades y en el que la UNED ha participado en los dos últimos años superando su calificación en el año 2020 a la obtenida en el año 2019.

El *Plan Estratégico de la UNED 2019-2022* se divide en tres ejes que responden a las principales funciones de una Universidad: Educación, investigación y transferencia y gobernanza, y que se complementan con otros ejes transversales entre los que se encuentra la implementación de los ODS, y por el que se crea el *Observatorio de ODS* de la UNED.



El hito más reciente de compromiso ambiental UNED es la aprobación en el Consejo de Gobierno del pasado 9 de marzo de 2021 de su *Política ambiental*, en línea con la Agenda 2030, el Pacto Verde Europeo y con el Plan Estratégico de la UNED.

Descendiendo a la acción y como institución universitaria, el compromiso con el ODS 4, *Educación de calidad*, implica la inclusión en sus enseñanzas de la temática ambiental. El grado en Ciencias ambientales que gestiona la Facultad de Ciencias es un ejemplo por sí mismo. No obstante, la apuesta es la inclusión de temas ambientales y de forma transversal en todas las enseñanzas, y en ello se está trabajando en la Cátedra UNESCO de Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible.



La gestión ambiental en la UNED compete al Vicerrectorado de Economía que debe coordinarse con todo el equipo de gobierno, las facultades, las escuelas, la biblioteca y los centros asociados. Una de las primeras acciones imprescindible para la mejora ambiental es la información. Los datos sirven para la elaboración de indicadores que permitan el conocimiento y realizar mejoras ambientales. Es en lo primero en lo que comenzó a trabajar la Oficina Técnica de Obras y Mantenimiento de la UNED (OTOM) cuando en el año 2012 comenzó a recopilar datos de consumo de agua, siguiendo en el 2016 con los datos correspondientes a energía eléctrica y gas, los cuales se publican en el *Portal de Datos abiertos* de la OTOM. Desde 2017 se realiza anualmente el Informe de la Huella de Carbono de la UNED, y el Registro de la Huella de Carbono supone un paso más en pro de la mejora ambiental.



La Comisión de Gestión de Inversiones, consciente del cumplimiento del ODS 12, *Producción y Consumo responsables*, ha adoptado medidas en cuanto a potenciar la compra de impresoras, fotocopiadoras, escáneres y otras máquinas de uso compartido y limitando las de uso individual, con objeto de hacer “más y mejor con menos”. Con ello, también se fomenta la reducción en el uso de papel, de tóner y de otros insumos. Por otra parte, es ya un hecho la inclusión de cláusulas ambientales en las licitaciones y contratos de la UNED.

Nuevas medidas ligadas a la mejora ambiental son: la retirada de vasos de plástico y su sustitución por vasos de papel reciclable, la potenciación del uso de agua de grifo, la instalación de fuentes de agua filtrada y la adquisición de jarras y botellas de borosilicato de uso individual para el personal.

En otro orden de cosas y ligado a la COVID-19 y a la preocupación de la calidad del aire en los espacios de la UNED, la OTOM ha

instalado 28 medidores de CO<sub>2</sub> para el control de la calidad del aire. Esta acción forma parte del Plan de transformación digital en la automatización y control de los edificios.

Para el éxito de todas estas buenas prácticas de gestión ambiental es clave la implicación de todos los grupos de interés y actores de la universidad por lo que se ha creado una Comisión de Medio Ambiente en la que están representadas todas las facultades, escuelas, biblioteca y equipo de gobierno. Y el próximo paso es la involucración de los centros asociados.

El último ODS, el 17, *Alianzas para lograr los Objetivos*, es clave. Alianzas con empresas, instituciones, universidades, con el sector público, uniendo a las personas. En el ámbito de la universidad ya se ha mencionado la participación en la comisión de la CRUE. En un entorno más cercano, la UNED forma parte del *Consortio Urbanístico de la Ciudad Universitaria*, que conforman la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad Politécnica de Madrid y la UNED y que está llevando a cabo actividades en el ámbito de mejora de la biodiversidad y sostenibilidad de la Ciudad Universitaria. Uno de los objetivos es la mejora del Pinar Arroyo de las Damas en el Campus de Juan del Rosal y se van a instalar cajas nido para aves para completar el pasillo ecológico Campus-Parque del Oeste así como otras acciones de restauración ecológica, a la que sumamos una muy ambiciosa, tal es la posible integración en el proyecto “Arco Verde” de la Comunidad de Madrid.

En lo que se refiere a las alianzas con empresas, la Cátedra Aquae de Economía del agua que integran la Fundación Aquae y la UNED y que tengo el honor de dirigir, premia la investigación en TFG, TFM y tesis doctorales relacionados con el ODS 6, *Agua limpia y saneamiento*. Asimismo, realizó un estudio piloto sobre el logro de los ODS en la UNED y sus centros asociados, siguiendo la guía que había diseñado la OTOM para la sede central en cuanto a la medición del consumo de agua y energía, y que pretende sentar las bases para su aplicación al conjunto de los centros asociados de la UNED y a otras universidades. Los resultados indican que el consumo de agua y energía de los centros analizados, así como sus emisiones de CO<sub>2</sub>, se sitúan en niveles muy por debajo de otros centros universitarios analizados.

Pero estos resultados muestran también que existe una elevada heterogeneidad, especialmente entre aquellos edificios que han llevado a cabo medidas para alcanzar los ODS y aquellos que no.

Estos resultados revelan la necesidad de seguir avanzando en la aplicación de estas

medidas, con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de estos recursos y de avanzar en el cumplimiento de los ODS.

Todas las medidas están orientadas, como no podía ser de otra forma, a la mejora ambiental, la lucha contra el cambio climático y el cumplimiento del ODS 13, *Acción por el clima*, y del ODS 15, *Vida de ecosistemas terrestres* cuyas metas son combatir el cambio climático y sus efectos, y prevenir, detener y revertir la degradación de los ecosistemas. Para no caer en la autocomplacencia y aunque se han descrito acciones y actividades desarrolladas en pro del medio ambiente, somos conscientes de que queda mucho por hacer y de que la UNED tiene transformaciones pendientes y retos absolutamente indispensables para lograr avances más significativos en la gestión ambiental. Entre otros, sensibilización, comunicación, formación, compra responsable, movilidad y la definitiva creación de una unidad de medio ambiente.

Me permito finalizar esta colaboración con *Ambiente y Medio* felicitando a quienes la hacéis posible.

***A continuación se publica la Política Ambiental de la UNED aprobada en Consejo de Gobierno de 9 de marzo de 2021.***



# POLÍTICA AMBIENTAL DE LA UNED

Aprobada Consejo de Gobierno de la UNED de 9 de marzo de 2021

La UNED está comprometida con el medio natural y fomenta los valores y principios de sostenibilidad recogidos en la *Agenda 2030* y en el Pacto Verde Europeo. Asimismo, ha adquirido unos compromisos ambientales contenidos en el *Plan Estratégico de la UNED 2019-2022* y su *Política de Gestión de la Energía*, aprobada por Consejo de Gobierno el 30 de abril de 2019, es una muestra de su avance en este ámbito. En consecuencia, **la política ambiental de la UNED se funda en los siguientes principios:**

1. **Preservar el medio ambiente** de forma continuada en el **tiempo** en las **actividades** y en la **gestión** que realiza, así como en los **ámbitos** en que opera, tanto en la sede central como en las facultades, las escuelas y los centros asociados.

2. **Identificar, controlar, evaluar y realizar un seguimiento de los aspectos ambientales** asociados a todas las actividades propias de la enseñanza universitaria y educación superior inherentes a los procesos de enseñanza-aprendizaje, docencia, investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), transferencia de conocimiento al sector productivo y la sociedad, extensión universitaria y gestión y dimensión social de la Universidad.

3. Promover la inclusión de los ODS y del medio ambiente en **todas las enseñanzas de la UNED** y **favorecer la investigación y la transferencia del conocimiento** en estos temas.

4. Promover y potenciar la mayor **eficiencia en la utilización de los recursos**, tanto los naturales como los energéticos y los materiales.

5. Reducir y eliminar en lo posible la **contaminación** que pueda derivarse de sus actividades y así colaborar en la lucha contra el **cambio climático**.

6. Fomentar la reducción en el uso de los recursos, la recuperación, el reciclaje y la reutilización de recursos, así como la reducción de residuos. Promover un sistema de **gestión de residuos**.

7. Racionalizar y desarrollar estrategias de **consumo, compras y contratación pública responsables y sostenibles**.

8. Adecuar la política ambiental a los nuevos requerimientos tendiendo al **bienestar de las personas, la economía circular y la sostenibilidad**.

9. **Informar, formar y sensibilizar al personal y a los estudiantes** de la Universidad para que sean parte activa de la gestión ambiental sostenible y para que, en el desempeño de sus funciones, observen y exijan el cumplimiento de esta política ambiental y de la normativa ambiental.

10. Colaborar y establecer **alianzas con otras instituciones** del sector público y del privado, y tanto en el ámbito nacional como en el internacional, para asegurar el cumplimiento de esta política ambiental y la protección del medio ambiente.

# Formación en tiempos de COVID-19



La primavera pasada éramos testigos de un espectáculo sin precedentes desde nuestras ventanas: la naturaleza se abría paso entre la soledad de las calles y nos dejaba estampas tan atípicas como el paso de fauna por grandes ciudades españolas o el desplome de los niveles de contaminación en prácticamente el mundo entero.

La pandemia provocada por la COVID-19 ha traído grandes cambios también en el sector medioambiental. Cuando se cumple un año de su inicio en España repasamos cómo ha cambiado nuestra forma de relacionarnos con la naturaleza y por qué es más importante que nunca la educación ambiental y la sensibilización ciudadana.

## Biodiversidad y la salud del planeta

Desde que oímos por primera vez la palabra *Coronavirus*, hemos podido comprobar cómo venía seguido del término *zoonosis*. “Aquellas enfermedades que son de los animales - en su mayoría vertebrados- al ser humano, y viceversa”.

**Desde la ONU advierten: Alrededor de 60% de todas las enfermedades infecciosas en los humanos y 75% de las enfermedades infecciosas emergentes son zoonóticas.**

En los últimos meses, expertos y grandes instituciones nos han advertido de la importancia de cuidar la biodiversidad de nuestro planeta para frenar la propagación de estos virus. Las alteraciones en los hábitats de algunas especies provoca el desplazamiento de las mismas hacia núcleos urbanos. Aumentando así el riesgo de transmisión de patógenos a humanos. El ébola, el SARS, el MERS y el Coronavirus son solo algunos ejemplos.

“El mayor riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas se produce en la interfaz entre el ser humano y los animales a través de la exposición directa o indirecta a los animales, los productos derivados de estos (por ejemplo, carne, leche, huevos) o su entorno”, advierten desde la OMS (Organización Mundial de la Salud).

La formación en el sector de la [Protección de la Biodiversidad](#) abarca desde la gestión y conservación de la fauna, la gestión de especies exóticas invasoras o nuevos métodos de producir nuestros alimentos de forma más respetuosa con el medio como la agroecología.

## Déficit de Naturaleza

*El confinamiento ha hecho que seamos más conscientes de nuestra necesidad de contacto con la naturaleza* escribía Paqui Godino – bióloga y educadora ambiental – [en la Comunidad ISM](#).

El aumento de visitantes a parques naturales es otro de las características de este periodo de pandemia. Las restricciones de movilidad unidas a la necesidad generalizada de reconectar con la naturaleza han hecho de los espacios naturales una alternativa preferente para el ocio de los ciudadanos.

En este sentido, el curso de [Especialista de Espacios Naturales Protegidos](#) incorpora a la gestión de espacios naturales protegidos variables imprescindibles de aspectos relacionados con la Custodia del Territorio y la Gestión de la Fauna. La demanda de formación de calidad en una temática tan importante para la conservación de la naturaleza como la Gestión de Espacios Naturales Protegidos fue uno de los argumentos que desencadenaron en su momento la puesta en marcha de un curso que recogiera y ordenara los aspectos y consideraciones más relevantes en materia de medio natural.



## Aumento de los residuos

Por otro lado, el aumento de los residuos ha sido uno de los innumerables daños colaterales de esta pandemia. Un ejemplo es el aumento en un 300% de las mascarillas abandonadas en espacios públicos. Según WWF, se están introduciendo en la naturaleza por lo menos 10 millones de mascarillas cada mes. Entre 30.000 y 40.000 kg de mascarillas van al medio natural, como mínimo. Los tejidos de estas mascarillas llevan polipropileno o polietileno que termina en microfibras que acaban en el fondo de los océanos y de los sedimentos.



Algunas de las directivas ya adoptadas sobre los plásticos se deben convertir en realidad ahora más que nunca. Durante la COVID-19, se ha multiplicado el uso de plásticos de un solo uso y de material protección individual y, por ello, es prioritario repensar y rediseñar los plásticos.

Estudio «Repensando y optimizando la gestión de los residuos plásticos bajo la pandemia del COVID-19: soluciones políticas basadas en el rediseño y la reducción de plásticos de un solo uso y los equipos de protección individual»

Tanto la concienciación ciudadana como [la formación de calidad de profesionales en el sector de los residuos](#) va a resultar clave para conseguir una solución efectiva ante este desafío.

## La formación en Medio Ambiente, más necesaria que nunca

La pandemia ha cambiado y sigue cambiando nuestra manera de relacionarnos entre nosotros y con el entorno. Nos ha ofrecido una oportunidad para reinventarnos y repensar nuestras prioridades. El respeto al Medio Ambiente, por lo tanto, debe primar.

La formación en el sector ambiental es más necesaria porque la sociedad así lo ha elegido. Hemos elegido respetar el Medio Ambiente y poner solución a un problema inminente como es la emergencia climática. Elegimos “salir mejor de esta” y no volver a cometer los mismos errores que nos han traído hasta aquí.

En el ISM llevamos más de 20 años dotando a técnicos y profesionales del sector ambiental de los conocimientos y herramientas necesarios para desarrollar su actividad de forma exitosa. Ofrecemos cursos online, programas especialista y programas Máster que abarcan distintos ámbitos de conocimiento y que pueden ser un complemento interesante para profesionales y futuros profesionales que buscan especialización en este campo. Puedes consultar nuestro catálogo completo en [www.ismedioambiente.com](http://www.ismedioambiente.com).



# LA EDUCACIÓN AMBIENTAL COMO ESTRATEGIA PARA LA VIDA COLECTIVA



Carmelo Marcén Albero

Maestro y Doctor en Geografía. Ha sido docente en Educación Primaria, Secundaria y Formación del Profesorado. Autor de centenares de artículos sobre medioambiente y educación recogidos en revistas especializadas. Ha publicado varios libros sobre esta temática; el último *Medioambiente y escuela*, en 2019, de Editorial Octaedro. Colabora como Investigador Asociado con el Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio (GEOT) y con la Facultad de Educación de la Universidad de Zaragoza. Es también articulista y divulgador sobre educación y medioambiente, ética social y ecología, en varios blogs: [www.ecosdeceltiberia.es](http://www.ecosdeceltiberia.es), [La Cima 2030 de 20minutos.es](http://La Cima 2030 de 20minutos.es), y [Ecoescuela abierta de El Diario de la Educación](http://Ecoescuela abierta de El Diario de la Educación).

Cada vez son más las personas que aprecian que la crisis multiforme que tenemos planteada entre la sociedad y el medioambiente exige acciones urgentes. Seleccionar las problemáticas más importantes, las acciones más inaplazables, es difícil aunque hay que esforzarse ya en identificarlas. Toda actuación requiere un compromiso colectivo, además de ver su progresión para acabar con una valoración general del proceso.

Hace más de cuatro décadas que se empezó a hablar de la Educación Ambiental (en adelante EA) como estrategia universal para hacer comprender las múltiples interacciones que la vida nos reserva cada día. Desde entonces, la EA ha sido protagonista de muchas declaraciones de organismos internacionales, de países y entidades privadas; de

innumerables prácticas informativas o formativas<sup>1</sup> con el fin de aminorar los impactos humanos al medioambiente<sup>2</sup>. Pero a la vez que esto ocurría la crisis ambiental, en general, no ha hecho sino crecer, cualitativa y cuantitativamente. Por la razón que sea, ni las actuaciones concretas ni la educación de cualquier tipo han conseguido que bastante gente sea respetuosa con lo que el medioambiente representa cada día y reflexionar sobre el que queda para las futuras generaciones. De ahí que desde distintos ángulos sociales se persevere sobre la necesidad de incrementar la EA de la ciudadanía; de las empresas y de los poderes públicos.

## ***Algunas dudas para empezar a entender qué saberes ambientales debemos aprender***

No todo lo que se enseña se aprende. Por eso, habría que considerar ciertos aspectos básicos antes de empezar cualquier actuación de EA. En primer lugar, casi todo lo que se debe enseñar/hay que aprender sobre la trama ambiental posee una gran complejidad, que no hace sino acrecentarse con el tiempo y con nuevos sucesos que trae la vida cotidiana. Además, no es lo mismo dar cuenta de un suceso ambiental, la reciente tormenta Filomena por ejemplo, que construir conocimiento de porqué se produce y qué consecuencias puede tener; ha causado en el ámbito social, ecológico y económico. No hay que olvidar tampoco que la capacidad de actuar en cada caso es diferente: llevar residuos plásticos al contenedor adecuado es más sencillo que limitar el consumo de esos mismos productos, o embarcarse personalmente en limitar las acciones que contribuyen al cambio climático, que por lo que se ve está detrás de la proliferación de esas borrascas.

Por si lo anterior ya no fuere suficiente, en EA se habla siempre de mirar hacia el pasado para anticiparnos lo que puede suceder en el futuro; eso que se llama compromiso con quienes vienen detrás.

<sup>1</sup> La [Carpeta Informativa del CENEAM](#) es un buen lugar para revisar lo hecho en torno a la EA a lo largo de estas décadas. También para conocer distintas fundamentaciones sobre qué es EA en "La Firma del mes". Vaya desde aquí el reconocimiento por haber servido de nexo de unión de los educadores y educadoras ambientales de España.

<sup>2</sup> Las propuestas de actividades ambientales son innumerables, como lo sería una bibliografía esencial. Citar solamente las más notables ocuparía varias páginas, y la relación sería incompleta. Seguro que viajando por Internet se encontrarán con facilidad y se podrán seleccionar aquellas que más convengan en cada caso. Si quieren agilizar la búsqueda pueden entrar, entre otros, en [Cedreac](#) (Centro de Recursos para la EA de Cantabria) o [Recida](#) (Red de Centros de Información y Documentación Ambiental).

La gente suele ser perezosa cuando se le piden sacrificios nuevos en relación con la vida de cada día, puede que confíe en que el paso del tiempo lo arregle todo. Además, la prevención anticipadora en cuestiones ambientales que debería ser la norma de actuación de los gobiernos, empresas, etc., brilla por su ausencia.

Las dudas sobre los saberes ambientales pertinentes no se resuelven fácilmente. Hasta ahora hemos hablado de complejidad y variabilidad. Para aclararnos un poco más, también para huir de las definiciones clásicas de EA, hemos ido en busca del significado del concepto saber en el nicho de la RAE. Hemos tomado lo que nos ha convenido para concretarla en una atrevida síntesis, totalmente subjetiva. Diríamos que estamos pensando en una EA como capacidad construida a partir del conocimiento de episodios. Estos se combinan con formación. Mejor si se busca una habilitación y capacitación para vivir de manera distinta el presente y anticipar algo de cómo puede ser el futuro. Y, puesto que en el trayecto están implicadas personas y grupo sociales, los saberes ambientales requieren bastante astucia para percibir que lo que se haga siempre dará un sabor distinto a las vidas de quienes lo intenten, pero también a otras personas y al planeta en su conjunto. Sin olvidar que saber, tanto en lo ambiental como en otros ámbitos sociales, es conocer pero también conducirse de una manera determinada, saber hacer, y saber ser persona dentro de un colectivo. Queda a la consideración de quien esto lea quitar unas cosas y añadir otras.

### ***El medioambiente ya no es lo que era***

La conceptualización del medioambiente, que escribimos junto para darle una dimensión diferente, ha variado mucho a lo largo de las últimas décadas. La primera cuestión que nunca se debe olvidar y que debería estar presente en cualquier actuación es su manifiesta libertad, no está al servicio de las personas. Reducir una parte de nuestros impactos le da más o menos igual; es una necesidad que favorece a la sociedad principalmente.

Segunda advertencia: solía identificarse medioambiente solamente con naturaleza, muchas actuaciones se han sustentado en ese concepto erróneo. Pues no. De todas formas, es difícil cambiarlo.

Tercera cuestión importante: se acostumbraba a enseñar una cuestión ambiental como algo definitivo. Al contrario, medioambiente es algo complejo en donde surgen episodios más o menos críticos que son consecuencia de la interacción global entre él mismo con la economía y la sociedad en sus múltiples manifestaciones.

Otra inadecuada caracterización lo presentaba como una postal estática. Más bien es lo contrario: una película condicionada por una entropía permanente que mueve lo que se ve o no, aquello que sucede, cerca o lejos; antes, durante o después, en donde las personas y sus acciones tienen una influencia cada vez más determinante. Ahora mismo se encuentra sometido a graves presiones climáticas y sociales que configuran lo que alguno ya titulan como una nueva época. Por si fuera poco, los diferentes espectadores interpretan de forma diversa lo que ven o la trama de lo que sucede.

En esta supuesta identificación, siempre abierta y bastante subjetiva, se intuye que la aproximación al medioambiente tiene su parte de formación e investigación aplicada, esa que puede ayudar a prever algunas causas de su evolución y a gestionar mejor sus efectos. Ahora mismo la podríamos llamar EA o EApS Sostenibilidad, por eso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Pero esta utopía necesaria tarda en arrancar o si lo hace apenas consigue dar leves pinceladas.

Así pues, para sentirnos parte del medioambiente como entidad imaginada o real hemos de seleccionar, de construir, una serie de saberes medioambientales que nos ayuden a comprender los nuevos tiempos, con sus aceleraciones múltiples y sus incertidumbres. El medioambiente, a pesar de los pesares, es el reino en donde las incertezas asoman una y otra vez. Ante esa nueva estampa solamente nos cabe proponer una decidida apuesta educativa que se podría definir como ecoética, en el sentido de la interacción permanente que caracteriza un medioambiente ecosocial.

### ***Quienes enseñan a los que aprenden también necesitan saber***

Se hace EA desde diversos ámbitos: educación formal, no formal e informal. Quienes lo intentan, sean profesorado o no, educadores y educadoras ambientales, servicios de la administración, ONG o entidades privadas, necesitan formarse en lo que pueden no saber. A veces la buena voluntad no supe ciertas carencias. Se nos ocurre plantear una serie de cuestiones relevantes a tener en cuenta antes de acometer un proyecto de EA:

- En este tema del medioambiente transforman poco las individualidades, mucho mejor si se desarrollan proyectos colectivos y continuados, por más que sean sencillos.
- Vale más combinar fuerzas –entidades de diversos tipos, escuelas, etc.- para entender lo que de por sí es extremadamente complejo, diverso, cambiante, comprometido.

- En bastantes ocasiones, los incentivadores de las actuaciones han de ser conscientes de que no tendrán éxito visible, al menos de forma inmediata.

- Quienes intenten educar, sea profesorado o no, necesitan creencia en lo que hacen, ser ejemplo permanente, exhibir coherencia entre lo que dice y se hace, además de una decidida disposición a la acción.

- A menudo, la formación del profesorado, de los educadores ambientales o de los gestores sobre estas cuestiones es autónoma, de ahí que quienes monitorean las iniciativas sientan una cierta inseguridad sobre lo que hacen o proponen, y cómo llevarlo a cabo.

- Hay que insistir en que los contenidos ambientales, tanto en la formación reglada como en otras actuaciones, no han logrado desprenderse de su preponderancia naturalística o física, también sobre la gestión de recursos. Ha faltado más presencia social en el contexto, personas haciendo o deshaciendo.

- La enseñanza del medioambiente como muestrario de actuaciones personales, administrativas o sociales tarda en impregnar deseos, esperanzas y compromisos; acaso puede mejorar un poco la parcial percepción ambiental y limitar el uso de recursos. En cualquier caso, las actuaciones necesitan continuidad y una evaluación rigurosa.

### ***Saberes socioambientales nuevos para momentos diferentes***

Por más que la EA apenas lleve unas décadas de andadura ya debe reconvertirse; ha de adaptarse a los nuevos tiempos. Nos atrevemos a proponer una serie de ideas para debatir por parte de las entidades de todo tipo que quieran implicarse en la EA (formal, no formal e informal):

- Lo que se proponga (cambio de hábitos, interiorización de normas, construcción de un modelos de sociedad diferente, desarrollo de capacidades) nunca debe estar alejado de la cotidianidad, ha de relacionarse con la percepción social de la cuestión a debate.

- Los contenidos (temáticas) que se trabajen, enseñen, sobre los que se practique no han de presentarse parcelados; no son aspectos unitarios sino que forman parte de conjuntos. Una lección escolar, una pretendida actuación administrativa relacionada con el medioambiente debe evidenciar la relación entre causas y efectos, razones y comportamientos, sentimientos y vida colectiva, presente y futuro.

- Los saberes buscados han de estar fijados, debatidos y acordados, previamente. Deben responder a unos objetivos concretos; mejor si son pocos.

- Lo que se enseñe y aprenda debería llevar al reconocimiento de las variadas causas de esta crisis ambiental y a la anticipación de sus consecuencias.

- La situación socioambiental actual exige que cualquier acción educativa priorice si los saberes que busca incrementar van a centrarse en: lo local y lo global, el presente y el futuro, lo particular y lo colectivo, lo urgente o no, lo importante y lo accesorio, etc.

- Estos saberes precisan unas estrategias metodológicas acordes, también cuando se realizan fuera de la enseñanza reglada.

### ***Se impone una transición de las actuaciones formativas, ya sean marcadamente actitudinales o de rescate ambiental***

El equipo que sugiera o ponga en marcha una actuación ambiental, siempre con la intención de formalizar un estilo de cultura participativa y de compromiso, debería reflexionar previamente en torno a estas cuestiones:

- En cualquier actuación de Educación Ambiental o para la Sostenibilidad hay que precisar muy bien con los participantes lo que se debería hacer, lo que se puede hacer y lo que se va a hacer; en relación con el momento presente, por su urgencia e importancia, o a posteriori.

- En toda actuación, sea formativa o no, se debería primar aquello que afecta a la dinámica relacional entre medioambiente y sociedad para posicionarse de forma crítica y comprometida.

- La EA supone una interrogación sobre la vida. Importan más los cómo y los porqués, los dónde y cuándo, antes que desentrañar el qué. Sobre esto ya hay investigaciones concluyentes que se deben conocer y divulgar.

- Cualquier actuación debería combinar reflexión con acción, para conectar problemáticas cotidianas con mejoras posibles, identificación de responsabilidades con asunción de compromisos.

- Mal que nos pese, no es Educación Ambiental o para la Sostenibilidad (EApS) todo lo que así se llama. La venta de “lo verde” ha impregnado muchas campañas interesadas en vender productos o ideas poco constructivas.

- Es preciso tener presente que EA o EApS no solo consisten en una correcta gestión ambiental. Aunque necesaria en el proceso, debe superarse de cara a la construcción de un nuevo modelo de vida, que es el asunto primordial que nos debería ocupar.

- Se han hecho cosas notables en EA, pero todavía debemos avanzar mucho más y es urgente. A la vez, el aprendizaje ambiental requiere pasos lentos, seguros y consolidados.

- Es conveniente retornar el alcance de las acciones a quienes participan en ellas, para fomentar

la pertenencia al grupo social que quiere sentir el medioambiente de otra forma. Pocas veces se hace.

### **A modo de síntesis:**

En consecuencia, ante las permanentes dudas e incertidumbres, presentes y del futuro, hay que relanzar la EA. Las incógnitas sobre el alcance de lo conseguido no deben limitarnos, más bien han de convertirse en un acicate para la acción educativa, en enseñanza reglada o en educación no formal para la ciudadanía. Esa Educación Ambiental y para la Sostenibilidad podría dialogar sobre los siguientes argumentos y convertirlos en impulsos:

- Construyamos una nueva EA en un contexto colectivo y participado, acorde con las crisis o emergencias ecosociales que tenemos planteadas.
- Atrevámonos, mediante la EA o actuaciones en el medioambiente, a enseñar a pensar, a elevar la categoría de los saberes construidos ante las situaciones problemáticas de la vida cotidiana, para acercarla a la sostenibilidad.
- Animemos a todas las personas a que abandonen su esfera de indiferencia y expresen sus puntos de vista y creencias, a que razonen sus posibles actuaciones y valoren el alcance de los propósitos individuales y colectivos.
- Ayudemos desde la EA a que cada vez más gente descubra su lugar moral en el complejo mundo colectivo, ese que pretenden englobar los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible).
- Comunicemos los resultados visibles a quienes se han empleado en la acción/información. Hagámoslos copartícipes de los/sus logros.
- Aprovechemos el papel mediador de los educadores y educadoras ambientales, poseedores de una buena formación en EA y con mucha intención transformadora. A pesar de eso, ha sido un sector muy maltratado por el parón pandémico y apenas se ha visibilizado.
- Ejercemos presión ante las administraciones y sectores económicos para que colaboren en la nueva época ecosocial que se debe abrir ahora, menos dirigida al crecimiento del PIB y más pendiente del bienestar de las personas y de la reducción de la inequidad.

Todo lo anterior no es nada más que una hipótesis, plagada de subjetividad de quien la ha formulado<sup>3</sup>. Serán los lectores y lectoras de la revista quienes encuentren acomodo a esa EA en su persona o en el trabajo que desempeñen. Pero nos gustaría terminar, apartándonos tanto de lo que decía la RAE como de otras definiciones, caracterizando lo que

nosotros llamamos “El infinito de la Educación Ambiental”. Lo expresamos el último Día Mundial de la Educación Ambiental 2021 en el blog [www.ecosdeceltiberia.es](http://www.ecosdeceltiberia.es), que utilizamos personalmente como ámbito de reflexión. Decía así:

La Educación Ambiental (EA) es variopinta en sus formas, a la vez enorme o diminuta en sus dimensiones, en sus afectos y emociones. No podría ser de otra manera pues educar sobre el medioambiente, del cual nunca se conocerán los límites, así lo requiere. La EA, tal que infinita, debe estar en todos lados; incluso estas dos ideas, extensión y dimensión cualitativa, no dejan de ser una analogía. Pero cuidado, no sea que tanto buscarla e intentar ampliarla se nos haga vaga, se vaya alejando de su sentido primero. ¿Cuál era? Por el contrario, a través de insistir en ella compartamos energía con la gente que nos acompaña; es nuestra gran pasión compartida y como tal no tiene frontera. Acaso, en una mala copia socrática, podríamos decir que en cualquier dirección que la recorramos nunca encontraremos la terminal para bajarnos. El mero intento de cambiar las reglas del mundo, ¿no es eso lo que busca la EA?, es moverse hacia el infinito, máxime si se quiere impulsar mediante la educación.

Cada día que viene es nuevo, la EA debe reinterpretarse. Siempre proceso inacabado; argumento que demasiadas veces se nos olvida, máxime en nuestra cultura tan supeditada a objetivos cuantificables. ¡Ya está logrado!, pero no. A la vez, le concedemos el mayor valor que se pueda, se trata de vivirla; no puede tener una cantidad asignable de intenciones o logros. Como también son incontables las gentes que la buscan y los caminos sobre los que transitan. ¡Qué difícil resulta dimensionar lo infinito! Nunca la EA, a nuestro pesar, podrá explicarlo todo, porque hay demasiadas cosas que escapan a la razón humana.

Tan grande es y tanto se extiende que en ocasiones la asimilamos a sostenibilidad, por eso de los ODS. También en este caso es permanente, sin fin; durable o sustentable como la caracterizan por otros lugares. Por eso quedaría mal reducirla a un signo, ese ocho volteado que representa al infinito y dicen que tiene relación con la religión o la alquimia. Es más bien una lemniscata abierta, la cinta que nunca se acaba. 26 de enero, al menos un día para dar protagonismo a la Educación Ambiental, en un calendario de innumerables hojas por escribir.

Carmelo Marcén Albero

<sup>3</sup> Pueden localizar más subjetividades del autor sobre Educación Ambiental y para la Sostenibilidad en [www.ecosdeceltiberia.es](http://www.ecosdeceltiberia.es), La Cima 2030

<https://blogs.20minutos.es/la-cima-2030/>, Ecoescuela abierta de *El Diario de la Educación* <https://eldiariodelaeducacion.com/ecoescuela-abierta/> y en Twitter [@carmelomarcen](https://twitter.com/carmelomarcen).

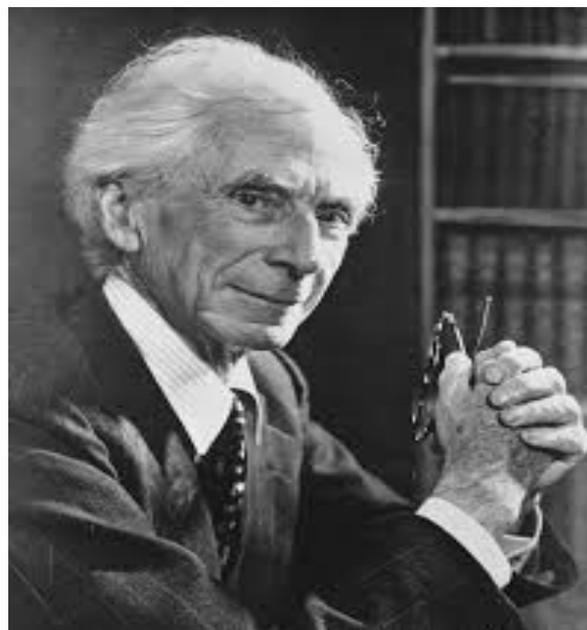


## El papel del hombre en el Medio Ambiente

María Jesús Almela  
Doctora en Ciencia por la UNED

El Medio Ambiente es el protagonista de todos los artículos publicados en esta revista. Pero, ¿qué entendemos por Medio Ambiente? Se pueden encontrar definiciones como la siguiente: "es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana". Parece entonces que no comprende al ser humano y que sólo se le tiene en cuenta por su capacidad de modificación del medio en sentido positivo o negativo. Por este motivo, me he permitido calificar para este artículo al ser humano como "el Rey".

Bertrand Russell, premio Nobel de Literatura en 1950, en su libro "New Hopes for a Changing World" sostiene que el hombre intenta ejercer una autoridad completa sobre la naturaleza y que su arrogancia solo puede conducir al desastre. Asume que los poderes humanos son muy grandes, pero no infinitos. Su planteamiento se dirige sobre todo al uso desmedido de los recursos naturales, pero bien podría ser aplicado a otros temas como la vulnerabilidad a la enfermedad. Él argumenta que gracias al conocimiento y a la técnica, los límites se hacen más pequeños, pero nunca pueden ser eliminados totalmente, concluyendo eventualmente que el hombre no es Dios. La ciencia pretende descubrir las leyes naturales mientras que la tecnología aspira a cambiarlas.



Bertrand Russell, 1959

El profesor Yuval Noah Harari, autor del libro "Sapiens: A Brief History of Mankind" considera que en la época prehistórica el ser humano ejercía un impacto mínimo en su entorno, comparable al de una medusa. Sin embargo, en la actualidad es capaz de afectar a todo el planeta. El autor se pregunta cómo se ha producido este cambio a lo largo del tiempo, cómo hemos evolucionado desde simples simios en África a controladores del mundo. Él sugiere que no es tanto por las características especiales de nuestro cerebro como por nuestra capacidad de trabajar en común en grupos muy grandes, de forma flexible y cooperativa. Las hormigas, en colonias muy numerosas, cooperan de forma muy rígida; los lobos se asocian de manera flexible pero sus manadas tienen un número limitado de miembros. Por el contrario, el ser humano puede cooperar de forma muy flexible

con un número enorme de individuos, compartiendo una serie de ideales, característica exclusiva del ser humano.

Sin embargo, en mi opinión, el ser humano no está fuera y por encima del sistema, lejos de esto, forma parte integrante del Medio Ambiente, es un elemento más, que interactúa con todos los factores que componen el planeta. A veces, se otorga un poder excesivo a la humanidad, considerándola capaz de controlar todo, pero en ese tablero de ajedrez del Medio Ambiente hay más jugadores que los dos tradicionales, de hecho, son muchos los que intentan ganar la partida.

Gran parte de la humanidad pensaba hasta ahora que sólo acontecimientos como un cataclismo solar o un enorme meteorito estrellándose sobre La Tierra serían capaces de afectar gravemente al ser humano. En esta ocasión, un pequeño e insignificante "peón" ha puesto al "rey" en jaque. El virus SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2) que causa la enfermedad llamada COVID-19, es ese peón.

Esta pandemia ha puesto en evidencia que el ser humano no es un rey absoluto de la naturaleza y que puede ser muy vulnerable. Este hecho debería hacernos replantear todas las teorías anteriormente expuestas, representativas de las creencias actuales sobre el papel del hombre en nuestro planeta.

Son muchos los esfuerzos y el dinero invertido en conseguir que las actividades humanas respeten el Medio Ambiente, materia en la que aún debemos seguir progresando, pero no debemos separar al hombre de su entorno y posicionarlo por encima del medio natural. Esta postura nos ha hecho perder de vista la capacidad que tiene la propia naturaleza de afectarnos de formas tan sencillas como son las enfermedades por microorganismos patógenos, sobre los que hemos descuidado nuestra atención.

En épocas anteriores a la globalización, el alcance de una enfermedad contagiosa era limitado, podía afectar a un pueblo, una ciudad, un país e incluso un continente, pero jamás al mundo entero.

El avance de la tecnología permite a las

personas viajar, moverse con facilidad a cualquier parte del mundo ya sea por placer en vacaciones, por estudios o por trabajo. La parte positiva de esta globalización es la libertad del individuo para compartir ideas, costumbres, información, etc., mientras que las consecuencias negativas, entre otras, son la contaminación y consumo de recursos por la utilización de los medios de transporte y la capacidad de transmitir enfermedades infecciosas.

### **Enfermedades infecciosas que afectaron gravemente a la humanidad**

En los últimos años, varias han sido las epidemias que han asolado la humanidad. Podemos enumerar algunas muy significativas:

**Gripe española.** Fue causada por el virus de la Influenza A subtipo H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> y transcurrió entre 1918 y 1919. Se originó en Estados Unidos y se propagó por Europa a través de tropas americanas que participaron en la primera guerra mundial. Su nombre fue debido a la mayor atención mediática que recibió en España al encontrarse nuestro país fuera de la contienda. Se calcula en unos 50 millones de muertes las que produjo, siendo la mayoría de jóvenes sanos entre 20 y 40 años. Incluso el rey de España en aquella época, Alfonso XIII, enfermó.

¿A quién no le recuerda la imagen siguiente al hospital habilitado en IFEMA para los enfermos de Covid-19? Más de cien años separan ambas.



Gripe española. Foto publicada por El Correo de Andalucía el 10 de abril de 2020.



Grupo de policías de Seattle durante la epidemia de gripe de 1918.  
(<https://www.lavanguardia.com/historiayvida/20200201/473229638796/cuarentena-coronavirus-gripe-contagio.html>)

**Cólera.** Enfermedad producida por la bacteria *Vibrio cholerae*, serotipos O<sub>1</sub> y O<sub>139</sub> que comenzó en el sur de Asia en 1961. La última pandemia es la séptima conocida. Hay entre 1.3 y 4 millones de afectados en el mundo, alcanzando entre 21.000 y 143.000 muertos.

**Peste negra (bubónica).** Se han producido varios brotes a lo largo de la Edad Moderna, sobre todo entre 1588 y 1600. La peste negra de Sevilla de 1649 dejó a su paso unas 60.000 víctimas en la ciudad, aproximadamente un 46% de la población en aquel entonces. Está causada por la bacteria *Yersinia pestis*. Los roedores portan la enfermedad y se propaga a los humanos por medio de sus pulgas. Los bubones, que dan nombre a esta peste, son ganglios linfáticos aumentados de tamaño y muy dolorosos que se encuentran cerca de la picadura de la pulga. La peste negra tiene una mortalidad del 50%-90% sin tratamiento antibiótico y entre el 10%-20% con tratamiento.

**Gripe asiática.** Es causada por el virus de la Influenza A subtipo H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>. Surgió en China en 1957 y dejó unos 2 millones de muertos hasta que en 1958 apareció una vacuna que controló la enfermedad.

**Gripe de Hong Kong.** El agente patógeno es el virus de la Influenza A subtipo H<sub>3</sub>N<sub>2</sub> y causó 1 millón de muertos hasta la aparición de una vacuna en 1969.

**SIDA.** El responsable es el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) que se dio a conocer en los años 80. Hasta finales de 2018 habían fallecido, según la ONU, 32 millones de personas por enfermedades asociadas a este síndrome.

**Viruela.** Está causada por el virus de la Variola. Se considera que, a lo largo de los años, causó millones de muertos en brotes periódicos. El descubrimiento de una vacuna para la viruela en 1796 fue clave para el final de esta enfermedad que tenía una tasa de mortalidad del 30%. Su aparición es muy antigua, se han encontrado momias egipcias del siglo III a.C. con signos de haber padecido viruela. Esta enfermedad se consideró erradicada en 1980 por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**Ébola.** Está producida por el virus Ébola. Fue descubierto en 1976. Entre 2014 y 2016 se produjeron en África 28.000 contagios y 11.000 muertes. Aunque el mayor daño lo produjo en África también afectó a otros continentes. No hay todavía un tratamiento aprobado, pero existe una vacuna muy prometedora.

**Gripe porcina o nueva gripe A.** El agente causante es el virus Influenza A subtipo H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> y se extendió por todo el mundo entre 2009 y 2010. La letalidad fue baja en comparación con el elevado número de personas infectadas, entre 150.000 y 570.000 víctimas tras infectar entre el 11% y el 21% de la población mundial. En 2009 apareció una vacuna que produce una buena respuesta inmune. Además, se puede suministrar tratamiento con zanamivir y oseltamivir.

**Zika.** El virus Zika se transmite por el vector mosquito del género *Aedes*. Su primer brote se produjo en 2007, en la isla de Yap (Micronesia). Se ha asociado con el síndrome de Guillain-Barré y microcefalia en bebés. Actualmente no hay vacuna ni tratamiento específico.

**Fiebre amarilla.** La causa un virus del género *Flavivirus* y se transmite por la picadura de mosquitos del género *Aedes* y *Haemogogus*. Recibe su nombre porque los pacientes presentan ictericia por daño hepático y muestran un color amarillento. Es endémico en zonas tropicales de África, América Central y Sudamérica. No hay tratamiento específico, pero en cambio se dispone de una vacuna eficaz.

**MERS** (Middle East Respiratory Syndrome). Causado por el coronavirus MERS-CoV, que fue detectado por primera vez en Arabia Saudita en 2012. El reservorio del virus es el dromedario. No se conoce

tratamiento específico ni vacuna.

**SARS** (Severe Acute Respiratory Syndrome). Producido por el coronavirus SARS-CoV y que fue informado por primera vez en la provincia China de Guangdong a mediados de noviembre de 2002. Se reconocieron unos 8.000 infectados y 916 muertes. Se erradicó en 2003 por rastreo intensivo y aislamiento. No existe vacuna ni tratamiento específico.

**COVID-19.** Está causado por el coronavirus SARS-CoV-2. No se conoce tratamiento ni vacuna. En octubre de 2020 se contabilizan más de 34,6 millones de casos y más de un millón de muertos en todo el mundo. Por desgracia, a fecha de escritura de este artículo, se desconoce cuál va a ser la evolución de esta enfermedad ni las cifras finales de afectados.

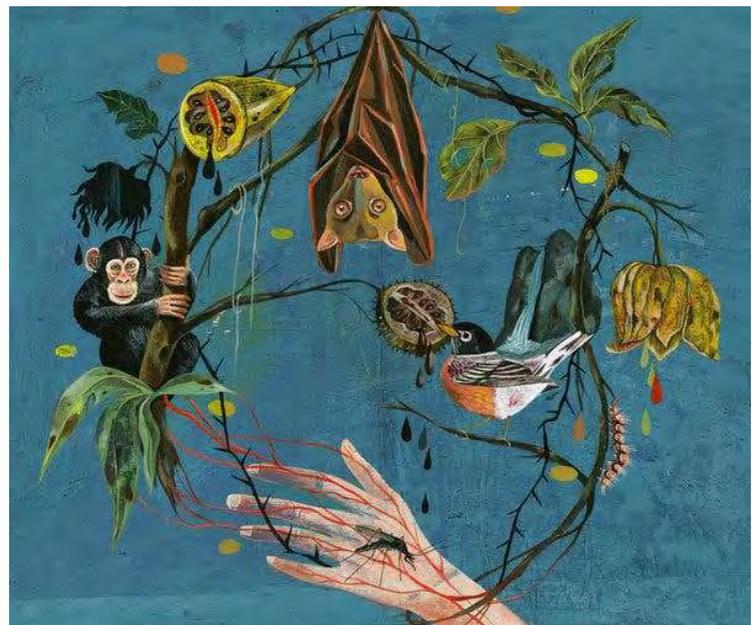
No podemos olvidar otras enfermedades infecciosas que, por su permanencia a lo largo del tiempo y por afectar a países poco desarrollados, no son ya noticia. Me refiero a la **malaria**, la **tuberculosis** y las enfermedades causadas por **kinetoplástidos**. La mortalidad y la morbilidad por su causa son altísimas. Existe tratamiento para ellas, pero el largo tiempo que llevan afectando a la humanidad ha proporcionado a los microorganismos causantes la posibilidad de mutar y originar infecciones que no responden a los tratamientos tradicionales ya que han desarrollado resistencia a las drogas conocidas. Esta situación, si no se identifican nuevos medicamentos, nos puede llevar al punto original en el que no se disponía de drogas para su tratamiento lo cual sería de extrema gravedad.

### **¿Existe alguna relación entre la emergencia de estas enfermedades y factores medioambientales?**

Las modificaciones humanas sobre el Medio Ambiente son tan relevantes que algunos autores consideran que La Tierra ha entrado en una nueva época geológica llamada Antropoceno. Estos cambios se producen como consecuencia de la pretensión humana de satisfacer sus necesidades y mejorar su bienestar. De acuerdo con la OMS, las amenazas medioambientales a la salud humana incluyen el cambio climático, disminución del ozono estratosférico,

cambios en los ecosistemas debido a la pérdida de biodiversidad, invasión de espacios salvajes, cambios en los sistemas hidrológicos y suministros de agua potable, degradación del suelo, urbanización de grandes megápolis, sobreexplotación de la tierra por los sistemas de producción de alimentos, globalización acelerada y las migraciones sin control. Las interacciones entre la fauna salvaje, los animales domésticos y los humanos están consideradas como causas potenciales de importantes brotes a nivel global. Las interacciones entre huésped y patógenos están fuertemente influidas por las características medioambientales.

Recientemente se ha generado un nuevo término científico, el **Ambioma**, que se define como el conjunto de elementos no genéticos, cambiantes, que rodean al individuo y que junto con el genoma conforman el desarrollo y construcción del ser humano o pueden determinar la aparición de una enfermedad.



Interacciones entre distintas especies que favorecen el salto de patógenos entre ellas. Imagen obtenida en: <https://www.nytimes.com/2012/07/15/sunday-review/the-ecology-of-disease.html>

Los viajes y los transportes de mercancías se han convertido en el mayor riesgo de propagación de las enfermedades infecciosas. Es, por lo tanto, muy urgente el establecimiento de políticas que contribuyan a la mitigación de la transmisión de enfermedades entre humanos y otras especies.

El efecto de la modificación inapropiada del Medio Ambiente sobre la emergencia y propagación de nuevas

enfermedades infecciosas es muy evidente. Por mencionar algunos ejemplos, se pueden citar los siguientes: el calentamiento global que aumenta la incidencia del Dengue y Zika ya que los mosquitos vectores de estas enfermedades han traspasado el área donde inicialmente vivían alcanzando hasta más de la mitad de EEUU; los virus de la gripe H<sub>5</sub> que son de alta patogenia, se han diseminado desde Asia al resto del mundo por la migración natural de los pájaros y por el transporte de aves domésticas. La construcción de megaciudades pobladas por millones de habitantes hacinados, tienen consecuencias negativas en términos epidemiológicos como fue el caso de la ciudad de Wuhan. El deterioro del Medio Ambiente no solo influye sobre la emergencia y propagación de enfermedades infecciosas, está relacionado con otros daños sobre la salud como el cáncer por sustancias nocivas de atmósferas contaminadas o por la excesiva radiación ultravioleta debida a la disminución de la capa de ozono estratosférico, siendo éstas otras muestras de los devastadores efectos de malas políticas ambientales, pero estas últimas serían objeto de otro análisis.

En el nuevo cuaderno del Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE) "Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad", publicado en febrero de 2020, se concluye que el crecimiento de las ciudades, el cambio climático, la destrucción de los hábitats naturales, la globalización del transporte de personas y animales y el posible desarrollo de armas biológicas son factores que explican que el número de brotes epidémicos anuales se hayan triplicado desde 1980.

En dicho cuaderno, se menciona una cita del microbiólogo Hans Zinsser (1878-1940), profesor de Harvard y coronel médico durante la Primera Guerra Mundial, en su obra "Rats, Lice and History" publicada en 1935, que dice así: "Los soldados rara vez han ganado guerras. Con frecuencia, se acaban después del aluvión de epidemias. Y el tifus –con sus hermanos y hermanas, la peste, el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería– han decidido más campañas que César,

Aníbal, Napoleón y todos los caudillos de la historia. Las epidemias cargan con la culpa de la derrota, los generales con el crédito por la victoria".

Otro ejemplo muy significativo fue la influencia de la fiebre amarilla, transmitida por mosquitos y endémica en América, en el desarrollo de las Cortes de Cádiz, entre 1810 y 1814, mientras se redactaba la Constitución liberal. Provocó la interrupción de varios periodos de sesiones, coincidiendo con un brote de viruela en 1812. Se produjeron algunos fallecimientos de diputados (Mejía Lequerica y el catalán Capmany) lo que produjo la huida de Cádiz de varios diputados y el posterior traslado a Madrid de las últimas sesiones, antes del golpe absolutista del rey Fernando VII en 1814.

Como vemos, es innegable la influencia de las epidemias, no sólo sobre la salud sino sobre la economía, la política e incluso sobre el destino de contiendas armadas.

### **¿Cuáles son los agentes patógenos responsables de epidemias que aparecen con más frecuencia?**

Analizando el resumen presentado anteriormente de epidemias y pandemias relevantes en la historia reciente, a pesar de la variedad de los agentes patógenos descritos, podemos establecer que los virus son muy frecuentes y dentro de ellos, los virus influenza y los coronavirus son muy habituales, se repiten de forma recurrente.

Los animales son fuentes de patógenos que pueden infectar a personas. El virus influenza de la gripe española, la gripe aviar y porcina, los coronavirus del MERS, el SARS y el COVID-19 y lentivirus como el VIH que causa el SIDA pueden tener un origen común: un virus exclusivo de poblaciones animales que muta, se adapta al ser humano en un primer paciente 0 y de ahí se propaga como nuevo patógeno para los humanos.

En 2015, la OMS elaboró una "lista de enfermedades prioritarias". Es una herramienta especial para identificar patógenos que representan un riesgo para la salud pública debido a su potencial epidémico y para los cuales no existen, o son insuficientes, los planes de contramedidas. En 2018 se hizo una revisión de esta lista compuesta en su

totalidad por enfermedades causadas por virus y que quedó como sigue:

- Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo
- Enfermedad del virus del Ébola y enfermedad del virus de Marburgo
- Fiebre de Lassa
- Síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS-CoV) y síndrome respiratorio agudo severo (SARS)
- Nipah y enfermedades henipavirales
- Fiebre del Valle del Rift
- Enfermedad del virus del Zika
- Enfermedad X

La "Enfermedad X" se refiere a la posibilidad de la emergencia de un nuevo patógeno hasta ahora desconocido capaz de desatar una pandemia grave y que la estrategia para enfrentarse a él necesitaría de la preparación transversal de los Sistemas de Salud mundiales. La OMS recomienda a la comunidad internacional que se prepare ante este escenario catastrófico incógnita al que creo que ya podemos poner nombre: COVID-19.

COVID-19 es una llamada para alertarnos. Debemos exigir más reconocimiento e inversión en proyectos de investigación por parte de los gobiernos. Las empresas farmacéuticas desarrollan proyectos que pueden revertir en beneficios a corto o medio plazo, no dejan de ser negocios en los que los accionistas exigen réditos a su inversión, por lo que no debemos depender exclusivamente de este sector para proteger nuestra salud.

Lo cierto es que la crisis de la COVID-19 nos recuerda lo poco preparado que está el mundo para detectar y responder a enfermedades infecciosas emergentes. Debemos realizar inversiones inteligentes para controlar la COVID-19 y preparar un sistema científico y sanitario que nos permita enfrentarnos a las futuras pandemias. Nuestra muy limitada capacidad de respuesta ha puesto de manifiesto la deficiencia de nuestro sistema frente a nuevas enfermedades infecciosas. Esta deficiencia ha persistido a pesar de las muchas epidemias padecidas acontecidas a lo largo de la historia reciente. Corregir esta situación no será fácil. Algunos gobiernos están centrados

en manejar la crisis actual, llevando a cabo limitadas inversiones (si alguna) dirigidas a reducir la posibilidad de sufrir futuras pandemias. Las inversiones en medidas preventivas, cuyo éxito es invisible en un corto plazo de tiempo, son mínimas. Sin embargo, ahora es el momento de actuar. El mundo ha visto casos repetidos de lo que el ex presidente del Banco Mundial Jim Kim ha llamado un ciclo de "pánico, negligencia, pánico, negligencia", en el que el terror creado por un brote de enfermedad nos hace retroceder. Algunos están llamando a la crisis de la COVID-19 un evento que ocurre cada 100 años, pero el mundo actual nada tiene que ver con el mundo hace 100 años. Por tanto, no podemos descartar a la COVID-19 como la antesala del surgimiento de nuevas pandemias globales de gravedad desconocida. La COVID-19 nos urge a actuar en prevención, no a adoptar posiciones pasivas respecto a la salud mundial. Si el escenario actual con la COVID-19 ya es demoledor, no debemos permitir que esta situación se repita. ¿Qué pasará si la siguiente enfermedad tiene una tasa de mortalidad aún mayor o más efectos a largo plazo sobre los pacientes recuperados? Desgraciadamente, la COVID-19 nos ha mostrado que no debemos subestimar a los patógenos de nueva emergencia.

## Conclusiones

Este artículo se podría resumir en varios puntos fundamentales:

- El ser humano debe ser considerado como parte integrante del Medio Ambiente y como tal desarrollarse de forma equilibrada y sostenible en el mismo.
- Las modificaciones de nuestro entorno pueden suponer un aumento del riesgo de emergencia y propagación de nuevas enfermedades.
- Los gobiernos deben planificar inversiones para la investigación sobre el coronavirus que actualmente nos ataca y también sobre otras nuevas enfermedades que pueden surgir en un futuro no muy lejano.
- Si queremos conservar el Medio Ambiente y disfrutar de él, también hay

que cuidar a la humanidad, de la que formamos parte y que, junto con sus defectos, también tiene grandes virtudes que se ponen más en evidencia en situaciones tan difíciles como la crisis de la COVID-19.

o Debemos protegernos en ese tablero de ajedrez, donde todos quieren ganar y sobre el que se disputa una batalla continua entre microorganismos patógenos y el ser humano, sometidos a la influencia de "piezas" tan importantes como los factores ambientales.

Estamos a tiempo de evitar que el próximo movimiento de la partida acabe en un **jaque-mate** a la humanidad.



Paremos la emergencia de nuevos patógenos Imagen obtenida de <https://www.the-scientist.com/the-nutshell/cancer-fighting-chemical-found-in-human-skin-bacteria-30005>

## Referencias consultadas

<https://www.rtve.es/noticias/20201003/mapa-mundial-del-coronavirus/1998143.shtml>

<https://www.retema.es/noticia/asi-influyen-los-cambios-medioambientales-en-la-aparicion-de-nuevas-enfermedades-u9dB3>

<https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/Patologia-factores-enfermedades-infecciosas>

[http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_informativos/2020/DIEEEI06\\_2020JOSPUE\\_epidemias.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2020/DIEEEI06_2020JOSPUE_epidemias.pdf)

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever>

<https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-brotes-epidemicos-causados-medio-ambiente-no-evolucion-20140805091033>

Salmonellae in the Environment. July 2012. DOI: 10.5772/28201. In book: Salmonella - Distribution, Adaptation, Control Measures and Molecular Technologies (pp.19-50) Edition: 1 Chapter: Salmonellae in the Environment Publisher: Intech Open Editors: Annous, B, Gurtler, J. B

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fko.wikipedia.org%2Fwiki%2F%25ED%258C%258C%25EC%259D%25BC%3ABertrand\\_Russell\\_1957.jpg&psig=AOvVaw3CTTvGJgPUjeqBSp8-vhj&ust=1601745600712000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxaFwoTCIDF5sG1luwCFQAAAAAdAAAAABAJ](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fko.wikipedia.org%2Fwiki%2F%25ED%258C%258C%25EC%259D%25BC%3ABertrand_Russell_1957.jpg&psig=AOvVaw3CTTvGJgPUjeqBSp8-vhj&ust=1601745600712000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxaFwoTCIDF5sG1luwCFQAAAAAdAAAAABAJ)

<https://www.elespectador.com/noticias/ciencia/en-musica-el-sars-cov2-no-parece-tan-agresivo-asi-se-escucha-el-nuevo-coronavirus-articulo-913743>

Importancia de factores "biomateriales" en la trayectoria de las civilizaciones. Medio Ambiente y Sociedad. Emilio Luque Pulgar y Cristóbal Gómez Benito (UNED) marzo 2007

[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/middle-east-respiratory-syndrome-coronavirus-\(mers-cov\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/middle-east-respiratory-syndrome-coronavirus-(mers-cov))

[https://elpais.com/sociedad/2014/02/03/actualidad/1391456927\\_662227.html](https://elpais.com/sociedad/2014/02/03/actualidad/1391456927_662227.html)

<https://es.wikipedia.org/wiki/SARS-CoV>

[https://www.consalud.es/pacientes/especial-coronavirus/sars-cov-2-septimo-coronavirus\\_77254\\_102.html](https://www.consalud.es/pacientes/especial-coronavirus/sars-cov-2-septimo-coronavirus_77254_102.html)

Severe acute respiratory syndrome (SARS). Weekly Epidemiol Rec, 78 (2003), pp. 81-3

<https://theconversation.com/asi-influyen-los-cambios-medioambientales-en-la-aparicion-de-nuevas-enfermedades-131778>

<https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2011.v28n1/109-115/>

[https://eacnur.org/blog/epidemia-pandemia-las-mas-destacadas-los-ultimos-tiempos-tc\\_alt45664n\\_o\\_pstn\\_o\\_pst/?tc\\_alt=47342&n\\_o\\_pst=n\\_o\\_pst&n\\_okw=b\\_c\\_52693938160&qclid=EALaQobChMlwqLs5Xe6AIVVfhRCh2Lww2gEAAYASAAEgLOjvD\\_BwE](https://eacnur.org/blog/epidemia-pandemia-las-mas-destacadas-los-ultimos-tiempos-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/?tc_alt=47342&n_o_pst=n_o_pst&n_okw=b_c_52693938160&qclid=EALaQobChMlwqLs5Xe6AIVVfhRCh2Lww2gEAAYASAAEgLOjvD_BwE)

<https://www.laopinioncoruna.es/vida-y-estilo/salud/2020/03/10/epidemias-triplican-megaciudades-clima/1484788.html>

Cuadernos de Estrategia 203. Emergencias pandémicas en un mundo globalizado: amenazas a la seguridad. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Ministerio de Defensa. ISBN: 978-84-9091-450-2. Febrero 2020.

# El Cambio Climático y los Refugiados Ambientales

Clara Bañares Marín

Graduada en Economía y Finanzas (UAM)

Estudiante del Máster en Paz, Seguridad y Defensa, Instituto General Gutiérrez Mellado (UNED)

*“El cambio climático es la crisis determinante de nuestro tiempo y afecta especialmente a las personas desplazadas”.* Así explica Andrew Harper, asesor especial de ACNUR sobre acción climática, cómo el calentamiento global es causa de desplazamiento, y resulta vital adoptar medidas decisivas de forma urgente.



1- Caravana de sal en Danakil (Etiopía)

En los últimos años, los desastres naturales han provocado más de 25 millones de desplazamientos en 140 países. Sin una acción climática firme y decidida, los desastres naturales van a aumentar considerablemente el número de personas desplazadas que necesitarán ayuda humanitaria.

Pero, la pregunta que debe hacerse es ¿Son refugiados o migrantes?. Los medios de comunicación usan con mucha frecuencia el término “refugiado ambiental”, pero la Convención sobre los Refugiados de 1951 no incluye ninguna disposición sobre personas desplazadas debido al cambio climático. Evaluar el efecto del cambio climático en las migraciones humanas es complicado. Norman Meyers planteó uno de los cálculos más admitidos sobre la migración forzada, augurando un desplazamiento de hasta 200 millones de personas desplazadas, en el año 2050, debido a las alteraciones medioambientales (sequías, monzones, inundaciones...). Dicho de otra manera, una de cada 45 personas, en 2050, se verá afectada por el cambio climático y abandonarán sus ciudades.

Los datos existentes permiten pensar que la migración por motivos medioambientales será uno de los principales problemas políticos de los próximos años, siendo imprescindible una gestión y planificación correcta para la seguridad humana.

Los países peor preparados para gestionar estas situaciones reciben misiones políticas u operaciones especiales de mantenimiento de la paz, ya que la influencia del cambio climático suele agravar los conflictos, generar enfrentamientos y aumentar su fragilidad.

Estos cambios medioambientales son un desafío y afectan de diversas formas: a) reducen el potencial agrícola; b) provocan desplazamientos masivos. Todo ello incrementa la inseguridad alimentaria y presiona los servicios sanitarios y educativos. Por ello, es urgente actuar a todos los niveles y tomar decisiones acertadas para anticiparse. Hasta la fecha, la migración por motivos medioambientales ha pasado desapercibida de forma general. Su complejidad y los problemas sobre la definición de “migrante medioambiental”, han paralizado en cierta medida la concienciación sobre el tema y una actuación con la debida rapidez.



2- Colmenas en Mekele (Etiopía)

El marco legal mundial de protección internacional para refugiados se puede aplicar a todos los que atraviesan una frontera forzados por los desastres naturales en un

escenario de conflicto, violencia y/o persecución. Estas personas pueden considerarse refugiadas en el marco de la Convención sobre los Refugiados de 1951. Aunque no existen refugiados climáticos per se, la Convención sobre los Refugiados de 1951 se pueda aplicar a determinadas situaciones originadas por desastres naturales. La colaboración internacional y una gestión medioambiental adecuada son fundamentales para mitigar este fenómeno. A falta de medidas correctivas adecuadas, muchos países en desarrollo sufrirán una compleja combinación de inseguridad alimentaria, degradación generalizada del territorio, focos de poblaciones pobres difíciles de gobernar y migraciones a gran escala.



### 3- Construyendo un país, Turmi (Etiopía)

Las zonas más vulnerables son las islas, como Mozambique, las zonas áridas de América del Sur y Central, el Golfo de Bengala, el Sahel y Asia Central.

Es evidente que la ayuda humanitaria es necesaria, pero la mayor carga recae en los países menos desarrollados, por lo que es importante inculcar la idea del control nacional, identificando las siguientes prioridades a modo de respuesta coordinada internacionalmente:

- Identificar y entender el problema
- Mitigar las principales causas del problema
- Garantizar la adaptación al cambio climático
- Gestionar mejor las migraciones medioambientales
- Integrar políticas y actuaciones humanitarias
- Planificar anticipadamente las actuaciones

Sin embargo, es difícil resolver el problema con los pequeños cambios desde el exterior. Es necesario afrontar los desafíos con una mayor colaboración internacional. Y, para pasar a la acción, se debe aumentar la inversión destinada a reducir los riesgos de catástrofes, garantizar rápidas y apropiadas respuestas ante una catástrofe, invertir en mejorar los sistemas de detección y mitigar el cambio climático.

Se necesita un enfoque integral en el que las metodologías de adaptación y los derechos humanos vayan alineados. Se debe desarrollar un marco internacional adecuado y promover el derecho mediante una nueva normativa internacional.



### 4- Niños nómadas de la étnia Dasaneck (Etiopía)

Esta situación ofrece la oportunidad de reforzar la cooperación internacional y buscar soluciones globales que resuelvan problemas globales como los desplazamientos masivos y los conflictos.

El problema es de tal envergadura que debemos desarrollar una agenda política global de investigación basada en la cooperación internacional.

## Agradecimientos

Fotos cedidas para este artículo, con mucho cariño, por Pepo Prieto (CSIC).

## Referencias

<http://www.interior.gob.es/web/servicios-al-ciudadano/normativa/acuerdos-y-convenios/convenion-y-protocolo-sobre-el-estatuto-de-los-r>

Convención sobre los Refugiados de 1951.  
<https://www.refworld.org/es/docid/47160e532.html>

Pacto mundial sobre los refugiados.  
<https://www.acnur.org/pacto-mundial-sobre-refugiados.html>

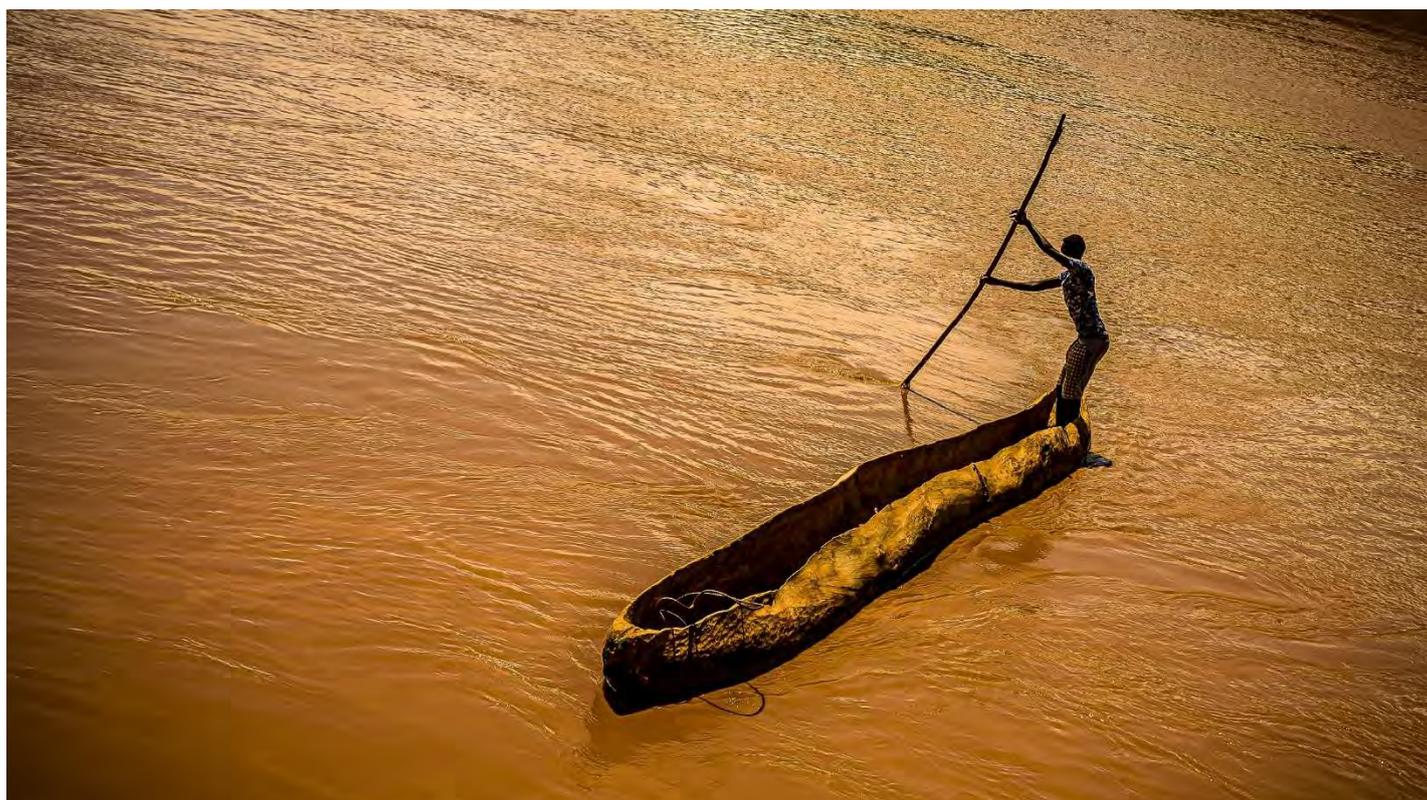
Norman Myers, Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century, The Royal Society, 601-613 (2001)

GRID 2020. Informe Mundial sobre Desplazamiento Interno  
<https://migracionesclimaticas.org/que-son-las-migraciones-climaticas/>

<https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2020/spanish.html>

Foro mundial sobre los refugiados.  
<https://www.acnur.org/foro-mundial-sobre-refugiados.html>

ACNUR ESPAÑA.  
<https://www.acnur.org/noticias/noticia/2020/11/5fc5dcb54/el-cambio-climatico-es-la-crisis-determinante-de-nuestro-tiempo-y-afecta.html>



5- Cruzando el río Omo (Etiopía)

# Catalizando el Cambio hacia el Equilibrio

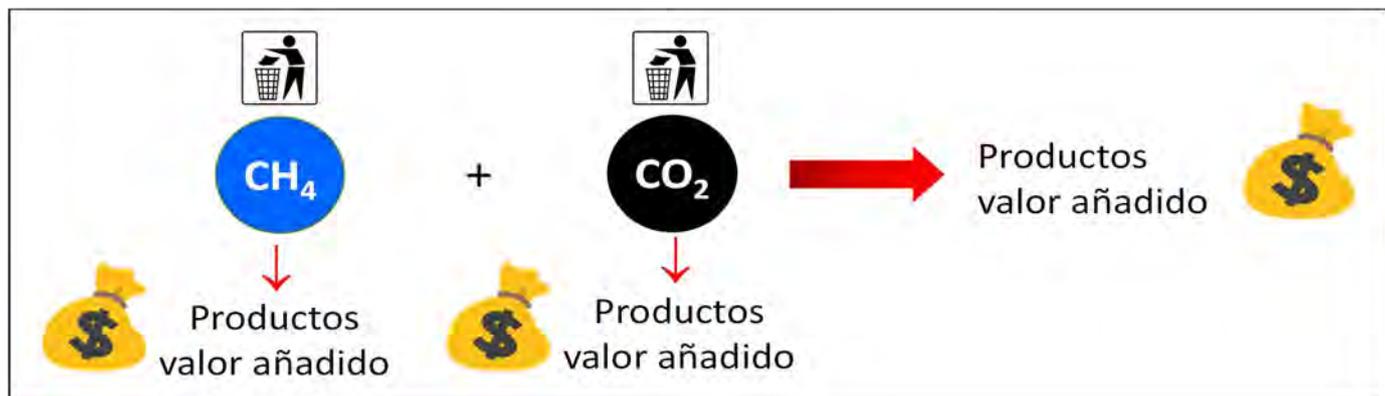
Olvido Irrazábal Moreda,<sup>1</sup> Francisco Ivars Barceló.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Química Inorgánica y Química Técnica, Facultad de Ciencias de la UNED

Yo quiero cambiar el mundo. No me malinterpretéis, me encanta el planeta Tierra tal y como yo lo he conocido, y lo que quiero es contribuir a conservarlo. Para ello, he escogido la química. El momento en que lo decidí fue aquel en el que me topé con una foto de un oso polar en el periódico. La noticia trataba sobre el cambio climático, y el oso se sostenía sobre un bloque de hielo con el espacio justo para él, flotando sobre el agua procedente del deshielo. En ese momento pensé: yo quiero salvar al oso, yo quiero cambiar el curso que sigue el mundo. Y fue con esta idea, y poca base sobre la realidad de la investigación, con la que me planté en el despacho de quien iba a ser el tutor de mi Trabajo de Fin de Grado en la UNED, y quien actualmente es también el director de mi Trabajo de Fin de Máster. Unidas mis buenas intenciones con mi poca experiencia en el laboratorio, fue él quien me ayudó a descubrir el potencial que tiene el desarrollo de catalizadores

para contribuir a frenar el cambio climático. Hasta hace unos meses, más allá de las asignaturas de experimentación del grado, mi experiencia práctica se limitaba a una estancia en la Universidad Adam Mickiewicz, en Polonia, donde me encontré por primera vez con el campo de la catálisis heterogénea, campo que identifiqué como una potencial pasión. Con todo esto, pude unir los puntos necesarios para emprender con fuerza el camino hacia mi impacto en el mundo.

Así, después de realizar mi TFG académico sobre la revalorización de metano mediante procesos de catálisis heterogénea, he iniciado mi investigación sobre el mismo tema, en el laboratorio, dentro del contexto de mi trabajo fin de máster en la UNED. Nuestro objetivo, contribuir a evitar que los gases que más contribuyen al cambio climático, como son el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CH}_4$ , se puedan utilizar como materia prima para producir productos de valor añadido, evitando así que se emitan a la atmósfera (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema de objetivo ideal que catalizaría el cambio hacia una economía circular real.

Parece un tema tan sencillo de explicar, tan básico de plantear y, sin embargo, supone en realidad un enorme reto para la ciencia. Y es que esas dichas moléculas que contaminan nuestro ambiente son además tan estables que activarlas para que reaccionen es tremendamente complicado. He aquí donde la catálisis nos puede ofrecer su gran potencial y, tratándose de cuidar el medio ambiente, mejor nos decantamos por la heterogénea, ya que facilita la separación de reactivos y productos y el reciclado del catalizador, favoreciendo un desarrollo más sostenible.

El campo en cuestión resulta infinito en cuanto a oportunidades de investigación, para todo aquel que le interese.

Como hemos mencionado, el metano es el segundo gas de efecto invernadero más abundante y, aunque su concentración en la atmósfera es menor que el famoso dióxido de carbono, su efecto sobre el calentamiento global es unas 25 veces más potente. Es además el gas más abundante en la corteza terrestre, siendo el principal componente del gas natural que calienta tu casa en los meses más fríos, y sin embargo es un recurso apenas explotado como materia prima a nivel industrial debido a la ausencia de procesos eficientes para su transformación.

El reto consiste en la conversión directa del metano en productos, preferiblemente líquidos en condiciones normales, y útiles en la producción compuestos y materiales aplicados. Algunas de las moléculas más evidentes son el metanol o el formaldehído, aunque existen muchas otras (Figura 2). Hoy en día, estas y otras moléculas se pueden obtener de metano, mediante procesos indirectos que implican la formación del intermedio conocido como gas de síntesis (mezcla de  $H_2$  y  $CO$ ). Sin embargo, una ruta directa, todavía inexistente, continúa siendo el reto que nuestro medio ambiente necesita, en términos de eficiencia energética y

sostenibilidad.

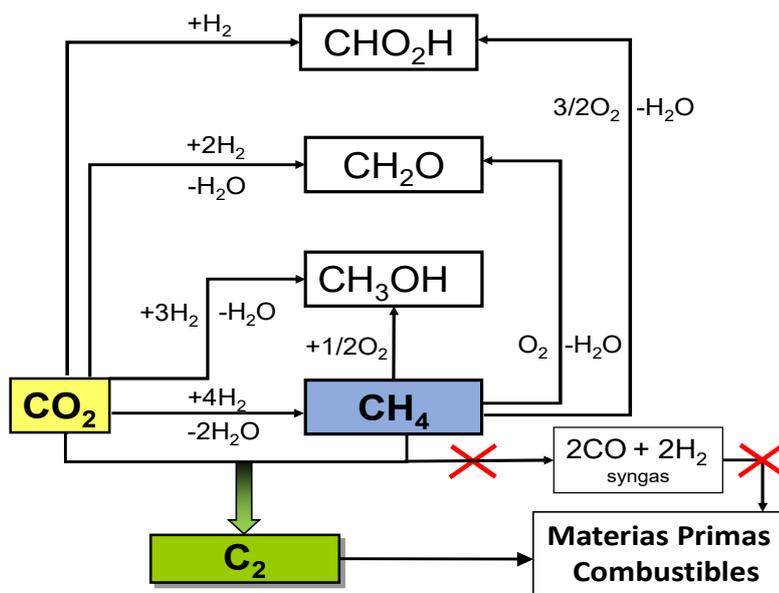


Figura 2. Esquema de las posibles vías de transformación directa de metano y dióxido de carbono en compuestos de valor añadido.

Más allá de la producción de energía, el metano tiene un gran potencial para convertirse en la fuente principal para la producción de compuestos químicos, especialmente combustibles.

Pero para poder transformar esta molécula de manera directa es necesario desarrollar catalizadores suficientemente activos y selectivos a temperaturas de reacción relativamente bajas, que minimicen los procesos de combustión, termodinámicamente más favorecidos. Entre otros, los óxidos metálicos son un grupo de compuestos que han mostrado resultados prometedores en este cometido. Los óxidos metálicos han demostrado actividad en las reacciones de transformación de metano, como la descomposición termocatalítica (TCD) para la producción de hidrógeno, las reacciones de acoplamiento oxidativo (OCM) para la producción de etileno, la deshidroaromatización para la producción de benceno e hidrógeno (MDA), la halogenación o la oxidación parcial. El metano se adsorbe en la superficie de estos materiales donde el enlace C-H puede ser activado. Son varios los factores que influyen en la activación de este enlace, como la diferencia de energía entre los orbitales del metal y los

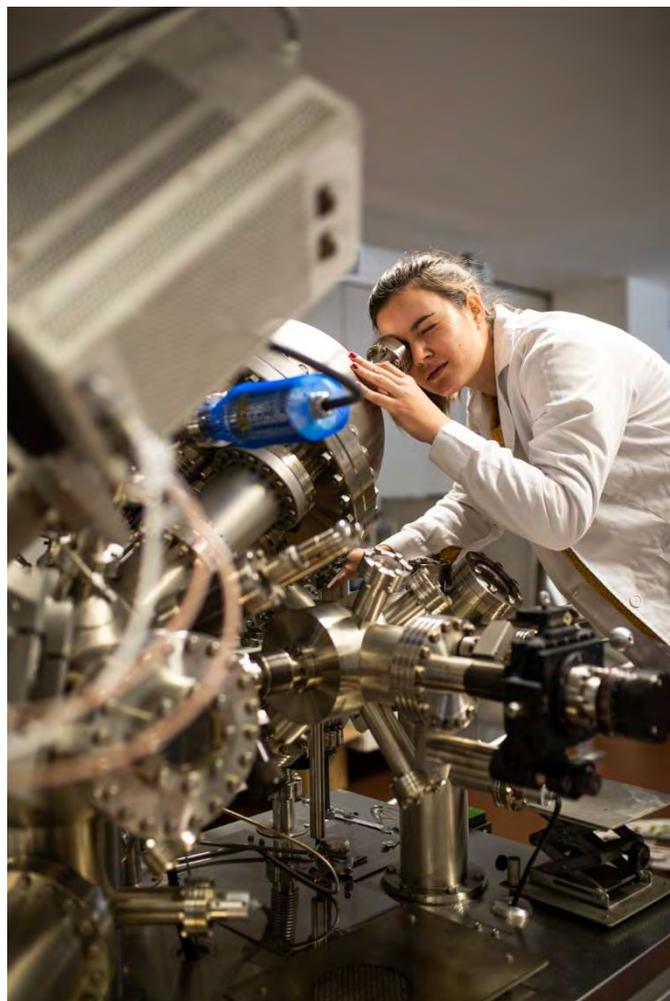
del metano, el solapamiento entre los mismos en función de la distancia entre los átomos, la superficie y geometría del óxido metálico, su composición química y la presencia de dopantes. Estos y otros factores se pueden tratar de controlar mediante condiciones y estrategias de síntesis de los catalizadores.

Se están obteniendo resultados muy alentadores en este campo. Es sólo una cuestión de tiempo que cada vez más investigadores se sumen al reto de desarrollar nuevos materiales para lograr procesos eficientes que contrarresten el daño que está sufriendo nuestro planeta. Es sólo cuestión de tiempo que seamos mayoría los que no queremos cambiar el mundo, sino el curso que éste sigue, para poder disfrutarlo más y mejor, para que lo hagan nuestros hijos y nuestros nietos. Desde el equipo de investigación de la UNED, ya hemos comenzado a recorrer el camino.

**Epígrafe:** *me siento muy afortunado de tener a Olvido en el equipo. Su motivación y determinación son algunas de las cualidades que la han llevado donde está, y la harán llegar mucho más lejos.*

**Agradecimientos:** al Programa "Atracción y Retención de Talento Investigador (Modalidad 1)" de la Comunidad de Madrid (Proyecto: 2017-T1/IND-6025).

\* franciscoivars@ccia.uned.es



**Figura 3.** Avistando el camino hacia el cambio, fotografía propiedad de la UNED.



<http://laantartida.unizar.es>

Javier del Valle Melendo. Centro  
Universitario de la Defensa  
César Marina Montes. Universidad  
de Zaragoza  
Jorge O. Cáceres Gianni.  
Universidad Complutense de Madrid  
Jesús Manuel Anzano Lacarte.  
Universidad de Zaragoza

La sola mención de la Antártida evoca lugares lejanos llenos de leyenda, misterio, aventura y épica en un medio hostil, carente de vida humana. Lugares cuya visita queda restringida a unos pocos no sólo por la lejanía, sino por las limitaciones al turismo y la dedicación prioritaria a actividades de investigación y de presencia militar de los asentamientos allí situados.

Se trata de un continente inmenso, de 14 millones de kilómetros cuadrados, muy masivo en su morfología pero del que se proyecta hacia el Norte la Península Antártica que parece querer aproximarse al extremo meridional de América del Sur. Entre el punto más septentrional de esta península Antártica y el más meridional de América se extiende el mar de Hoces, en honor al marinero español Francisco de Hoces que lo descubrió en el siglo XVII, aunque el mundo anglosajón se empeña en denominarlo de otra manera. En esta zona se localiza el archipiélago de las islas Shetland del Sur, donde se encuentran las dos bases españolas antárticas: la Juan Carlos I en la isla Livingstone, y un poco más al sur la base Gabriel de Castilla en la isla Decepción.

# INVESTIGAR EN LA ISLA ANTÁRTICA DECEPCIÓN

Es una isla de pequeño tamaño, unos 72 km<sup>2</sup> cuyo nombre, según la leyenda, hace referencia a la decepción que sufrían los que buscaban en ella un supuesto tesoro allí escondido por el pirata Francis Drake. Sin duda los tesoros de la misma no son monetarios ni en forma de joyas. Según otros su nombre viene de la forma engañosa de isla maciza vista desde el exterior cuando en realidad se organiza en torno a una gran bahía, pues la isla es un volcán activo semi-inundado por el mar. Su naturaleza volcánica obliga en cada campaña a realizar un análisis previo del grado de actividad para determinar si éste permite abrir la base y después un seguimiento permanente del mismo por si fuera necesario aplicar el plan de evacuación.

En la campaña 1989/90 la Escuela de Logística del Ejército de Tierra inauguró el refugio con el nombre de Gabriel de Castilla, en honor al marinero español que avistó por primera vez tierras en latitudes antárticas, y en 1998/99 fue elevada a la categoría de base militar. Su localización es 62°, 58' 40". Se trata de una base temporal, al igual que la Juan Carlos I, abierta normalmente desde finales de noviembre hasta finales de marzo, aprovechando el verano austral. Es vecina de otra base argentina permanente de carácter estrictamente militar, la 1º de mayo, pues las bases chilena y británica que había en la isla, fueron destruidas por la erupción del



volcán en 1969. En cada campaña antártica en la base Gabriel de Castilla se desarrollan diversos proyectos científicos con el soporte logístico del Ejército de Tierra que posibilita su apertura, mantenimiento, abastecimiento de agua y energía, y da diferentes servicios a los investigadores como comunicación, transporte terrestre y marítimo por la isla, etc. Sin duda un impagable servicio a la ciencia española.

Decepción es un medio hostil pero a la vez hermosísimo. La isla tiene forma de herradura con una enorme bahía en el centro denominada Puerto Fóster al que se accede por la entrada denominada Fuelles de Neptuno, un paso estrecho enmarcado por acantilados rocosos verticales. Aproximadamente la mitad de su superficie está cubierta de hielo de forma permanente, especialmente en su zona oriental, donde se localiza un gran glaciar que desemboca directamente en Puerto Fóster formando un verdadero murallón de hielo dinámico y cambiante en el que se producen desprendimientos que generan icebergs flotantes. La naturaleza volcánica de la isla explica el color oscuro del suelo, que al mezclarse con el hielo aporta diferentes tonalidades al glaciar, siendo considerado incluso en alguna zona como glaciar negro.

#### Pingüinera de Punta Exterior

Puede parecer que la isla es escasa de hielo en comparación con otras vecinas, pero su naturaleza volcánica hace que en algunas zonas la temperatura del suelo impida su permanencia durante el verano.

A pesar de la hostilidad aparente del medio, Decepción es un lugar lleno de vida. En la isla existen numerosas pingüineras, algunas con más de 40.000 parejas. Buscan siempre lugares algo elevados, no muy lejanos de la costa, pues en el mar es donde encuentran su alimento. Se trata de animales torpes e incluso ridículos en tierra, que trepan por las laderas con esfuerzo, a menudo con caídas y golpes contra las rocas que les dejan rebozados en tierra. Sin embargo en el mar tienen una enorme habilidad y fuerza, capaces de entrar y salir sorteando las fuertes olas batientes contra las rocas quedando indemnes de golpes que parecen mortales. En Decepción habitan pingüinos Papúa, Macaroni y Barbijo, el más abundante de todos. Llegan a bucear, según las especies, entre 70 y 250 metros de profundidad para conseguir alimento que sea capaz de satisfacer su enorme gasto energético y poder llevar a las crías si las tienen.

Las pingüineras son lugares en los que se observa la actividad de estos animales muy sociables, que se protegen en la masa de sus depredadores en tierra, fundamentalmente los skúas, un pájaro de grandes dimensiones que suele anidar y criar en lugares próximos para aprovechar las oportunidades de alimentarse de individuos, especialmente crías, que queden desprotegidas o aisladas.

Otros de los animales presentes en las costas de Decepción son los pinnípedos, como lobos marinos (*Arctocephalus gazella*) y focas. Son mamíferos con membranas interdigitales que les permiten nadar con enorme habilidad y eficiencia. Algunas especies como la foca Weddell (*Leptonychotes weddelli*) llegan a bucear hasta los 700 metros de profundidad, animal de enorme tamaño (mide casi tres metros y medio y llega a pesar media tonelada) y otras alcanzan la considerable profundidad de 400 metros. Normalmente, algunas especies viven en roquedales próximos a la costa y otras prefieren las playas de arenas negras que se extienden por algunos tramos. Los lobos marinos quedaron al borde de la extinción debido

a que eran cazados por su piel, pero la población se está recuperando a buen ritmo y es frecuente observarlos en las playas de Decepción en solitario o en grupo, a menudo compartiendo espacio con los pingüinos. Los machos pueden llegar a pesar 200 kilos y las hembras son más pequeñas y ligeras.

Toda esta explosión de vida se sustenta en la riqueza biológica del océano antártico, especialmente la abundancia de krill. Se trata de unos pequeños artrópodos de la clase de los crustáceos, el más abundante es una quisquilla (*Euphasia superba*) de unos pocos centímetros de longitud que vive en estos mares en cantidades inmensas (algunos estudios calculan la biomasa en varios miles de millones de Tm y otros lo rebajan a menos de 1000 millones). Se alimenta de fitoplancton y es rico en grasa, proteínas y vitaminas. Es el principal alimento de pingüinos, diversas especies de focas y de las ballenas que pueblan las aguas antárticas. Es fácil observar en las costas de la isla numerosos de estos crustáceos dejados allí por las olas y las mareas demostrando su abundancia.



Lobos marinos en la playa.

Sin duda las instalaciones de la antigua factoría ballenera Hektor en el sureste de la isla constituye un lugar de enorme magnetismo por su capacidad de evocar los tiempos de la caza masiva, industrial e indiscriminada de ballenas. Dicha factoría funcionó entre 1911 y 1931 y sus instalaciones enormes y oxidadas hoy son consideradas Sitio y Monumento Histórico SMH 71 bajo el Tratado Antártico. Aquí se situó una de las bases de caza de cetáceos más activas y productivas de la Antártida en la que llegaron a vivir 300 personas de forma permanente, en su mayoría chilenos trabajando para empresas noruegas y también alguna de su propio país. Se trataba de un lugar en el que sólo se descansaba el día de Navidad, no cesaba la actividad ni siquiera en invierno y según los testimonios de algunos viajeros se convirtió en un sitio insano, hediondo y

empleaban las barbas para fabricar corsés, varillas de paraguas, látigos o monturas de gafas. Era una actividad perfectamente organizada en torno a barcos cazadores que empleaban métodos que hoy resultarían crueles para impedir que estos grandes animales huyeran sumergiéndose en las aguas, y barcos factoría que tras ellos recogían y realizaban un primer descuartizamiento de los animales, para llevarlos después a la base mencionada donde se cocían los trozos en grandes depósitos para extraer el aceite y así satisfacer la enorme demanda. Puerto Fóster, la gran bahía central de Decepción era un refugio magnífico para los barcos balleneros, que salían a mar abierto cuando se avistaba una manada desde los puestos de vigilancia orientados al exterior.



maloliente debido a los numerosos restos orgánicos de ballena flotando en las aguas y esparcidos por las inmediaciones en proceso de putrefacción.

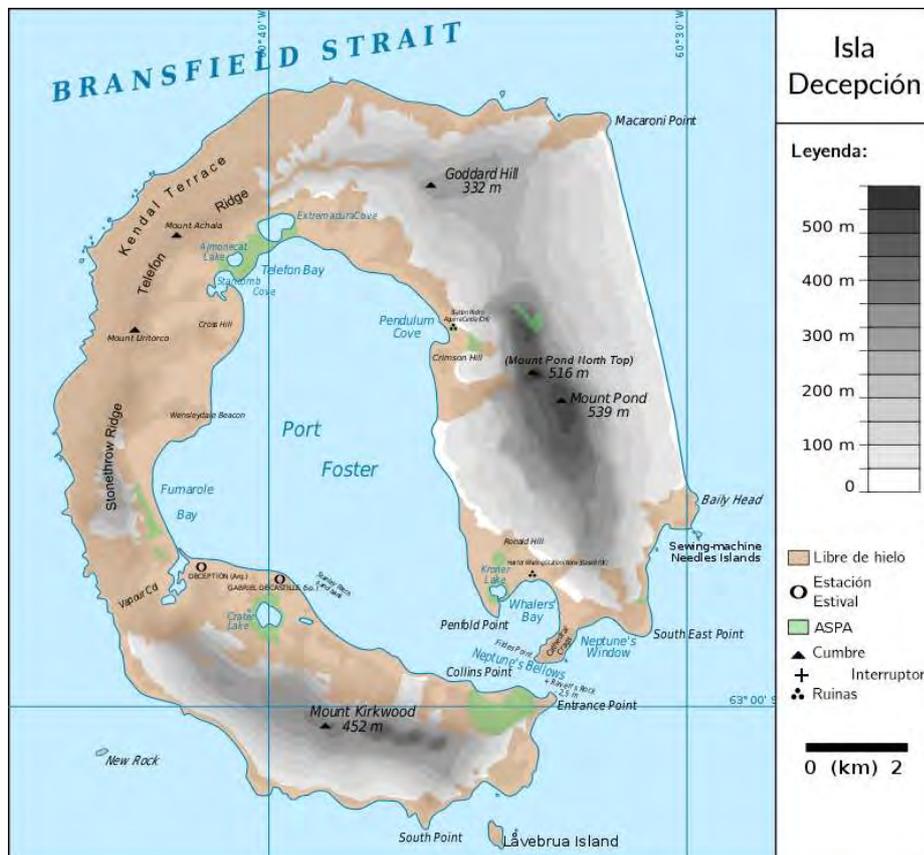
Se trataba de un negocio muy rentable, de cada ballena se extraían hasta 15 toneladas de aceite que se empleaba para el alumbrado público, lubricación de numerosas maquinarias, etc. También se

Antigua base ballenera Héktor.

Hoy Bahía balleneros es un lugar de edificios medio derruidos y estructuras herrumbrosas, parcialmente destruido por la lava que el volcán emitió en la erupción de 1967 y en el que los pingüinos, los leones marinos y los skúas campan a sus anchas entre tuberías, calderas y restos de refugios u oficinas. De vez en cuando algún grupo

de turistas llegan y visitan fugazmente este lugar para enseguida volver a sus barcos y dejarlo de nuevo habitado sólo por la fauna. Parece como si la naturaleza mediante la furia volcánica y la progresiva ocupación del lugar por los animales propios de la Antártida se quisiera vengar de la caza masiva de ballenas azules, australes, jorobadas y otras que desde aquí se desarrolló de forma tan sistemática y organizada y que llevó a algunas especies al borde de la extinción.

Decepción es un rincón del enorme continente antártico en el que ha habido bases chilenas, argentinas y británicas, además de presencia estadounidense en la segunda guerra mundial, escenario de algún incidente por reclamaciones territoriales, como los que ocurrieron entre Argentina y el Reino Unido en 1943 y 1953. Hoy queda la base argentina y la española Gabriel de Castilla donde se desarrolla una actividad investigadora intensa con el soporte logístico del Ejército de Tierra en un lugar en el que la naturaleza se muestra espléndida. Aquí los millares de pingüinos y los lobos marinos forman parte del paisaje, a veces como vecinos próximos y amistosos de los militares y científicos asentados en una tierra que les pertenece. Un lugar de noches y días largos en función del calendario, ventiscas furiosas que levantan nubes de polvo volcánico que lo impregna casi todo, y también momentos apacibles. Una isla de días plomizos a los que suceden otros de luz cegadora, suelos cubiertos por hielo junto a abrasador calor volcánico, fumarolas y olor a azufre. Una isla en la que la soledad lo llena casi todo y el contacto con la naturaleza es pleno, un pequeño rincón en el que la presencia española, siempre dentro del marco jurídico del Tratado Antártico y del Protocolo de Madrid recuerda la vocación de nuestro país de hacerse presente en lejanas tierras.



Isla Decepción, wikipedia

**Proyecto de investigación:  
caracterización de aerosoles  
atmosféricos en La Antartida**

La presencia de aerosoles en la atmósfera (materia particulada atmosférica) tiene efectos sobre la calidad del aire y efectos climáticos debidos a la interacción de las partículas con la radiación solar, dispersando y absorbiendo la misma (efecto directo), y actuando como núcleos de condensación para la formación de nubes (efecto indirecto). El mejor conocimiento del material particulado atmosférico presente en las zonas de toma de muestras ayudará a una mejor comprensión del estado actual del medio ambiente Antártico una zona especialmente singular tanto por sus particularidades climáticas como por su alejamiento de la actividad humana. La obtención de imágenes elementales ayudará a interpretar el papel de ciertos elementos metálicos en relación al cambio climático. La ablación láser LIBS combinada con la técnica imaging (micro-LIBS) se realizará de forma pionera en muestras de filtros de aire de la Antártida permitiendo caracterizar dichas muestras y establecer un mapeo de las

muestras que marcan muchos de los fenómenos de cambio climático en nuestro Planeta.

### **Viaje a la Antártida**

Nuestra expedición comenzó en 2019, aunque ya había comenzado a trabajar en este proyecto en 2016. Contamos con el apoyo del Ejército de Tierra y el Buque de Investigación Oceanográfico (BIO) Hespérides.

**Instrumentación.-** Se utilizan dos captadores de material particulado, uno de ellos equipado con un sistema para obtener compuestos orgánicos volátiles (COV's). Láser de Neodimio-YAG para caracterizar, en Isla Decepción, los componentes minerales de las muestras obtenidas y probar nuestra tecnología láser para las próximas campañas en el análisis "in situ" del material.

### **Equipo expedicionario**



*Javier del Valle Melendo*, viajó a Isla Decepción en el buque Hespérides para realizar su trabajo de toma de

muestras de aerosoles atmosféricos, agua y, suelo y nieve en la base Gabriel de Castilla en enero y febrero de 2019.



*César Marina Montes*, el 21 de diciembre de 2019 voló a la isla Rey Jorge desde Punta

Arenas, donde el buque Hespérides lo recogió y trasladó hasta la BAE Juan Carlos I, en Isla Livingston. El día 5 de enero volvió al buque Hespérides para incorporarse el mismo día por la noche a la BAE GdC, en Isla Decepción.



*Jesús Manuel Anzano Lacarte*, comenzó su viaje el 29 de diciembre de 2019 desde Zaragoza y con

destino a Ushuaia (Argentina), donde embarcó en el Buque de Investigación Oceanográfica, Hespérides con rumbo a Isla Decepción.



*Jorge Cáceres Gianni*, embarcó en el buque Hespérides el 7 de febrero en el puerto de Ushuaia (Argentina) y

desembarcó el 11 de febrero de 2020 en la Base Antártica Española (BAE) Gabriel de Castilla, después de una travesía tranquila en el mar de Hoces.

### **Trabajo a realizar en la campaña 20-21**

- Utilizar la técnica espectroscopía de descomposición inducida por láser, LIBS en la BAE Juan Carlos I para la cuantificación de la materia mineral en la atmósfera y en muestras de suelo antártico.

- Seguir monitoreando los aerosoles tanto en Isla Livingston (Monte Sofía) como en Decepción (Vértice Baliza).

- Análisis radiológico.

- Análisis de COV's (compuestos orgánicos volátiles).

- Recogida de material de suelo, nieve y agua en Isla Livingston.

Los resultados nos darán una visión clara de los contaminantes de materia particulada presentes en el aire y muestran la importancia de la vigilancia continua de esta región en futuras campañas. La tendencia es, con cada campaña, convertir la isla en un auténtico laboratorio. Las técnicas que se van a aplicar permitirán la caracterización de las muestras y la determinación de sus lugares de origen, lo que unido al análisis de las situaciones sinópticas que presenta la atmósfera permitirá avanzar en el conocimiento de la circulación general atmosférica en las altas latitudes del hemisferio Sur.

**Agradecimientos:** Ejército de Tierra del Ministerio de Defensa, Armada Española, Unidad de Tecnología Marina, UTM, el Comité Polar Español, CPE, Ministerio de Ciencia e Innovación, Centro Universitario de Defensa de Zaragoza, Universidad Complutense de Madrid y Universidad de Zaragoza.



## Referencias

1. <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Antartica/antartica/>
2. <http://laantartida.unizar.es>
3. Cáceres JO, Sanz-Mangas D, Manzoor S, Pérez-Arribas LV, Anzano J. "Quantification of particulate matter, tracking the origin and relationship between elements for the environmental monitoring of the Antarctic region". *Science of The Total Environment*, 2019; **665**: 125-132.
4. C. Marina-Montes, L.V. Pérez-Arribas, M. Escudero, J. Anzano, J.O. Cáceres, "Heavy metal transport and evolution of atmospheric aerosols in the Antarctic region". *Science of the Total Environment*, 2020; **721**: 137702.



Arriba: Artículo de portada de la revista Atmosphere, que muestra nuestro captador de material particulado en Isla Decepción.

Abajo: Equipo láser (LIBS), dcha: Captador de material particulado, Isla Livingston

 <https://www.facebook.com/ProyectoCA3>

 <https://twitter.com/AntartidaCA3>

 [https://www.instagram.com/proyecto\\_ca3](https://www.instagram.com/proyecto_ca3)

 <https://www.youtube.com/watch?v=YRuEdMkabh4&t=7s>



Pingüinera de Punta Exterior



Pingüino barbijo en las proximidades de la base Gabriel de Castilla



Base Gabriel de Castilla.



Foca Weddell



Camino a Morro Bail, donde conviven multitud de pingüinos y lobos marinos.



Fumarolas en una playa de Puerto Fóster.

# IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

C. Capdevila<sup>1</sup>, I. Garcia<sup>1</sup>, F. G. Caballero<sup>1</sup>, J. J. de Damborenea<sup>1</sup>, J. Rodriguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM-CSIC)  
Avda. Gregorio del Amo, 8. E-28040 Madrid, Spain

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC)  
C/ Juan de la Cierva 3, E-28006 Madrid, Spain

Los estudios científicos demuestran con datos irrefutables el calentamiento de la tierra y el consiguiente cambio climático global. Además, vivimos en una sociedad sometida a conmociones sucesivas provocadas por crisis económicas, desastres naturales, pandemias, atentados terroristas y guerras, como consecuencia de un modelo económico injusto. Es, por tanto, el momento de abordar el cambio del modelo productivo imperante. Naomi Klein<sup>1</sup> apunta que la emergencia misma del cambio climático podría constituir la base de un movimiento que protegiera a la humanidad de los estragos de un sistema económico basado en una explotación irracional de los recursos naturales. Un proyecto dirigido a reducir nuestras emisiones a los niveles recomendados por muchos científicos podría promover, simultáneamente, un cambio de modelo productivo donde se sustituya el actual modelo de producción en masa de productos de bajo valor añadido, por otro basado en sectores productivos tradicionales generador de productos de alto valor añadido. Un modelo donde prime incentivar y acelerar el desarrollo de una economía más competitiva, más innovadora, capaz tanto de renovar los sectores productivos tradicionales como de abrirse a las nuevas actividades demandantes de empleos estables y de calidad. Como muy bien apuntaba Jordi Sevilla<sup>2</sup>, cambiar el modelo productivo no es dejar de hacer lo que hacemos para empezar a hacer cosas diferentes, sino cambiar la manera en la que veníamos haciéndolas, incorporando un incremento del valor añadido en base a innovación, preocupación por la sostenibilidad y la economía baja en carbono. Es decir, se trata de apostar por el conocimiento como eje vertebrador de toda la cadena de valor. Con ello, aunque no cambiemos de productos que necesitamos fabricar, la forma de producción será tan diferente que habremos impulsado un verdadero cambio hacia un modelo de competitividad sostenible, basado en el talento y el valor añadido en lugar de en salarios bajos.

No es la intención de los autores participar en el debate sobre el modelo productivo actual y la lucha contra el cambio climático, pero sí que es poner de manifiesto que la fabricación aditiva es una tecnología con la suficiente madurez como para facilitar un cambio hacia la creación de una industria más local y cercana, con productos de mayor valor añadido y con mayor versatilidad. La fabricación aditiva es el nombre que reciben las tecnologías de producción de piezas en 3D agregando sucesivas capas de material, ya sea polímero, metal u hormigón. Estas tecnologías, entre las que se incluyen, la impresión 3D, el prototipado rápido y la fabricación digital directa, suponen un nuevo modelo de producción digital que hace posible la creación de piezas con nuevas formas, diseños personalizados y con un ahorro importante de costes e impacto ambiental.

Más allá del dilema lógico entre la seguridad que aportan los métodos tradicionales (y verificados) de diseño y fabricación y la incertidumbre de confiarse a una nueva tecnología, lo cierto es que la fabricación aditiva conlleva retos de profundo calado para todos los integrantes de la cadena de valor del material. Hablamos de un cambio de paradigma en el sistema productivo, para ir abandonando de forma paulatina la producción masiva en cadena, e ir adaptando como componente fundamental la fabricación flexible y personalizada, sin mediar la fabricación de herramientas y utillaje, reduciendo el pos-procesado y el exceso de material.

La fabricación aditiva se distingue de cualquier otro proceso de fabricación industrial en dos aspectos fundamentales. En primer lugar, la complejidad geométrica de la pieza a fabricar no encarece el proceso. Características como la esbeltez, un vaciado interior, canales internos, espesores variables, las formas irregulares e incluso la reproducción de la naturaleza (persiguiendo ergonomía, aerodinámica, hidrodinámica, entre otros) son retos que los

métodos convencionales (sustractivos y conformativos) de fabricación no han resuelto más que con aproximaciones, ensamblajes o por medio de procesos de muy alto coste.

El otro aspecto que hace única a la fabricación aditiva es que la personalización de la pieza a fabricar no encarece el proceso. El coste por pieza en la mayoría de las tecnologías que engloba la fabricación aditiva es el mismo, independientemente de si todas las piezas son iguales o distintas, lo que facilita la personalización, que es una de las principales tendencias actuales en el desarrollo de productos de alto valor añadido. La personalización en masa es uno de los paradigmas que persigue la industria en países desarrollados y que se considera clave para su sostenibilidad.

Quizás haya un tercer aspecto a tener en cuenta: la potencial ubicuidad de esta tecnología de fabricación. Las tiradas cortas y el aprovechamiento de la materia prima utilizada hace de esta tecnología de fabricación ideal para instalar plantas de producción en lugares de acceso restringido, siempre y cuando la logística convencional pueda hacer llegar la materia prima. Asimismo, el diseño de la pieza no tiene por que realizarse donde se encuentre la máquina que la va a fabricar, puesto que la digitalización de esta tecnología permite que el ingeniero que diseña la pieza y el lugar donde se fabrica no compartan ni siquiera la cercanía física. Esto nos permitiría abordar otro aspecto de la fabricación aditiva como vehículo que permita la industrialización de zonas relativamente despobladas del país.

### *Aspectos Energéticos y Logísticos*

El aspecto más controvertido de la fabricación aditiva es, quizás, el coste energético por pieza fabricada. Hoy por hoy el coste de energía en producir un objeto mediante fabricación aditiva frente a otras técnicas más consolidadas es mucho mayor. Por ejemplo, la fabricación de metales por impresión 3D puede situarse entre el 75% y el 160% del consumo energético por pieza fabricada por métodos tradicionales<sup>3</sup>. Para plásticos (siempre comparando el coste energético por pieza, pero imprimiendo un lote completo) es de un 60-80% mayor en el caso de la extrusión<sup>4</sup>. No obstante, para un número bajo de objetos fabricados, el consumo energético total de la impresión 3D por lote producido puede ser menor.



Figura 1: Conexiones/adaptadores para uso con máscara de buceo facial. Es un material clasificado como clase IIa, fabricado por estereolitografía (SLA en sus siglas en inglés) con distintas resinas polimerizables. “Todos los productos no invasivos destinados a la conducción o almacenamiento de sangre, líquidos, células o tejidos corporales, líquidos o gases destinados a una perfusión, administración o introducción en el cuerpo se clasifican en la Clase IIa.” (Anexo VIII, pag.140, Capítulo III, Reglas de clasificación, Productos no invasivos, regla 2) “si el tratamiento para el que el producto se usa consiste en filtración, centrifugación o intercambios de gases o de calor, en cuyo caso se clasifican en la Clase IIa” (Anexo VIII, pag.140, Capítulo III, Reglas de clasificación, Productos no invasivos, regla 3)

Por otro lado, el uso de la fabricación aditiva para piezas de maquinaria es una excelente manera de conseguir que las máquinas industriales sean más eficientes en el consumo energético. Está comprobado que las piezas fabricadas digitalmente pesan mucho menos y este hecho implica que necesiten mucha menos energía para funcionar.

Finalmente, un modelo basado en impresión 3D produciendo de manera local, permite acortar la cadena de suministro y, por tanto, ahorrar tiempo y recursos económicos en transporte. Y aún más importante: contribuyendo de manera muy significativa a la reducción de las emisiones.

Adicionalmente, la impresión 3D nos permite que el proceso de fabricación, desde el diseño a la producción final de la pieza, se efectúe en mucho menos tiempo que los métodos de fabricación tradicional. Poder fabricar piezas digitalmente incide directamente en una reducción drástica de los costes de almacenaje y de logística. Ahora podemos disponer de un stock virtual y fabricar “al momento” aquella pieza que necesitemos, solamente cuando lo necesitemos. Esto repercute en un ahorro no solamente de los costes de almacén, sino también toda la energía que consume la maquinaria e infraestructura de este tipo de espacios.

Finalmente, no hay que olvidar el beneficio medioambiental. El uso de menor cantidad de material y menos operaciones reduce las operaciones de transporte y los costes logísticos, lo que tiene un beneficio directo en el medio ambiente. Además, el mayor consumo eléctrico de la fabricación aditiva se está intentando revertir buscando alternativas. Por ejemplo, utilizar células fotovoltaicas como fuente de energía, utilizar sustancias químicas para favorecer la adhesión, calentar solamente la parte de la plataforma de impresión necesaria, aislar mejor la plataforma, o usar una cámara que aisle térmicamente a la impresora.

### *Reciclaje y aprovechamiento de residuos*

Hasta ahora hemos tratado de resaltar las posibilidades de una tecnología facilitadora de un cambio de modelo productivo. Sin embargo, hace falta abarcar todo el ciclo de vida del producto durante la impresión 3D. De su análisis se concretan varios desafíos por resolver entre los que destaca el control de calidad de las piezas fabricadas, la falta de materiales de impresión, la mejora de la productividad y el problema de los residuos; sobre los que pivotan la inmensa mayoría de proyectos de investigación en fabricación aditiva.

En lo concerniente a la gestión de residuos y el impacto ambiental de la fabricación aditiva, cabría citar como referencia el trabajo pionero realizado en 2013 por *makers* agrupados en la plataforma suiza *Cuboyo.com*s. Este estudio se basa en tres aspectos como son: la escala de producción, los materiales, y el ciclo de vida de los productos fabricados. Se utilizó como objeto de estudio la impresión de una carcasa de teléfono móvil. Respecto a la escala de la producción, los resultados del estudio mostraron (ver Figura 1) que, por un lado, la manufactura clásica no está preparada para bajos volúmenes de producción, en términos de impacto ambiental; sin embargo, por

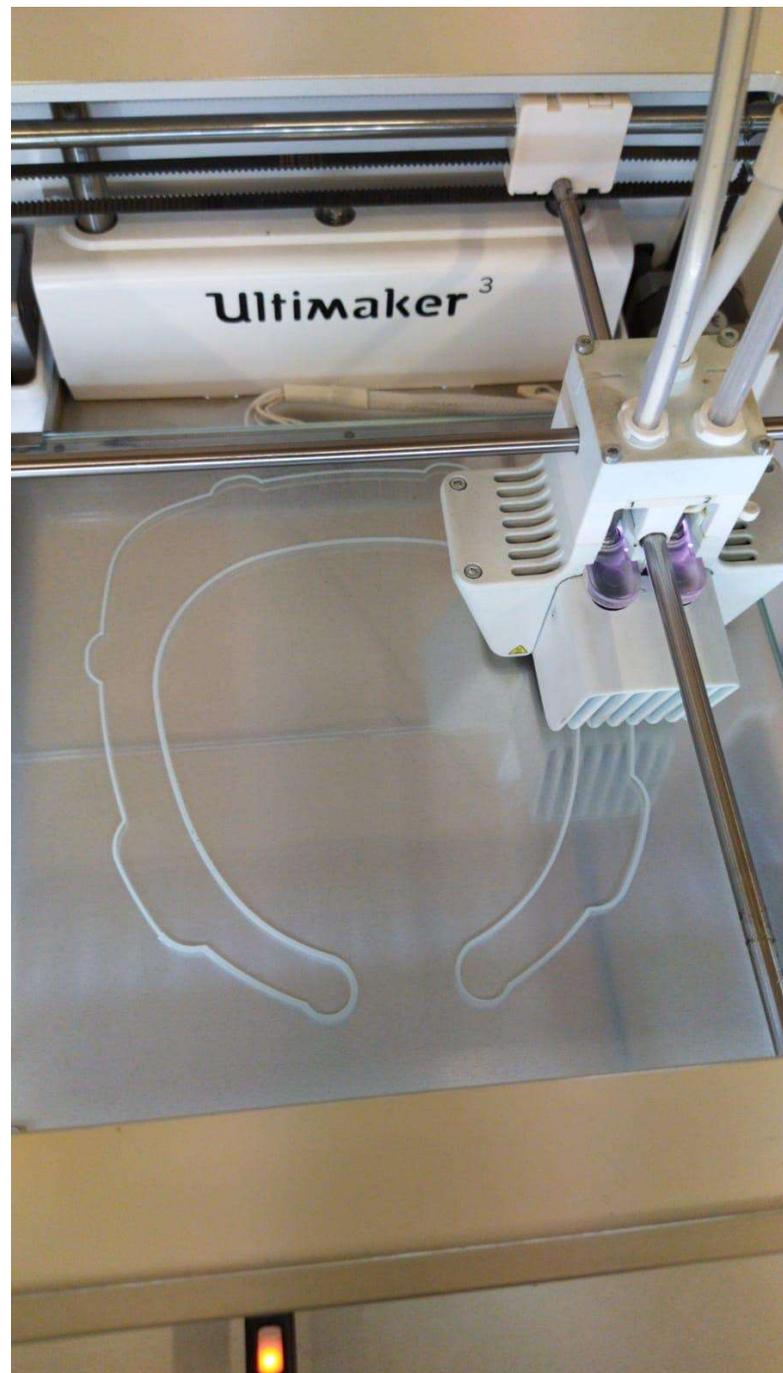


Figura 2: Pantalla de protección. Es un material clasificado como clase I, fabricado por Modelado por Deposición fundida (FDM en sus siglas en inglés) de un filamento de PLA (ácido poliláctico). Todos los productos no invasivos se clasifican en la clase I si están destinados a ser utilizados como barrera mecánica, para la compresión o para la absorción de exudados.

Así, los materiales poliméricos utilizados en extrusión de material (FDM) y en estereolitografía (SLA) para su utilización en aplicaciones biomédicas típicamente cumplen la ISO-10993 Standard. En el caso de las resinas fotopolimerizables biocompatibles algunos fabricantes siguen la norma indicada anteriormente (Formlabs, Stratasys,...) y otros (3Dresyns) se rigen por otras normas como la ISO13485:2016 que hacen referencia tanto a la biocompatibilidad como al sistema de gestión de la calidad aplicable para dispositivos médicos.

otro lado, la técnica de impresión 3D no puede competir con la inyección de plástico para la producción de grandes volúmenes. Por lo tanto, según este estudio, las tecnologías de impresión 3D serían competitivas desde el punto de vista ecológico para la producción a pequeña escala (menos de 1000 piezas), en comparación con la tecnología tradicional de inyección en moldes.

Respecto a los materiales, las impresoras más implantadas hoy en día, tanto las industriales como las domésticas, utilizan dos tipos de plástico: el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), derivado del petróleo, y el ácido poliláctico (PLA), de procedencia vegetal (almidón de maíz). La impresión de metales, aunque más retrasada en cuanto a su despliegue comercial, ofrece unas perspectivas de crecimiento espectaculares. Integradas en una cadena de economía circular, la capacidad de reciclado del metal permitiría que una vez alcanzado el final de su vida útil, un objeto metálico pueda revalorizarse como materia prima, en forma de polvo, para ser utilizado en las tecnologías de fusión selectiva por láser (SLM, en sus siglas en inglés) o modelado por deposición fundida (FDM, en sus siglas en inglés) para la fabricación de nuevos objetos de alto valor añadido. También hay muchos otros materiales en uso y en experimentación, pero aún no están tan extendidos. Algunos son pastas de papel o madera, otros son a base de desechos industriales y materiales de construcción, y otros provienen de algas marinas, por ejemplo.

Algunas tecnologías de fabricación aditiva, como el sinterizado selectivo por láser (SLS) o la tecnología 'Multi Jet Fusion', permiten reciclar una importante parte del material que se ha usado durante el proceso de impresión. Es decir, reusar el polvo sobrante del proceso de fabricación, de manera que hay un aprovechamiento real de un alto porcentaje del material usado, generando menos residuos. A pesar de ello, la realidad es que del proceso de impresión 3D se sigue generando algo de residuo. En este sentido, han surgido diferentes alternativas, como la fabricación de un nuevo tipo de hormigón generado con los desechos del proceso de impresión y de pos-proceso, dando una nueva vida a los residuos y ofreciendo una alternativa real a la problemática de la industria cementera.

Desde el punto de vista ambiental, tanto el gasto de material como el residuo generado son menores en la manufactura por impresión 3D en comparación con la tradicional. Además, otra ventaja es la ligereza de las piezas construidas. Con la impresión 3D se pueden fabricar objetos un 50% más livianos que con la inyección en moldes. Eso es

muy importante para la industria automovilística y la espacial, ya que menor peso implica menor uso de combustible y, consecuentemente, menos emisiones contaminantes.

A diferencia de la fabricación sustractiva, la impresión 3D usa solo el material que necesita. Tenemos mucho menos desperdicio. Además, es capaz de reutilizar residuos plásticos y convertirlos en filamentos de impresión para crear nuevos productos, como la gama de filamentos OWA creados por 3dnatives.com<sup>6</sup>. Además, materiales compuestos "verdes" hechos mediante la incorporación de materiales reciclados a base de celulosa, cáñamo y caucho pueden dar lugar a piezas impresas en 3D con mayor rigidez, tenacidad y/o con distorsión reducida.

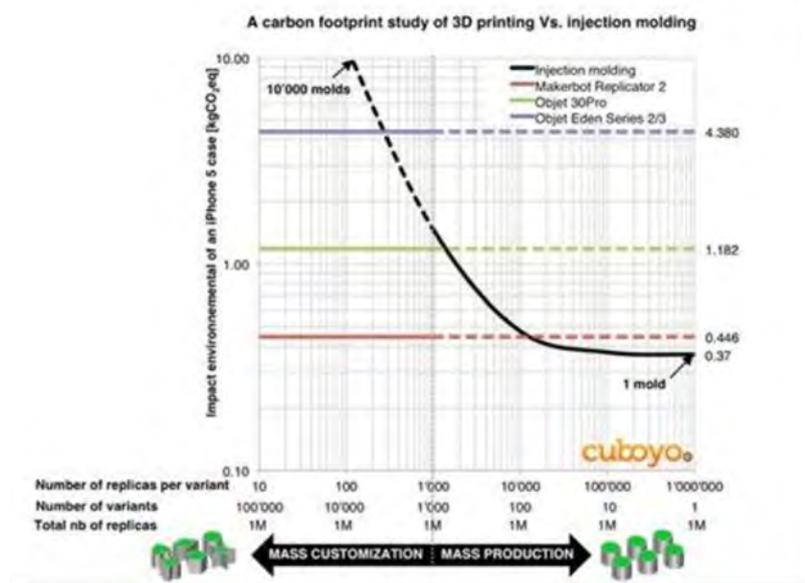


Figura 3.- Huella de carbono producida por la fabricación de carcasas de iPhone 5, utilizando impresión 3D e inyección en moldes. (Fuente: <http://www.cuboyo.com/environmental>)

En conclusión, la impresión 3D puede ofrecer diversas ventajas ambientales. Al reproducir objetos según las necesidades concretas de los usuarios, se reduce la producción en masa y, con ello, la sobreexplotación de materias primas y la generación de residuos. Además, los termoplásticos utilizados en embalajes pueden considerarse de bajo costo y son materia prima sostenible para procesos de fabricación aditiva como FDM, o Fabricación por Fusión de Filamento (FFF), proporcionando una salida de alto valor añadido para residuos de plásticos. En un número de la revista británica de referencia The Economist<sup>7</sup>, se concluye que nos aproximamos a la "Cuarta Revolución Industrial" impulsada por estas tecnologías. Según el cual, el actual modelo

deslocalizado de producir en otros países a gran escala podría dar paso a un sistema de producción local de calidad, a pequeña escala y a medida.

En una visión más amplia, la impresión 3D permitiría que el impacto ambiental del transporte de mercancías y productos también se reduzca, ya que los productos se pueden fabricar de manera local, en especial las partes o recambios del mismo, de manera que no se tienen que encargar a fabricantes lejanos.

El eco-diseño de los bienes de consumo, pensado para reducir su impacto ambiental en todas las fases productivas, podría aprovechar los sistemas de diseño 3D de manera que puedan realizarse productos más sostenibles. Además, la obsolescencia prematura de los aparatos sea programada o no, podría limitarse o incluso suprimirse con la impresión 3D, al poder utilizar la tecnología para fabricar las piezas de repuesto necesarias para continuar con su funcionamiento.

Por último, hay que destacar que las ventajas ecológicas y económicas del consumo colaborativo se pueden adaptar a la impresión 3D. Los modelos, diseñados en un ordenador, pueden compartirse con otros usuarios. De esta forma, es posible generalizarlos, mejorarlos y adaptarlos e, incluso, imprimirlos sin necesidad de conocimientos avanzados de creación 3D.

## REFERENCIAS:

- 1 Klein, N. (2015) “Esto lo cambia todo”, Ed. Paidós, pp. 182.
- 2 Sevilla, J. (2015) “Cambiar el modelo Productivo”, El Mundo, Recuperado de <https://www.elmundo.es/economia/2015/05/17/5538059268e3e7f308b4582.html>
- 3 Paz, E. (2014) Visible body: 10 problemas o peligros de las Impresoras 3D. Recuperado de <https://eduardopaz.com/10-problemas-o-peligros-de-las-impresoras-3d/>
- 4 <https://bitfab.io/es/blog/cuanto-cuesta-imprimir-en-3d/>
- 5 3Ders.org (2013) Visible body: Cuboyo: a new 3D model repositories. Recuperado de <https://www.3ders.org/articles/20130621-cuboyo-a-new-3d-model-repositories.html>
- 6 Lucia, C. (2016) Visible body: OWA 3D, el primer filamento reciclado y reciclable. Recuperado de <https://www.3dnatives.com/es/owa-3d-filamento-reciclado-04102016/>
- 7 Editorial (2012), The Economist, Recuperado de <https://www.economist.com/leaders/2012/04/21/the-third-industrial-revolution>

# Los fertilizantes artificiales. ¿Ángeles o demonios para el medio ambiente?

Carlos Javier Durán Valle  
Universidad de Extremadura

## Resumen

Una de las más importantes industrias que existen en el mundo es la obtención de amoníaco. Es imprescindible para la alta producción agrícola de los países desarrollados y permite mantener nuestro actual estilo de sociedad así como explicar buena parte de lo sucedido en el siglo XX. Pero produce un considerable impacto medioambiental por lo que existen voces que abogan por su desaparición. Pero ¿todas las consecuencias relacionadas con el medioambiente son negativas? ¿O habrá algún efecto positivo que compense lo anterior?

## Introducción

Uno de los principales avances científicos y tecnológicos de la historia de la humanidad y que no siempre es conocido por el gran público es el de la obtención industrial del amoníaco. Este proceso ha cambiado la sociedad de formas que pocos profanos imaginan. Pero también tiene su lado negativo, que es el del preocupante impacto medioambiental que produce, que influye tanto en la contaminación de ríos lagos como en el calentamiento global. Aunque tal vez, esta industria no sea la peor elección medioambiental para solucionar el problema de alimentar a más de ocho mil millones de personas. Pero empezamos por el principio de la historia.

## La historia

Desde que la humanidad existe, ha intentado sobrevivir a las inclemencias climáticas, los depredadores, la enfermedad y el hambre, entre otros enemigos. Y aunque en todas ellas se han producido avances, hoy solamente podemos decir que hayamos ganado una guerra: contra el hambre. Sí, podemos producir suficientes alimentos para toda la humanidad.

Otro tema distinto es que ese reparto de alimentos sea el apropiado. Esta guerra hacia la década de 1970 gracias a la denominada Revolución Verde, pero la que probablemente haya sido la batalla más importante se produjo a principios del siglo XX. No solamente vencimos al hambre, sino que como consecuencia de ello cambió nuestra historia y nuestra sociedad y permitió el desarrollo económico, cultural y tecnológico producido durante el último siglo. Pero también es responsable del 1% del calentamiento global además de otros problemas de contaminación.

Hablemos de comida. Básicamente nos alimentamos de plantas ya que si consumimos productos de origen animal estos también se han nutrido de plantas al principio de la cadena alimenticia. Por tanto, para alimentar a muchas personas necesitamos una alta producción agrícola. Y para ello tenemos que suministrar a los vegetales aquello que necesitan: luz solar y dióxido de carbono para realizar la fotosíntesis, oxígeno para la respiración y agua para sus funciones vitales. Y a eso hay que añadir un conjunto de elementos químicos que las plantas toman del suelo disueltos en el agua que absorben por las raíces. Si alguno de estos elementos no se encuentra en las cantidades necesarias, los vegetales tendrán un crecimiento deficiente y los agricultores una mala cosecha. De ellos, los que suelen actuar con mayor frecuencia como factor limitante del desarrollo vegetal son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, que son los componentes más habituales de los fertilizantes. Tanto el fósforo como el potasio se pueden obtener de diversos minerales si los necesitamos en grandes cantidades y son relativamente estables en el suelo.

Pero el nitrógeno no es posible obtenerlo de esta forma salvo en un caso particular que son los yacimientos de nitrato en el desierto de Atacama. Como consecuencia de todo esto, la causa que con más frecuencia impide una buena cosecha es la falta de nitrógeno en el suelo.

En realidad, el nitrógeno no es un elemento escaso ni difícil de encontrar: estamos rodeados por él ya que el 78% de la atmósfera está formada por la molécula de dinitrógeno  $N_2$ . El problema es que dicha molécula resulta tan estable que los seres vivos no podemos asimilarla salvo algunas contadas excepciones entre las cuales los seres humanos no nos encontramos. Es indispensable para la vida ya que forma parte entre otros compuestos biológicos del ADN, el ARN o las proteínas. Aun así, las plantas en la naturaleza consiguen nitrógeno asimilable del suelo aunque sea en pequeña cantidad. ¿De dónde procede este nitrógeno? Hay varias fuentes posibles naturales o artificiales que se han empleado en la agricultura tradicional.

La fuente primaria son los relámpagos. La descarga eléctrica que se produce en la atmósfera provoca la reacción de dinitrógeno con el dióxígeno atmosférico. Se producen óxidos de nitrógeno que disueltos en el agua de lluvia acabarán llegando al suelo. La NASA ha calculado<sup>1</sup> que caen unos 6 teragramos ( $6 \cdot 10^{12}$  g) al año sobre toda la superficie de la Tierra. Si pudiésemos aprovechar todo ese nitrógeno, lo cual es inviable por razones obvias, obtendríamos unos 750 g al año por persona lo que sería claramente insuficiente. Es en realidad un aporte mínimo, pero constante a largo plazo. Otra fuente natural son los restos de seres vivos como cadáveres, heces, restos vegetales, etc. que contienen los elementos necesarios para fertilizar un suelo incluyendo entre ellos al nitrógeno. Este método se ha empleado también en la agricultura. Y otra herramienta tradicional es el cultivo de legumbres. Estas plantas se encuentran en simbiosis con bacterias que viven en sus raíces y que son de los pocos seres vivos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. El cultivo de legumbres enriquece un suelo en nitrógeno pero hay que considerar que consume otros

elementos como el fósforo o el potasio por lo que su utilidad es limitada.

Estos eran los métodos que se utilizaban en la agricultura tradicional para fertilizar una parcela cultivada. Juntos podían llegar a suministrar 200 kg de nitrógeno por hectárea cada año. Si tenemos en cuenta las inclemencias climatológicas, las plagas y la necesidad de cultivar especies no alimenticias, una hectárea podría mantener a un número limitado de personas. Este número puede variar dependiendo de otros factores como la existencia de agua abundante, la fertilidad intrínseca del terreno u otros. Teniendo en cuenta que algunas personas no pueden trabajar por su edad (niños y ancianos) y la tradicional división del trabajo entre hombres y mujeres, el resultado de todo esto es que más de la mitad de la población laboral se debía dedicar a la producción de alimentos. Las consecuencias de esta situación eran varias. Una, que apenas existían reservas de alimentos cuando llegaba una mala cosecha, por lo que los episodios de hambre eran frecuentes. Otra, que la educación no era posible en las familias más humildes porque los niños tenían que empezar a trabajar a temprana edad para ayudar a mantener a su familia. El desarrollo científico era casi inexistente por falta de trabajadores y de formación. Y la sanidad y la educación solamente estaban al alcance de unos pocos privilegiados. La parte buena era que el impacto medioambiental de la actividad humana era relativamente reducido y difícilmente se llegaban a producir los problemas medioambientales típicos del siglo XX.

Pero todo empezó a cambiar con la Revolución Industrial. Comenzó en el siglo XVIII y se produjo de forma más intensa en Gran Bretaña y Alemania. La riqueza dejó de depender de la propiedad del territorio y se creó un nuevo tipo de riqueza que dependía de la posesión de medios de producción, es decir, de fábricas. Estas necesitaban una gran cantidad de mano de obra por lo cual se inició una migración del campo a las ciudades y se creó una nueva situación: había que seguir produciendo la misma cantidad de alimentos pero con un número menor de trabajadores. La solución a este problema vino, en gran parte, de la

utilización de fertilizantes no tradicionales.

La única fuente extensa conocida de estos fertilizantes eran los nitratos encontrados en el desierto de Atacama, Chile. Los nitratos y las sales amoniacales se caracterizan por ser compuestos muy solubles en agua. No pueden existir yacimientos en lugares cercanos a cursos de agua actuales o históricos y tampoco en lugares en los que la lluvia sea más o menos regular. El desierto de Atacama es uno de los lugares más secos del planeta lo cual explica que se puedan encontrar este tipo de minerales. Así que Chile empezó a comerciar en el siglo XVIII enviando este mineral principalmente a Europa.

Existe un segundo tipo de yacimientos de fertilizante, aunque no sea totalmente correcto considerarlo como mineral: el guano. Este se produce a partir de residuos de colonias de seres vivos, especialmente los murciélagos y las aves marinas. Aunque es un fertilizante de alta calidad se suele encontrar en sitios poco accesibles y en yacimientos pequeños por lo que no es útil como materia prima de uso general en agricultura.

La opción del nitrato de Chile creaba otro tipo de problemas. En primer lugar, los estratégicos: se dependía de la producción de un único país, Chile y por tanto de su gobierno. Además, los fertilizantes tenían que atravesar un océano para llegar a los países desarrollados que en aquella época eran los europeos. Era un viaje largo y no exento de incidentes. En aquel entonces los mares estaban dominados por Gran Bretaña tanto desde el punto de vista militar como comercial. Eso era una amenaza potencial para países que competían económica e industrialmente con el Reino Unido de los cuales el más importante era Alemania. Hoy en día, además, tendríamos en cuenta el impacto medioambiental del transporte de tantas toneladas de mineral.

Por estas razones se continuó investigando en métodos industriales de producción de un compuesto de nitrógeno que pudiera ser asimilable por las plantas. Además, algún día se agotarían dichos yacimientos y quedaba claro que era muy poco

probable encontrar un sustituto en nuestro planeta. Una segunda ventaja estratégica era que estos compuestos se podrían utilizar para la producción de pólvora y otros explosivos. Este hecho era de capital importancia para los gobiernos ya que se estaba gestando el enfrentamiento armado que conoceríamos como Primera Guerra Mundial. Se desarrollaron métodos industriales como el proceso de la cianamida y el del arco eléctrico. Eran factibles y se construyeron fábricas para aplicar estos métodos, pero requerían un consumo tan elevado de energía que las plantas industriales estaban orientadas a la fabricación de explosivos pero no a la obtención de fertilizantes. Estos resultarían demasiado caros como para que los agricultores los pudiesen adquirir. Se valoraba más la seguridad nacional que la alimentación de la población.

Esa era la situación cuando terminaba el siglo XIX para dar lugar al siglo XX. Y entonces la ciencia llegó en auxilio de la humanidad. En 1884 se publicaron las teorías que explican el equilibrio químico. Con este conocimiento Fritz Haber (Premio Nobel de Química de 1918) desarrolló en su laboratorio un método para la obtención de amoniaco a partir de hidrógeno y del nitrógeno de la atmósfera. El trabajo estuvo terminado en 1908 y ese mismo año informó de sus resultados al gobierno alemán. La empresa BASF encargó a su mejor ingeniero químico, Carl Bosch (Premio Nobel de Química de 1931), la construcción de una planta industrial para reproducir el proceso. Resultó una tarea compleja ya que no existía ninguna industria que hubiese trabajado con presiones y temperaturas tan elevadas como eran necesarias ahora. En 1913 estuvo construida la primera fábrica en Luswigshafen-Oppau y una vez que comenzó su producción con resultados satisfactorios se inició la construcción de otras plantas de mayor tamaño. Alemania ya tenía una fuente de compuestos nitrogenados que no dependía de países externos y podía evitar el bloqueo marítimo de Gran Bretaña.

Y al año siguiente, aprovechando la primera excusa que se presentó, Alemania inició la Primera Guerra Mundial, que terminó en 1918.

Perdió la guerra y los vencedores pensaron que dejar el proceso Haber-Bosch en manos exclusivamente alemanas supondría una gran desventaja en el caso de que hubiese un conflicto posterior. Por ello este proceso industrial se empezó a extender por otros países.

### La actualidad

Gracias a la existencia de compuestos nitrogenados asimilables por las plantas (amoníaco, sales amoniacales o nitratos producidos a partir del amoníaco) la producción agrícola por hectárea aumentó considerablemente. Se ha calculado<sup>2</sup> que la capacidad de producir alimentos en una hectárea de terreno ha pasado de 1.9 a 4.3 personas entre principios del siglo XX y principios del XXI. La primera consecuencia de este hecho fue positiva: disminuir los episodios de hambre que una mala cosecha podía llevar a cualquier parte del mundo incluso a los países desarrollados ya que se podían almacenar grandes cantidades de alimentos.

La segunda consecuencia fue más compleja: si la producción por hectárea es mayor se necesitará una menor cantidad de mano de obra para la producción de alimentos. Estos trabajadores sobrantes tuvieron que emigrar de las zonas rurales. Comenzaron por desplazarse a los lugares donde existían industrias aumentando la riqueza producida por éstas y su propio poder adquisitivo.

Llegó un momento en que la fracción del mercado laboral que se dedicaba al sector industrial se estabilizó, ya que los avances en tecnología permitían mantener la producción con cada vez menos trabajadores. Los trabajadores sobrantes del sector primario fueron a parar mayoritariamente al sector terciario. Esta mano de obra junto con la mayor riqueza creada por un aumento en la producción agrícola e industrial permitió dedicar recursos a determinados sectores que por entonces eran minoritarios.

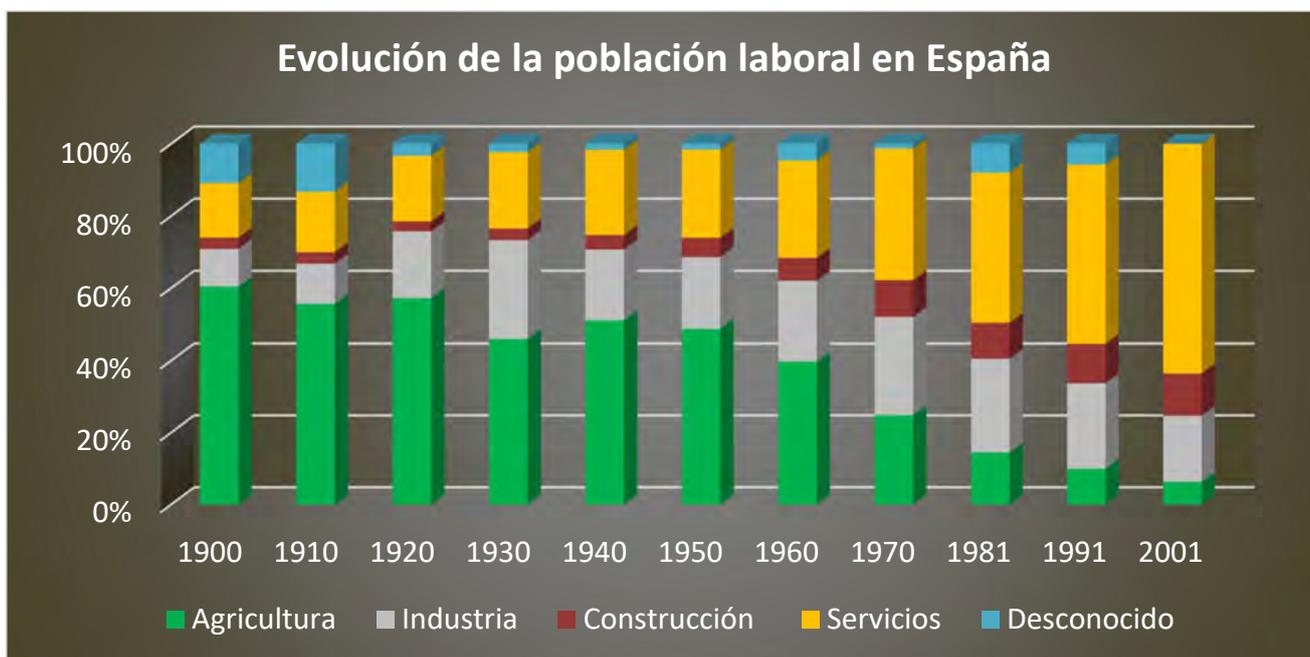


Figura 1. Evolución de la distribución laboral española

Es el caso de la educación, la sanidad o el ocio. Hoy día en España podemos permitirnos una educación obligatoria hasta los 16 años de edad evitando de esta forma el trabajo infantil. Además, tenemos universidades públicas repartidas por todo el territorio nacional, con costes asequibles para los ciudadanos. En cuanto a la sanidad pública, es de bajo coste para los usuarios y de reconocida calidad en

todo el mundo. Y el sector del ocio que incluye al turismo está considerado como la primera fuente de ingresos para la economía española.

Un ejemplo de lo que sucedió en el mundo desarrollado lo podemos ver en la evolución del mercado laboral en España (Figura 1). Aunque hay que hacer la salvedad de que nuestro desarrollo industrial se produjo con un cierto retraso

con respecto a otros países europeos. En la gráfica siguiente se muestra la evolución de la población laboral española, según el retraso en la industrialización se mantuvo hasta la década de 1950. Por ello, entre 1900 y 1950 solamente hubo cambios leves en el mercado laboral. La mayor parte de los trabajadores se concentraban en el sector primario que incluye agricultura, pesca y minería como principales subsectores y la disminución de mano de obra de este se trasladó al sector secundario (industria y construcción) mientras que apenas cambiaba la población dedicada al sector terciario. En cambio, después de la época del denominado "desarrollismo español" (1964-1975) y la Revolución Verde (década de 1970) el mercado laboral cambió radicalmente. Solamente un 3.8% de los trabajadores son actualmente necesarios en el sector primario lo cual libera gran cantidad de recursos humanos para sectores como la educación y la sanidad entre otros.

Pero no solamente se ha influido en la distribución laboral. Hay que añadir el incremento demográfico que se ha producido tanto en España como en todo el mundo durante el siglo XX y que puede atribuirse en parte a la mejor alimentación y en parte a una mejor sanidad. En la Figura 2 se muestra el aumento de población del último siglo y la clara relación que existe con el proceso Haber-Bosch<sup>3</sup>.

También hay que tener en cuenta que el acceso a la educación y a la cultura ha llevado a que cada vez más personas se dediquen a la investigación trayendo nuevos descubrimientos e inventos que mejoran nuestra calidad de vida. Y podemos citar que las guerras debidas al hambre se pueden considerar erradicadas en el mundo. En resumen, se puede decir que el proceso Haber-Bosch es el principal responsable del desarrollo social, científico, cultural y económico que la humanidad ha vivido durante el siglo XX. Y como hemos visto, ambos científicos se vieron recompensados en su momento por el premio Nobel. Pero no todo ha sido bueno, como veremos más adelante.

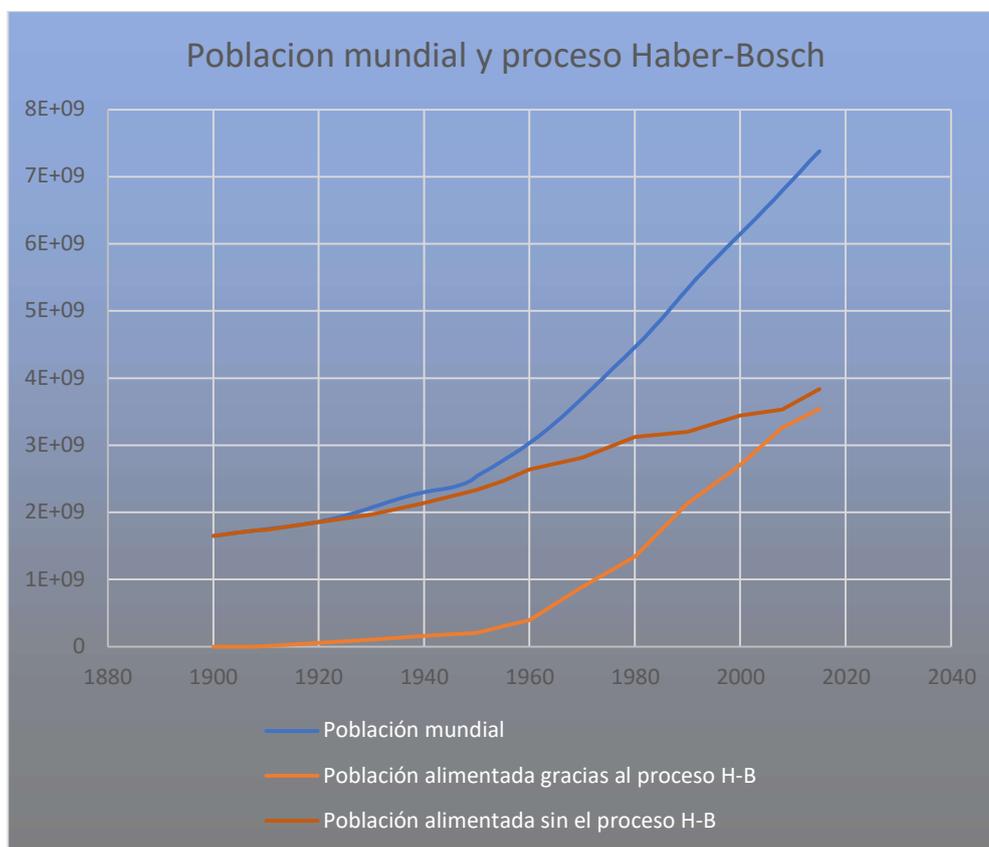


Figura 2. Evolución de la población mundial y relación con el proceso Haber-Bosch.

Hoy en día se sigue fabricando amoníaco mediante procesos industriales que básicamente no se diferencian del método original. El nitrógeno se obtiene del aire, el hidrógeno a partir del carbón, petróleo o mayoritariamente del gas natural. Se ha mejorado la eficacia del proceso global empleando mejores catalizadores y ajustando las condiciones experimentales. Se consume una cantidad considerable (entre el 1 y el 2 %) de toda la energía mundial y la mayor parte de este consumo energético se debe a la producción de hidrógeno. El amoníaco que se obtiene se puede utilizar directamente como fertilizante pero es más frecuente transformarlo en nitratos mediante el proceso Ostwald. Actualmente se obtienen por este método 170 millones de toneladas de nitrógeno en forma de amoníaco. Sus principales usos son como fertilizante, que se acerca al 90% del total, fabricación de plásticos y de explosivos. Ya supone más del 50 % de la producción de alimentos en el mundo<sup>4</sup>

## ¿Y el medioambiente?

No existen problemas de escasez de materia prima ya que existe  $N_2$  de sobra en la atmósfera. Pero sí es un problema el consumo de energía. Por una parte, la reacción de obtención de amoníaco ha de realizarse a elevada presión y temperatura, lo cual supone un consumo elevado de energía. Pero es mucho más grave el problema de la síntesis del hidrógeno. Se obtiene a partir del vapor de agua que reacciona a alta temperatura con un combustible fósil, como ya se ha citado. De esta reacción se obtienen grandes cantidades de dióxido de carbono que se expulsan a la atmósfera. Se suele calcular esta cantidad en el 1.6% del dióxido de carbono producido en todo el mundo. El hidrógeno obtenido por hidrólisis del agua a partir de fuentes de energía renovables aún no es competitivo en precio. En el momento de escribir este texto (2020) existe un ambicioso programa de la Comunidad Europea para producir hidrógeno a partir de energías renovables: la Alianza Europea del Hidrógeno Limpio (ECHA, por sus siglas en inglés). Algunas de las plantas de producción previstas están asociadas a industrias de obtención de amoníaco. El

éxito de esta iniciativa dependerá del abaratamiento de la energía de origen renovable. Pero puede suponer la solución del principal problema medioambiental de este sector industrial aunque no sea una solución a corto plazo.

Otro problema, en parte ambiental y en parte social, es el desplazamiento de la población de zonas rurales a zonas urbanas. Aunque inicialmente la rápida acumulación de pobladores en las ciudades trajo ciertos problemas de contaminación debidos sobre todo a la eliminación de residuos, estos se han ido solucionando con el tiempo. El esfuerzo realizado en crear depuradoras de aguas residuales incluso en poblaciones y fábricas pequeñas, la gestión inteligente de los residuos sólidos y las medidas para evitar la contaminación del aire, aunque polémicas en su inicio han acabado demostrando su eficacia y utilidad. Pero esta migración ha traído un problema en la parte contraria: buena parte del territorio rural ha sido abandonado o semiabandonado por no ser viable económicamente. Una consecuencia de esto, por ejemplo, es que los incendios forestales han aumentado en número e intensidad ya que ciertas labores tradicionales (recogida de leña, pastoreo en bosques) se han abandonado y ha aumentado la cantidad de materia combustible en zonas arboladas. Este material, ahora abundante, explica la intensidad y ferocidad de los incendios forestales en los últimos años.

Un tercer problema medioambiental se debe a que los compuestos fertilizantes utilizados en la agricultura, que como se ha dicho son muy solubles en agua, acaban siendo arrastrados por el riego o la lluvia hasta alcanzar aguas naturales subterráneas o superficiales. Se producen consecuencias no deseables como son la eutrofización y la pérdida de biodiversidad. La primera consiste en que un aporte excesivo de nutrientes inorgánicos (generalmente nitrógeno o fósforo) da lugar a un crecimiento descontrolado de algas fitoplanctónicas. Estas agotan los nutrientes limitando su acceso a otros seres vivos como las algas que crecen en el fondo del río o lago. Además, acaban formando una capa en

la superficie que evita el paso de luz hacia el fondo y con ello la fotosíntesis. Las algas del fondo mueren iniciando la degradación de la cadena alimenticia. Y además, al descomponerse consumen el oxígeno disuelto en el agua con lo cual el ecosistema se degrada aún más. El efecto es más marcado en zonas con escaso flujo de agua (embalses, lagos o charcas) que en ríos o arroyos donde el agua puede renovarse con más facilidad. Se ha calculado que el 78% de la eutrofización es producida por la agricultura<sup>5</sup>. Una segunda consecuencia es que ciertos seres vivos con alta tasa de reproducción aprovechan la abundancia de nutrientes para colonizar el ambiente contaminado y expulsar a otras especies competidoras. Es decir, que disminuye la biodiversidad.

Pero no todos los efectos sobre el medio ambiente son negativos. Una característica positiva de esta industria es que la mayor parte de la producción se consume de forma local, lo que disminuye el impacto debido al transporte. Pero lo más importante es que la mayor producción por hectárea ha tenido como consecuencia que muchas tierras de cultivo se hayan abandonado y ahora sean parajes naturales. No hay que olvidar que en España dedicamos un tercio del territorio a cultivos agrícolas que sería la mitad si añadimos los terrenos de pasto. Es decir, que quedan 25 millones de hectáreas a repartir entre espacios construidos (una cantidad despreciable), terrenos improductivos (de dudosa definición, porque la vida coloniza cualquier espacio) y espacios naturales. Un menor uso de la tierra supone una mayor cantidad de naturaleza libre. La mejora de producción por hectárea debida a los fertilizantes nitrogenados es difícil de determinar, ya que también depende de numerosos factores como la fertilidad de la tierra, el acceso al agua, la especie cultivada, etc. Pero un valor razonable podría ser del 30 %. Supongamos ahora que en España dejamos de emplear este tipo de fertilizantes y tenemos que ampliar la superficie destinada a la producción agrícola. Eso supondría cultivar otros 10 millones de hectáreas que habría que restarlos principalmente de los espacios naturales. ¿Merecería la pena? ¿Es más dañino el impacto medioambiental del

uso de fertilizantes nitrogenados artificiales o el eliminar tal cantidad de espacios naturales?

Es indudable que el proceso Haber-Bosch de obtención de amoníaco ha sido uno de los más importantes inventos de la historia de la humanidad: ha ayudado a eliminar el hambre por primera vez y es uno de los principales responsables del desarrollo económico, social y cultural que hemos disfrutado en el último siglo. Son indudables sus ventajas pero, desde el punto de vista del medioambiente, ¿Cuál es el resultado final? ¿Es ángel o demonio?

<sup>1</sup> [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2007/27apr\\_nox](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2007/27apr_nox).

<sup>2</sup> Erisman, J. W., Sutton, M. A., Galloway, J., Klimont, Z., & Winiwarter, W. (2008). *How a century of ammonia synthesis changed the world*. *Nature Geoscience*, 1, 636–639.

<sup>3</sup> Max Roser and Hannah Ritchie (2013) - "Fertilizers". Publicado online at OurWorldInData.org. Obtenido de 'https://ourworldindata.org/fertilizers'. Datos publicados en la referencia 2.

<sup>4</sup> Astrid Barona, Begoña Etxebarria, Aida Aleksanyan, Gorka Gallastegui, Naiara Rojo, Estibaliz Díaz-Tena. *A Unique Historical Case to Understand the Present Sustainable Development*. *Sci Eng Ethics* (2018) 24, 261–274.

<sup>5</sup> Poore, J., & Nemecek, T. (2018). *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers*. *Science*, 360(6392), 987-992

# Sobre la Circularidad de la Economía de los Residuos de Envases

**Alberto Vizcaíno López**  
Ambientólogo, Productor de Sostenibilidad



**Alberto Vizcaíno López** es Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Alcalá de Henares, colegiado en el Colegio Profesional de Ambientólogos de la Comunidad de Madrid

y autor del blog [Productor de Sostenibilidad](http://www.productordesostenibilidad.es) ([www.productordesostenibilidad.es](http://www.productordesostenibilidad.es)). Ha publicado el libro "[Contenedor Amarillo S.A.](http://www.contenedoramarillo.es)" ([www.contenedoramarillo.es](http://www.contenedoramarillo.es)) en el reflexiona sobre los impactos y la necesidad de mejorar el sistema de recogida selectiva de envases.

Si hay un sector de actividad en el que se hace uso de la expresión "economía circular" es, sin duda, el de la producción y distribución de envases y productos envasados. Desde que empezamos a tomar conciencia del problema de la contaminación por plásticos y el despilfarro de recursos que suponen los envases de usar y tirar, los focos se pusieron en el ámbito del "packaging".

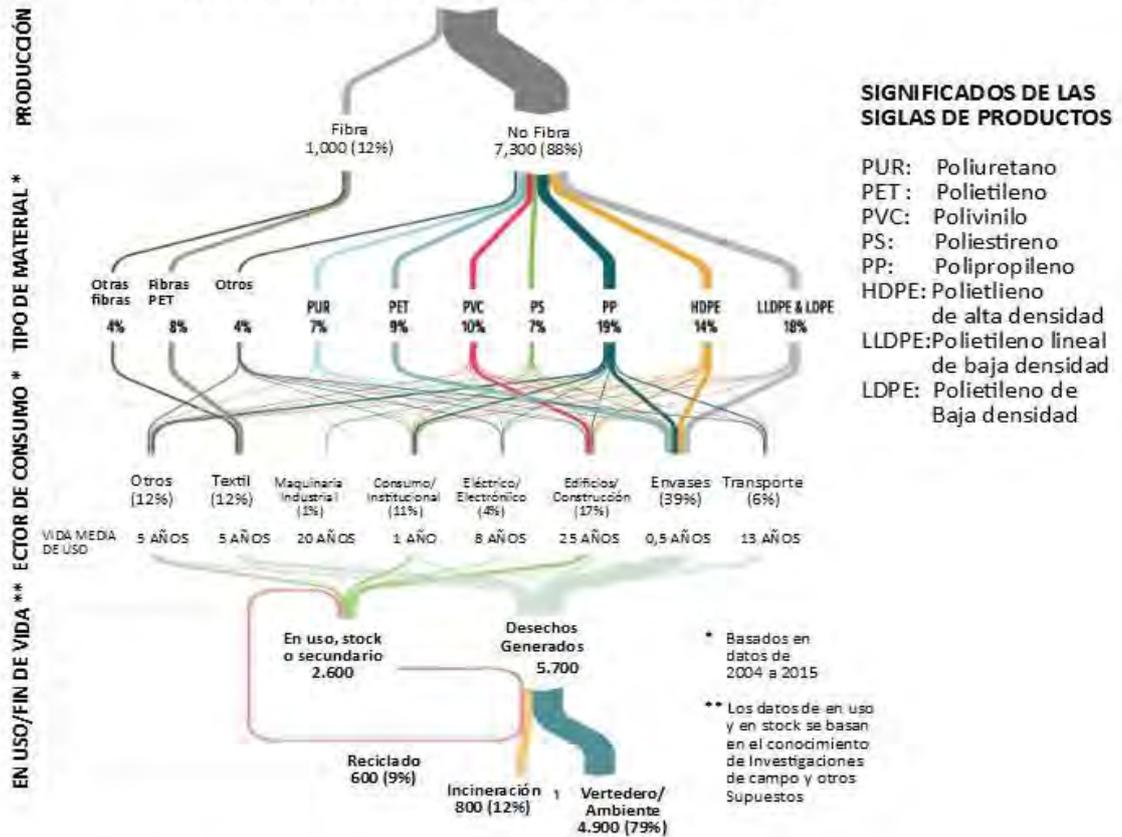
Y es que una parte importante de todo el plástico que se produce actualmente, cerca del 40% en el caso europeo según datos de la propia industria (PlasticsEurope, 2020), se utiliza para

fabricar envases. La propia industria también manifiesta que actualmente sólo se recicla un 32,5% del total de los plásticos que se convierten en residuos, acabando cerca del 25% en vertederos y destinando más del 42% a incineradora.

Para el caso de los envases de plástico, la Fundación Ellen MacArthur recogía que solo el 2% consiguen cerrar el ciclo de la pretendida economía circular a escala global (World Economic Forum, 2016). Y, en la misma línea, el estudio *Production, use, and fate of all plastics ever made* (Roland Geyer, Jenna R. Jambeck, & Kara Lavender Law, 2017) recogía que apenas hemos reciclado un 9% de todos los residuos de plástico generados.

Las cosas se presentan un poco mejor para los envases metálicos, un poco peor para envases compuestos, como es el caso de los briks, cuya recuperación se complica debido a las distintas capas superpuestas de materiales cuya separación resulta compleja y costosa. Para entender la necesidad de mejora en el sector basta con echar un vistazo a los impactos ambientales que genera la proliferación de envases de usar y tirar. No es solo que los residuos de envases floten en la superficie del océano o se acumulen en las playas. Esto es solamente

## 8.300 MILLONES DE TONELADAS MÉTRICAS



Fuente: Production, use, and fate of all plastics ever made. Roland Geyer, Jenna Jambeck and Kara Lavender Law Science Advances 19 July 2017. El Diagrama de Sankey tomado de Resource Recycling sobre el plástico de los últimos 65 años en <https://resource-recycling.com/recycling/2017/12/01/data-come-fate-plastics-produced-65-years/>

una pequeña parte de un problema mucho más complejo. Las corrientes termohalinas podrían estar controlando la distribución de microplásticos y creando puntos calientes de acumulación. Las mismas corrientes que alimentan los puntos críticos de biodiversidad (Ian A. Kane, 2020).

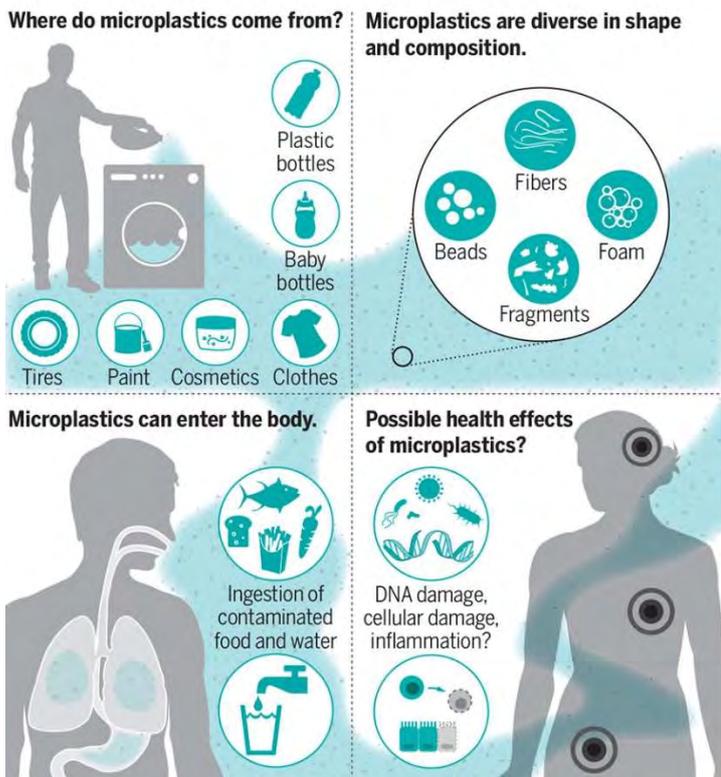
También se ha identificado la capacidad de los microplásticos para viajar en el aire, llegando a lugares remotos del planeta (Melanie Bergmann, 2019), y entrando en nuestros pulmones – como cualquier otra partícula de contaminación atmosférica- causando problemas de salud. Las partículas más pequeñas serían capaces de acceder a todos los órganos, atravesando las membranas celulares, la placenta y el cerebro. Si bien existen lagunas de conocimiento sobre su absorción, distribución, metabolismo y excreción, una vez en contacto con los revestimientos epiteliales del pulmón o del intestino, o después de ser internalizados, los microplásticos pueden causar toxicidad

física, química y microbiológica, pudiendo actuar de forma acumulativa.

Estudios en cultivos de células humanas y en roedores indican el potencial de los microplásticos inhalados o ingeridos para causar efectos biológicos, incluyendo toxicidad física que conduce a estrés oxidativo, secreción de citocinas, daño celular, reacciones inflamatorias e inmunes y daño al ADN, así como efectos neurotóxicos y metabólicos. De manera similar a los efectos observados en los estudios de exposición a partículas ambientales, los estudios epidemiológicos han informado de lesiones pulmonares, que incluyen inflamación, fibrosis y alergia, en trabajadores de la industria del plástico y textil que están expuestos a grandes cantidades de polvo de fibras de plástico. (A. Dick Vethaak, 2021).

Si nos fijásemos en alternativas al plástico, como las latas, también encontraríamos problemas de afección a la salud. Y es que el interior de estos envases contiene una fina capa de plástico para

evitar que las conservas y las bebidas interactúen con el metal. En el caso del aluminio, elemento más que sospechoso de ser neurotóxico, esa película es clave para evitar el daño que podría causar en nuestro cerebro este metal en contacto con alimento.



“GRAPHIC: N. CARY/SCIENCE”

Pero ese plástico no está exento de problemas para la salud. Cuando Nicolás Olea afirma que “El cien por cien de los niños españoles mea plástico cada día» (Pilar, 2019) se refiere, entre otras sustancias, a algunas de las que migran desde el recubrimiento interno de las latas a lo que guardamos dentro. Entre ellas destaca el Bisfenol A (BPA), una sustancia que se ha prohibido en países como Francia o que hemos limitado en usos como los biberones, pero que sigue presente en las latas de bebidas y para conservas.

En “Enfermos, gordos y pobres” Leonardo Trasande habla largo y tendido de disruptores endocrinos, sus efectos sobre la salud y cómo prevenirlos. En particular, en las latas y sus plásticos el problema empieza, para este autor, desde la fabricación: “un estudio chino sobre trabajadores de una fábrica que utilizaban BPA para producir latas de aluminio sí asoció los niveles elevados en la orina con una libido reducida, disfunción eréctil y dificultad para eyacular”

(Trasande, 2020). El drama está servido. En bandeja de plástico.

A pesar de estos datos sobre la producción y reciclaje del plástico o las evidencias sobre los impactos para la salud la normativa avanza muy despacio y seguimos recibiendo información contradictoria.

Así, la creciente inquietud social por el problema de los envases de plástico de usar y tirar, reflejada –entre otras muchas– en la campaña #DesnudaLaFruta iniciada por la ambientóloga Isabel Vicente con una fotografía de una cebolla absurdamente plastificada (Vicente, 2017), tiene respuesta por parte de la industria del plástico: la Asociación de Investigación de Materiales Plásticos y Conexas (AIMPLAS), también conocido como el Instituto Tecnológico del Plástico, nos pide que no culpemos al plástico y trata de trasladar a los ciudadanos las responsabilidades que las decisiones de quienes utilizan plásticos de usar y tirar en sus modelos de negocio. Desinformación para distraer la atención sobre el impacto y los problemas ambientales, sociales y económicos que los plásticos de usar y tirar causan a todas las personas que habitamos este planeta.

¿Problemas sociales? Sí. Quizá hemos centrado demasiado el foco en el impacto de los plásticos de usar y tirar en los ecosistemas. Hemos hecho virales las fotografías de albatros muertos de inanición con su estómago llenos de tapones de botellas de refrescos de cola, las tortugas con pajitas en la nariz y otros tantos animales atrapados en bolsas de plásticos. Pero el envase de usar y tirar es aliado necesario de impactos sociales y económicos que nos afectan a todos. En particular del cierre del pequeño comercio y de la desaparición de la producción local y de proximidad.

Los alimentos plastificados lo están para poder viajar miles de kilómetros en aviones y barcos que los mueven a través de cadenas logísticas. Grandes corporaciones de la distribución se alían con los envases de usar y tirar para generar miseria en origen y pobreza en destino. Quizá te lo presenten como comodidad, o el lujo de disponer de variedad de alimentos durante cualquier

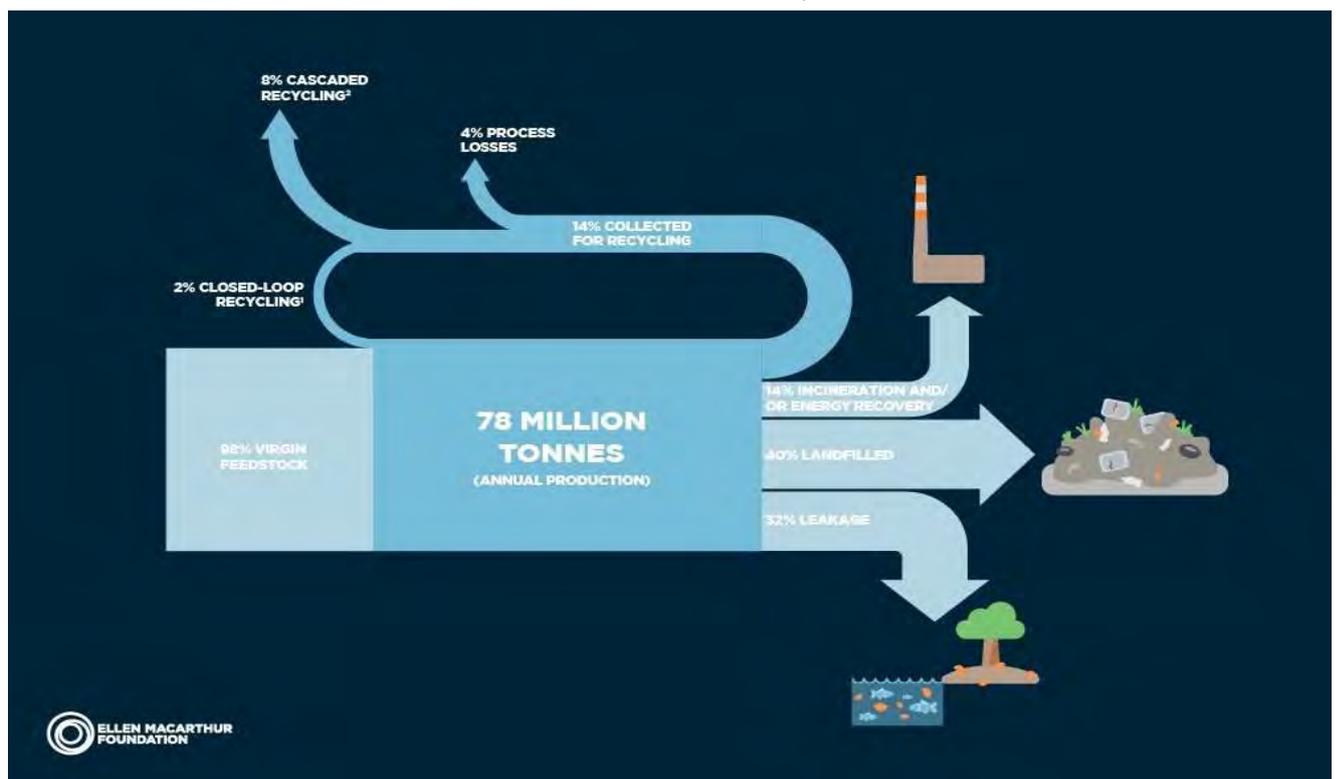
momento del año. Pero hacen desaparecer la diversidad de productos locales en aras de una cuenta de resultados corporativa que afecta al planeta y externaliza costes al conjunto de la sociedad.

Podríamos hablar de esos espárragos cultivados y envasados en Chile que se venden en Madrid con un etiquetado engañoso que haría pensar que estamos consumiendo un producto navarro. Tomates, melones, piñas... futas procesadas cuyas cadenas de producción implican varias vueltas al mundo antes de llegar a tu mesa desde los lugares de producción, preparación y envasado. Modelos de negocio que explotan la precariedad laboral, una escasa regulación ambiental o la falta total de respeto a los ciclos naturales de los ecosistemas donde se priva a la población local de su medio tradicional de subsistencia.

También podemos poner el ejemplo de las marcas de refrescos. De como la empresa Austriaca Red Bull –que desde que en 1987 vendiese su primera lata ha llegado a estar presente en más de 170 países- patrocina distintos tipos de competiciones deportivas en las que promociona el consumo de sus productos al aire libre, estrategia de negocio que la hace figurar como una de las marcas que

más basuras dispersas genera, según recogidas de residuos abandonados en distintos países. O de Coca – Cola, que progresivamente ha ido haciendo desaparecer, primero, las marcas locales de refrescos a lo largo y ancho del planeta, para progresivamente ir cerrando instalaciones envasadoras próximas a lugares de consumo. El ejemplo español por excelencia es el cierre, primero, de la planta de Fuenlabrada para –gracias a la presión social- convertirla después en un centro logístico al servicio de un modelo lineal de producción, distribución y consumo posible gracias al envase de usar y tirar. Destrucción de empleo y apertura de ciclos que antes se hacían con botellas de vidrio retornable.

Así las cosas es inevitable echar un vistazo al sistema de recogida de residuos en contenedores de colores. El modelo hace que saquemos pecho porque cada vez recogemos más y más toneladas de envases de usar y tirar. Pero no podemos perder de vista, en el caso del vidrio, que esto se consigue gracias al retroceso en el uso de envases reutilizables. Con agresivas campañas que consiguen que un sector donde tradicionalmente se utilizaban botellas retornables, el sector HORECA (acrónimo de Hoteles, Restaurantes y Cafeterías), deje de hacerlo para hacerse la foto con los promotores del envase de usar y tirar.



Fundación Ellen MacArthur

Y es que el reciclaje no ocurre en el contenedor amarillo. Tras la entrega separada de los residuos viene un proceso largo y complejo de recogida, clasificación, tratamiento y -en el mejor de los casos- reciclaje de materiales recuperados de nuestros residuos.

Para poder hablar de una economía circular de los envases y residuos de envases tendríamos que empezar por la capacidad de los contenedores de la recogida selectiva. Después de más de 20 años de funcionamiento todavía no se ha implantado un sistema que dé cabida a la totalidad de los residuos de envases comercializados. En ciudades como Madrid la capacidad apenas cubre el 30% de todos los envases recogidos. Así pues, por muchas campañas de concienciación que se hiciesen difícilmente mejorarían los datos de reciclaje.

Partiendo de esa capacidad no es de extrañar que la inmensa mayoría de los residuos de envases que llegan a las plantas de tratamiento y clasificación de las basuras domésticas lo hagan en líneas que no están preparadas para recuperar los materiales reciclables, con lo que destinamos a vertedero e incineración una buena parte del total de los residuos de envases.

Aquí es importante no perder de vista que el plástico proviene de un recurso fósil, el petróleo, cuyo consumo abusivo presenta dos desafíos importantes. El primero la futura escasez de la materia prima, necesaria para usos críticos tanto en industrias varias como en sanidad. El segundo es la contribución a las emisiones de efecto invernadero que generamos con la conversión del residuo plástico en combustible para incineradoras.

Todo ello sin perder de vista que estos contenedores son parte de la responsabilidad ampliada del productor con la que la legislación europea busca que quienes ponen en el mercado productos que con su uso se convierten en residuos asuman los costes de recoger y gestionar esos residuos.

Mientras no tengamos capacidad suficiente para recoger todos los envases en los contenedores de recogida selectiva el sector del producto envasado seguirá

trasladando costes a los ayuntamientos que se hacen cargo de esos residuos en papeleras, contenedores no destinados a envases o mediante los servicios de limpieza de los residuos abandonados.

Un escenario abonado para buscar soluciones creativas para financiar la recogida y tratamiento de los residuos fuera de esos sistemas de responsabilidad ampliada del productor. El problema es que mientras no incorporen los costes que generan sus envases de usar y tirar, los consumidores seguiremos percibiendo los productos de las corporaciones de la distribución como más baratos que las alternativas a granel y de proximidad. Y lo son en la medida en que consiguen su precio generando externalidades que van desde la contaminación por plástico a la concentración de la producción en macrogranjas o la destrucción de ecosistemas naturales y sistemas tradicionales para la implantación de cultivos industrializados.

Así pues, y pese a innovaciones cada vez más prometedoras, seguimos muy lejos de alcanzar una pretendida economía circular para los envases. El reciclaje, tal y como está planteado actualmente no parece ser, después de dos décadas de funcionamiento, la solución al creciente consumo de envases de usar y tirar. Quizá va siendo hora de revisar el modelo de producción, distribución y consumo adaptando soluciones de reducción y reutilización, esas erres prioritarias a las que, en algún momento, dejamos de prestar atención. La sostenibilidad tiene tres pilares y no podemos olvidar el social. Elegir envases que contribuyan a una mejor redistribución de la riqueza y a unas mejores oportunidades de trabajo, tanto en la producción de alimentos como en su distribución y comercialización, es la opción más sostenible.

## Referencias

A. Dick Vethaak, J. L. (2021). Microplastics and human health. *Science*.  
doi:<https://doi.org/10.1126/science.abe5041>

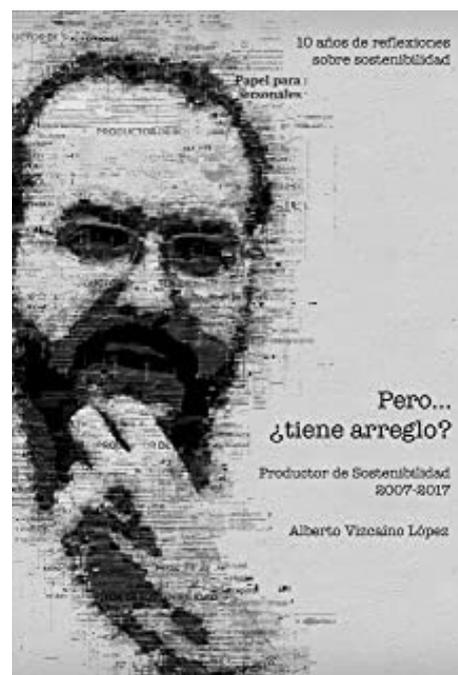
Ian A. Kane, M. A. (2020). Seafloor microplastic hotspots controlled by deep-sea circulation. *Science*.  
doi:<https://doi.org/10.1126/science.aba5899>

Melanie Bergmann, S. M. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*.  
doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>

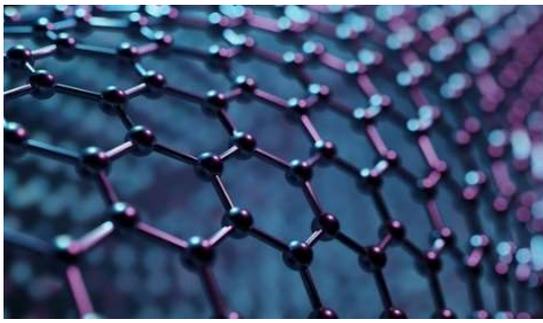
PlasticsEurope. (2020). *Plastics - the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Obtenido de [https://www.plasticseurope.org/download\\_file/force/4261/632](https://www.plasticseurope.org/download_file/force/4261/632)

Roland Geyer, Jenna R. Jambeck, & Kara Lavender Law. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *American Association for the Advancement of Science*.  
doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

World Economic Forum. (2016). *The New Plastics Economy. Rethinking the future of plastics*. Obtenido de [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_New\\_Plastics\\_Economy.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf)



Si quieres conocer mas sobre la Economía Circular os recomendamos los Libros del autor del Artículo **“Contenedor Amarillo s.a.”** y **“Pero tiene arreglo”**



# NANOTECNOLOGÍA E INDUSTRIA TEXTIL

María Blanca Ruiz Santiago

## ¿Qué es la Nanotecnología?

La nanotecnología es la tecnología que se realiza en la escala de los nanómetros o nanoescala. Implica y comprende todos los métodos de síntesis, manipulación, estudio, diseño y creación de materiales, sistemas y aparatos que se realizan en la escala nanométrica. Esta escala comprende un tamaño de entre 1 a 100 nanómetros. La nanociencia se basa en el estudio de la nanotecnología y de los procesos que ocurren en las estructuras a esta escala. El prefijo *Nano* indica el orden de  $10^{-9}$  metros, o la millonésima parte de un metro.

## Historia de la Nanotecnología

El desarrollo de la nanotecnología es relativamente reciente, aunque su empleo es de hace miles de años. La tinta china o el esmaltado vidriado son ejemplos de la utilización de esta tecnología en la antigüedad. [2] En 1959 Richard Feynman (1918-1988) dio un discurso llamado “En el fondo hay espacio de sobra” en el que preguntó: “¿Por qué no manipular la materia átomo a átomo?”. Actualmente se le considera el padre de la nanotecnología moderna. Feynman fue el ganador del premio Nobel de Física en 1965.

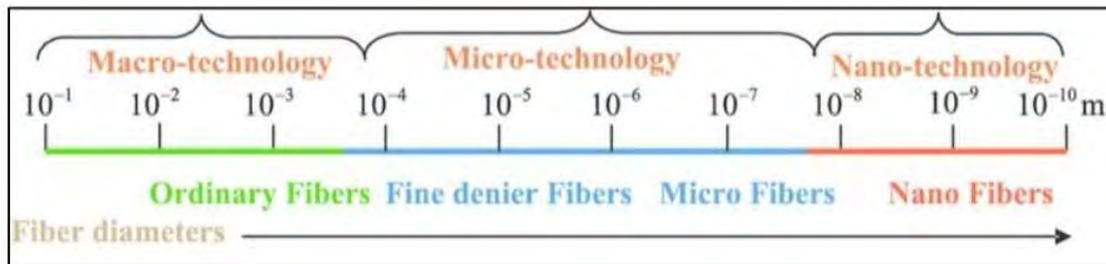


Ilustración 1: Fuente The Pharma Innovation Journal [1]

El término “nanotecnología” fue utilizado por primera vez en 1974 por Norio Taniguchi (1912-1999), científico japonés que se refirió con este término a la separación de materiales átomo por átomo. En el año 1979 ocurre la primera obtención de nanotubos de carbono, por John Abrahamson y Peter Wiles [1]. En 1981 suceden dos logros importantes, por un lado, Gerd Binnig (n. 1947) y Heinrich Rohrer (1933-2013) dieron a conocer el Microscopio de Efecto Túnel (Scanning Tunneling Microscope, STM) con el que se puede observar la materia a nivel atómico. Estos investigadores recibieron el Premio Nobel de Física en 1986. Por otro lado, Kim Eric Drexler (n.1955) publicó trabajos de ingeniería molecular que generaron controversia entre la comunidad científica. Fue en 1986 cuando este ingeniero publicó el libro *Motores de la creación: la próxima era de la Nanotecnología*, lo que supuso la aceptación definitiva de la nanotecnología.

En 1981 Alekséi Ekimov descubrió los puntos cuánticos (quantum dots, QDs). En

1985, Harold Kroto (n. 1939), Robert Curl (n.1933) y Richard Smalley (1943-2005) descubrieron los fullerenos, por lo que les concedieron el Premio Nobel de Química en 1996. En 1986 Gerd Binnig, Calvin Quate y Christoph Gerber inventaron el microscopio de fuerza atómica (Atomic Force Microscope, AFM). En 1989 se fundó la primera compañía nanotecnológica, llamada Nanophase Technologies.

C.T. Kresge y su equipo, en 1992, sintetizaron dos materiales catalíticos nanoestructurados (MCM-41 y MCM-48), basados en matrices de nanoporos cilíndricos y en 1993 se aplicó por primera vez la nanotecnología al diagnóstico de enfermedades. A partir del año 2000 se realizaron varios avances y se asentaron las bases de la nanotecnología, lo que dio lugar a multitud de descubrimientos. En el año 2004, Andre Geim (n.1958) y Konstantín Novosiólov (n.1974) aislaron por primera vez el grafeno, lo

que hizo que ganaran el premio Nobel de Física en 2010.

El uso de la nanotecnología ha tenido un gran impacto socioeconómico en los últimos años y ha derivado en la fabricación de gran cantidad de productos como pantallas de televisión, smartphones, cámaras digitales, protectores solares transparentes, material deportivo... un ejemplo es que el jugador de Roger Federer ganó el campeonato de Wimbledon en el año 2004 usando una raqueta reforzada con nanotubos de carbono [2].

El mercado de la nanotecnología ha ido creciendo y actualmente existen más de 4.000 empresas en el mundo que se dedican a la nanotecnología siendo los países que más impulsan este mercado Estados Unidos, Japón, Alemania y China.[2] La nanociencia y la nanotecnología son los campos de mayor impacto de transformación en la sociedad del siglo XXI. Muchos sectores productivos muestran un creciente interés por el desarrollo de las nanotecnologías y las posibilidades que ofrecen.

## Nanomateriales y sus aplicaciones

Los nanomateriales presentan un tamaño característico de 1 a 100 nanómetros. Además del tamaño, es importante tener en cuenta otros elementos y características de estos materiales, como la masa, el área superficial, los efectos de confinamiento y las propiedades ópticas y catalíticas. Las principales propiedades de los nanoobjetos difieren significativamente de las de los denominados macroobjetos debido al tipo de átomos que los forman, como se organizan, y fundamentalmente por el tamaño que poseen. La dispersión y absorción calorífica, elasticidad o conductividad eléctrica dependen de las propiedades que estos materiales poseen en la escala nanométrica. A medida que se reduce el tamaño, el número de átomos que se encuentra en la superficie es cada vez mayor con respecto al número de átomos que ocupa el volumen [3]. Este hecho es relevante en el comportamiento de la materia a escala de nanómetros.

Entre las aplicaciones más importantes de la nanotecnología cabe resaltar el uso de nanomateriales para la remoción de contaminantes químicos, pesticidas, virus y bacterias en el agua o el uso de la tecnología de filtración basada en nanofibras. Se han desarrollado celdas solares orgánicas e inorgánicas nanoestructuradas, baterías, supercondensadores, diodos emisores de luz, almacenamiento de hidrógeno, termoelectricidad, refrigeración magnética,

nanogeneradores piezoeléctricos y otros dispositivos que resaltan el uso de la nanotecnología con relación a la energía y su almacenamiento. En el sector agrícola y pecuario se han desarrollado nanopesticidas, nanopartículas que contribuyen al crecimiento de las plantas, sistemas de limpieza de agua y nanosensores. En el sector de la agroindustria se busca el incremento del nivel de productividad mediante sistemas de nanoencapsulación. La nanomedicina ofrece la posibilidad de mejorar los diagnósticos y la calidad de vida a través de las nanopartículas, nanodispositivos que facilitan la distribución de fármacos y la medicina regenerativa en la que la biotecnología y la nanotecnología permiten el desarrollo de biomateriales. Otros campos de aplicación de esta tecnología son la industria aeroespacial, la industria cosmética, la industria de automoción, las tecnologías de información y comunicaciones o la industria de la construcción.[3]



Ilustración 2: Grafeno

## Aplicación de la nanotecnología a la industria textil

Las prendas textiles se fabrican a través de fibras naturales (seda, algodón), sintéticas (nylon) o artificiales (acetato de celulosa). Las características nanoscópicas pueden incorporarse mediante diferentes técnicas: Nanofibras, que se producen a través de un proceso llamado electrohilado,

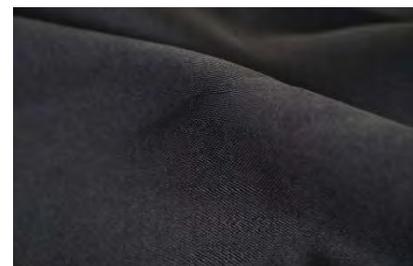


Ilustración 3: Imagen tejido

nanorecubrimientos con baños de soluciones de nanopartículas, o incorporación de membranas con nanopartículas en la confección de la prenda y nanocomposites [4]. Los materiales utilizados tienen una mayor área superficial, por lo que se obtienen mejores propiedades que con los materiales macroscópicos empleados con el mismo fin.

La incorporación de nanocompuestos, nanofibras o nanomembranas a la tecnología en este sector industrial facilita la modificación de las propiedades en los textiles. El desarrollo de tejidos técnicos o funcionales permite mejorar las características que poseen.

Algunas de las propiedades son la repelencia al agua [5] y al aceite, la resistencia UV o antimicrobiana, la resistencia al fuego, las propiedades antiestáticas, la resistencia a las arrugas y los tejidos autolimpiables. Los nanoacabados son técnicas como el estampado, impregnación o teñido que incluyen nanopartículas o nanocompuestos poliméricos. A través de estos se han conseguido grandes avances en la industria textil y dotan de diversas funcionalidades a los tejidos.

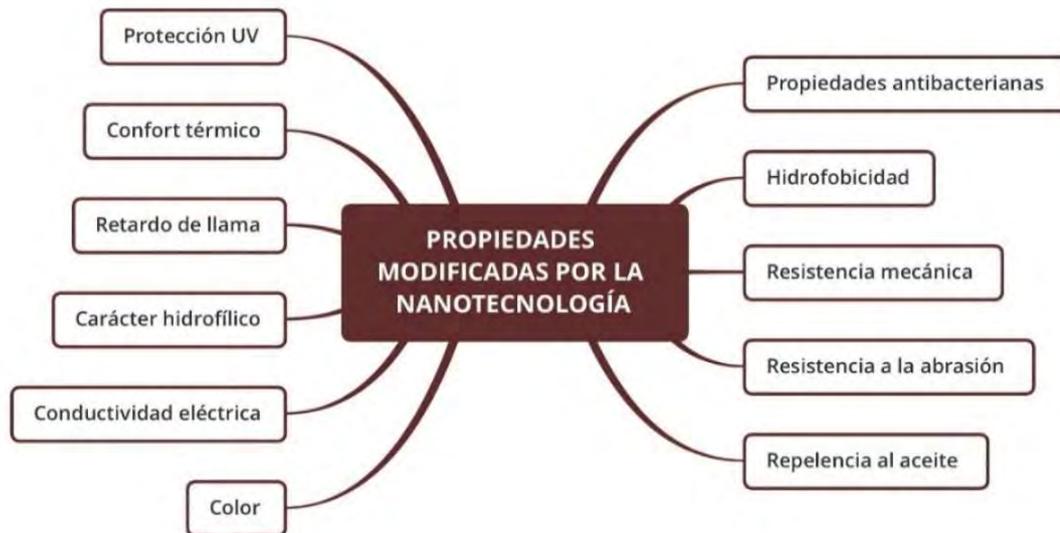


Ilustración 4: Propiedades modificadas por la nanotecnología [3][4]

Las fibras nanorreforzantes incorporan nanotubos de carbono y nanoarcillas. Algunos nanomateriales utilizados como retardantes de llama son los basados en carbono (grafeno, fullereno, nanotubos de carbono o negro de carbón), nanoarcillas, nanoóxidos ( $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ) o nanohidróxidos como el trihidróxido de aluminio. Las nanopartículas de plata,  $ZnO$  y  $TiO_2$  se utilizan para convertir las prendas en antibacterianas o antimicrobianas [6]. Las nanopartículas de plata son capaces de inhibir la multiplicación y crecimiento de hongos y bacterias que general infecciones o malos olores, ya que los iones de plata pueden desnaturalizar las proteínas que los forman cuando entran en contacto con estos. El  $TiO_2$  y el  $ZnO$  son fotocatalizadores, por lo que se utilizan en tejidos autolimpiables. Estos óxidos también absorben y dispersan la radiación UV de manera eficiente. Por otro lado, las propiedades mecánicas de los textiles pueden ser mejoradas con nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, arcillas naturales modificadas o arcillas sintéticas. Las nanopartículas de cobre dotan de propiedades antiestáticas a los textiles. [5]

Los tejidos inteligentes "Smart textiles" son

capaces de alterar su naturaleza a causa de una respuesta a cambios que puedan generarse en su entorno. Representan una gran novedad de tecnología más avanzada. Los más utilizados son medidores de temperaturas, humedad, composición química, vibraciones, sonido o presión. Dependiendo de los estímulos de carácter físico o químico que se produzcan en su entorno, poseen elementos como sensores de alta sensibilidad, supercapacitores de almacenamiento de energía, transistores, LEDs o dispositivos fotónicos. Los dispositivos electrónicos "vestibles" (WE) se incorporan a la prenda [4] junto con un nanogenerador y un supercapacitor (almacenamiento de energía) [4]. Pueden dotar a las prendas de fibra óptica, indicadores luminosos o microprocesadores. Los textiles terapéuticos se utilizan para el diagnóstico de enfermedades y los electrónicos pueden ser utilizados con fines biomédicos. Los tejidos camaleónicos modifican el color en función de la intensidad de la luz o el calor y los cosmetotextiles tienen microcápsulas con moléculas aromáticas que proporcionan el bienestar al usuario [3]

Aplicación de los textiles con nanotecnología	
Sector salud	Textiles antibacterianos, antisépticos, antitoxinas, antivirus, antifúngicos, protectores UV.
Sector militar y defensa	Textiles a prueba de gérmenes y de balas, antimicrobiales, con protección contra incendios y filtración de agentes biológicos, con cambio de color.
Sector industrial	Nanotextiles para la filtración de agua y aire contaminados, para remoción de compuestos químicos, bacterias y colorantes. Reutilización de aguas industriales.
Industria de la construcción	Geotextiles de alta dureza, resistencia, para aplicaciones de ingeniería geotécnica, capas colectoras de gases, membranas para barreras químicas y bioprotectoras, conservación de agua. Telas y papel tapiz con propiedades antifúngicas y antibacterianas.
Ropa deportiva	Control de temperaturas externas, protección UV, control de olores, resistencia al viento y al agua, resistencia al manchado, repelencia a los mosquitos, secado rápido.

Ilustración 5: Aplicaciones de los textiles con nanotecnología <sup>[3][5]</sup>

Algunos ejemplos de aplicaciones de los tejidos inteligentes son prendas de protección, como *Proetex*, proyecto de la Unión Europea para desarrollar tejidos inteligentes para bomberos y equipos de rescate <sup>[4][6]</sup> o *Climalite* (*Adidas*), que sirve para la regulación de la temperatura durante los entrenamientos deportivos. La firma BMW ha desarrollado un prototipo llamado GINA, un recubrimiento textil inteligente que se adecua a diferentes situaciones, como altas velocidades. GINA es el acrónimo del término alemán Geometrie und Funktionen in N-facher Ausprägung (Geometría y Funciones en eNésimas Direcciones). Este material es resistente a altas y bajas temperaturas, es resistente al agua y translúcido. Dockers, Ralph Lauren y Nike han desarrollado unos tejidos con repelentes de virus y bacterias. Además, absorben los rayos UV. Pueden repeler el café o el vino. La empresa Nano-Tex ha desarrollado estas tecnologías y trabaja con grandes fabricantes de ropa. La empresa Dogi International Fabrics elabora tejidos para lencería y bañadores con microencapsulación, para integrar cremas, lociones o aceites con propiedades farmacéuticas o médicas. LifeShirt es una camiseta desarrollada por VivoMetrics con un tejido innovador. La electrónica integrada puede leer la presión arterial, las calorías quemadas, los pasos dados, los latidos del corazón o los niveles de oxígeno. OMSignal Smart Clothing es una empresa canadiense especializada en la creación de biosensores incrustados en la ropa que realizan un seguimiento de la respiración, la frecuencia cardíaca o el número de calorías quemadas en un entrenamiento. Esta empresa vende sus productos a diferentes compañías (Ralph Lauren, Athos y Hexoskin) que están

involucradas en la salud el bienestar, la seguridad de los trabajadores y el deporte. La firma Albini (Italia) ha desarrollado el nuevo tejido ViroFormula que combina tecnologías de nanopartículas de plata y de liposomas para repeler los virus<sup>[9]</sup>. La empresa española Sepiia, dedicada a la confección de prendas inteligentes con propiedades antiolores, antiarrugas y antimanchas, está colaborando actualmente con el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros adscrito al Centro Superior de Investigaciones Científicas, con el objetivo de desarrollar tejidos con actividad virucida para inactivar el SARS-CoV-2. Las mascarillas U-Mask tienen propiedades antibacterianas y se desarrollan para evitar el contacto entre individuos y reducir la exposición a enfermedades y contaminantes (bio-layer, nanofiltration). La firma Vollebak ha desarrollado una chaqueta confeccionada con un 65% de hilos de cobre, resistente a virus y bacterias, que además es suave, maleable y altamente impermeable, cortavientos y transpirable.

## Efectos de los nanomateriales sobre la salud y el medio ambiente

Las principales fuentes de energía que impulsan la economía son el gas, el petróleo, el carbón y el aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos. Las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen son responsables del cambio climático. Además, existen problemas medioambientales como la contaminación de suelos y aguas, la deforestación, la generación de residuos, el uso excesivo de herbicidas y pesticidas, etc. Actualmente existe una necesidad de mejorar la gestión de los recursos existentes, para lo que es importante

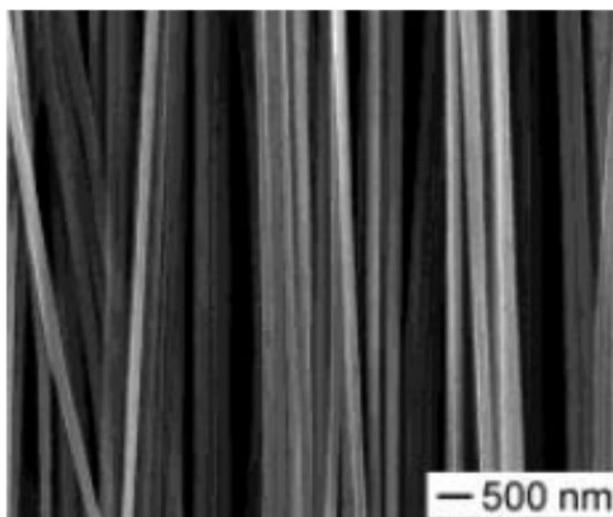
el desarrollo de la ciencia y la tecnología, además de la concienciación social. El esfuerzo individual es importante, pero también han de mejorarse los aspectos legislativos, crear unas bases políticas, una economía sostenible y una cooperación internacional [7]. En la búsqueda de soluciones se estudia la nanotecnología.

Entre los retos de la nanotecnología se encuentran fundamentalmente desafíos como la crisis de agua potable y de energía, el problema de la contaminación medioambiental, o la salud pública. En la fabricación de nanomateriales está implícita la optimización de recursos y energía. Los procesos *bottom-up* se utiliza la cantidad precisa de átomos y moléculas y se minimiza la cantidad de energía utilizada para la fabricación de materiales.[8] Es también necesario considerar que los productos derivados de la nanotecnología pueden generar contaminantes, por lo que se precisa el desarrollo de la nanotecnología verde que permita llevar a cabo un análisis de los procesos en los que se pueda realizar la recuperación de los nanomateriales o su reciclaje.

El efecto de las nanopartículas sobre la salud todavía no se ha estudiado lo suficiente. La sobreexposición a un exceso de nanopartículas puede generar problemas de salud si se acumulan en el organismo. Además, debido a su tamaño nanométrico, la eliminación de estas partículas es mucho más ineficiente. Algunas enfermedades que se han relacionado con la exposición de nanopartículas son el asma, bronquitis, enfisema, cáncer de pulmón, enfermedades neurológicas como el Parkinson o Alzheimer, la hipertensión, vasculitis o enfermedades autoinmunes, dermatitis, cáncer de colon o la arritmia y otros problemas cardiacos. También deben evaluarse los efectos de las nanopartículas sobre el medio ambiente, como la toxicidad sobre algas o plantas.

Existen ya una serie de medidas que se han adaptado en el desarrollo de esta tecnología, como el código de conducta para realizar una investigación responsable en los campos de la nanociencia y la nanotecnología por la Comisión Europea en el año 2008. En 2009 la Unión Europea lanzó el proyecto Nano Health-Environment Commented Database (NHECD), que tiene como objetivo organizar la gran cantidad de información que se está generando en los laboratorios [8]. En el desarrollo de materiales en nanoescala en los textiles es necesario emplear técnicas y normativas específicas. Es importante

determinar con precisión el tamaño, la forma y la distribución de las nanopartículas que se incorporan en los productos textiles. Para ello se utilizan técnicas de caracterización de partículas como la dispersión dinámica de luz (dls), además de técnicas de difracción láser, espectroscopía acústica, métodos electrorresistivos o técnicas de sedimentación. Para determinar la morfología se emplean microscopías electrónicas (microscopía electrónica de transmisión (TEM) y TEM de alta resolución (HRTEM) y microscopía electrónica de barrido (SEM)). Para caracterizar nanomateriales textiles se emplean técnicas como la difracción de rayos X de ángulo amplio (WAXD) y como la espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS). Existen ya algunas normativas que se han desarrollado para los nanomateriales en la industria textil, como la *aatcc 147 (Antibacterial activity assessment of textile materials: parallel streak method)*, la *iso 20645:2004 (Textile fabrics-Determination of antibacterial activity- Agar diffusion plate test)* o la *aatcc 30 (Antifungal activity:assessment on textile materials: mildew and rot resistance of textile materials)*, y algunas generales de nanotecnología como la norma *iso/ts 12805:2011 (Nanotechnologies-Materials specifications-Guidance on specifying nano-objects)*[3]



**Ilustración 6:** Imágenes SEM de nanofibras de carbono. Fuente: World Scientific News. An International Scientific Journal[9]

La nanotecnología puede ayudar a la mejora del campo de la medicina y la alimentación, y, por tanto, al aumento de la vida media de las personas. Existen multitud de aplicaciones medioambientales y para la mejora de la salud, que pueden ayudarnos a desarrollar un mundo más sostenible. También es cierto que hay nanomateriales que pueden ser liberados en el aire, el agua o en nuestro

cuerpo. La normativa vigente se aplica fundamentalmente a materiales convencionales, pero los materiales nanométricos poseen diferentes propiedades y no hay certeza de cómo pueden afectar a nuestra salud o a nuestro entorno. Es necesario, por lo tanto, la elaboración de una normativa específica a través de estudios toxicológicos de los diferentes nanomateriales. La nanotecnología puede ofrecer posibilidades revolucionarias, pero también es fundamental conocer los riesgos que conlleva. Su evolución plantea algunas preguntas y dudas. Todas las tecnologías presentan una serie de ventajas y riesgos, por lo que es importante anticiparse y tomar precauciones. Sin duda, el desarrollo de la nanotecnología supone y conlleva un gran desafío, pero se puede abordar de forma responsable a través de la investigación, y el desarrollo de la cultura y la educación.

## Agradecimientos

Prof. Rosa María Martín Aranda (Catedrática Dpto. Química Inorgánica y Química Técnica, Facultad de Ciencias de la UNED)

## Referencias

1. P. Barr, (2017), Nanotechnology in modern textile era, The Pharma Innovation Journal 2017;6(10): 287-288, India
2. A.J Acosta, (2019), Evolución de la nanotecnología y relevancia en la actualidad, La Nanotecnología, el mundo de las máquinas a escala nanométrica (pp 15-42). Barcelona. RBA libros S.A

3. M. L. Álvarez-Láinez, H. Vladimir Martínez-Tejada, F. Jaramillo Isaza, (2019), Nanotecnología, Fundamentos y aplicaciones, Editorial Universidad de Antioquia, Colombia

4. F. Martín Villa, (2018), Aplicaciones de la nanotecnología en la industria Textil. Trabajo de fin de Máster. Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química, UNED.

5. J.K Patra and S. Gouda, (2013), Application of nanotechnology in textile engineering: An overview, Journal of Engineering and Technology Research, Vol. 5(5), pp.104-111, June 2013, India.

- 6 L. Qian, J.P Hinestroza, (2004) Application of Nanotechnology for high performance textiles, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. Volume 4, Issue I, Summer 2004, North Carolina State University

7. D. Nelles, C. Serrer, (2020) El pequeño manual del cambio climático, Penguin Random House Grupo Editorial, Barcelona.

8. P. A Serena Domingo, La nanotecnología, (2010) CSIC, Los libros de Catarata,

9. A.P.S. Sawhney B. Condon, K.V. Singh, S.S Pang G. Li, David Hui, Modern Applications of Nanotechnology in Textiles. Textile Research Journal, Vol 78(8), 731-739, London

## Enlaces:

[Life Shirt By VivoMetrics - TEXTILE VALUE CHAIN](#)

[OMsignal Smart Clothing - Smart Clothing Lab - OMsignal Smart Clothing](#)

[https://www.arquitecturaydiseno.es/estilo-de-vida/esta-es-ropa-que-ayudara-a-protegerte-coronavirus\\_4349](https://www.arquitecturaydiseno.es/estilo-de-vida/esta-es-ropa-que-ayudara-a-protegerte-coronavirus_4349)

<https://www.vollebak.com/product/full-metal-jacket-black/#>

<https://es.u-mask.eu/technology>

# SIMULANDO INCENDIOS:

Modelos Matemáticos para entender

Causas y Características de los Fuegos

en los Pinares Mediterráneos

**Rodrigo Balaguer Romano y Rubén Díaz Sierra – Dept de Física  
Matemática y de Fluidos – Fac. de Ciencias – UNED**

Según un punto de vista bastante extendido, los incendios forestales son desastres causados por el ser humano y, por tanto, no deberían existir en condiciones “naturales”. Nada más lejos de la realidad, los incendios forestales llevan siendo un agente ecológico desde el momento en el que las plantas colonizaron el medio terrestre, hace 450 millones de años. Es más, la recurrencia de los incendios en determinadas zonas está ligada a los procesos que regulan la distribución de las especies vegetales terrestres.

De la misma manera que las plantas de un ecosistema están adaptadas a unos patrones históricos de lluvia fuera de los cuales se producen inundaciones o sequías perjudiciales para el medio, las plantas también están adaptadas a ciertos regímenes de incendios, fuera de los cuales sus ecosistemas se ven afectados negativamente. Es decir, los incendios forestales en sí mismos no son perjudiciales para la biodiversidad, al contrario, los ecosistemas están adaptados y han co-evolucionado con ellos, hasta el punto de que lo dañino son las alteraciones de los regímenes naturales de incendios.

Por régimen de incendios se entiende el conjunto de propiedades que caracterizan los incendios forestales de un ecosistema determinado a lo largo del tiempo. En concreto, hace referencia a la frecuencia, la intensidad, la estacionalidad y al tipo de incendio. La frecuencia se relaciona con el periodo de tiempo medio (en años, décadas o siglos) que transcurre entre incendios. La intensidad es un parámetro físico que mide la energía desprendida por el fuego, mientras que la estacionalidad hace referencia a la concentración de una mayor actividad de incendios en determinadas épocas del año. Por último, existen diferentes tipos de incendios, según el estrato, o nivel, de la vegetación afectado por el fuego. Cada uno de estos tipos es característico de diferentes ecosistemas y condiciona las características adaptativas de las plantas. Los tres grandes grupos de incendios son los de superficie, copa y subsuelo.

Los incendios de subsuelo no llegan a generar llamas en la superficie. Se dan típicamente en turberas y ciénagas, por lo que son raros en la zona mediterránea.

Por su parte, los incendios de superficie se propagan por el estrato herbáceo o la hojarasca, debido a que la discontinuidad vertical entre la superficie y las ramas de los árboles impide que el

fuego se propague a las copas. En los ambientes en los que se produce este tipo de incendios es habitual encontrar árboles de cortezas gruesas y unos estratos herbáceos muy inflamables, con capacidad de rebrotar fácilmente después de un incendio. Así, estos ecosistemas están adaptados a regímenes de incendios de poca intensidad, superficiales y frecuentes, que eliminan cada pocos años el estrato herbáceo sin dañar a los árboles. Cuando en este tipo de ambientes se suprimen los incendios mediante las actuaciones de extinción humanas, el estrato herbáceo crece sin control. La consiguiente acumulación de materia vegetal puede llegar al punto de que, cuando finalmente se dé un incendio, las llamas consigan llegar hasta las copas de los árboles. Esta modificación del régimen de incendios puede afectar seriamente al ecosistema y a sus mecanismos de equilibrio. Este ejemplo escenifica la adaptación que han alcanzado los ecosistemas a un régimen de incendios determinado, fuera del cual son vulnerables.

El último tipo de incendios son los de copa, muy característicos de los bosques y matorrales mediterráneos. En ellos, el fuego afecta prácticamente a todos los estratos vegetales incluyendo las copas de los árboles. Estos incendios pueden tener gran intensidad y severidad, produciendo la muerte de la mayor parte aérea de las plantas. Las estrategias adaptativas utilizadas por las especies que viven en estos ambientes pueden ser: rebrotar desde la base del tallo o desde órganos subterráneos, o, aprovechar la falta de competencia en territorios recién quemados para regenerar sus poblaciones mediante la germinación de semillas acumuladas en el suelo o en las copas durante los años entre incendios. Gracias a estos bancos de semillas las poblaciones se recuperan rápidamente tras un incendio, dando lugar, en ocasiones, a bosques más densos que antes del fuego. Los regímenes de incendios de copa son menos frecuentes que los incendios de superficie. Si la frecuencia de incendios fuera inferior al tiempo necesario para que estas especies generen sus bancos de semillas el ecosistema colapsaría. Por lo que, de nuevo observamos que los incendios forestales no son perjudiciales para la biodiversidad, aunque sí lo pueden ser los cambios del régimen de los incendios.

Podemos ver como los regímenes de incendios, junto con otros muchos factores, han ido moldeando las características de los pinares a lo largo de su historia evolutiva, dando lugar a bosques adaptados a condiciones ambientales concretas bajo las cuales se encuentran en equilibrio (Figura 1). Estos bosques cuentan con mecanismos que les permiten recuperarse tras perturbaciones como incendios, sequías o plagas, formando ecosistemas resilientes. El actual cambio global y, en particular, el cambio climático están poniendo en jaque las interacciones entre los distintos componentes de estos bosques, así como las consecuencias de las estrategias adaptativas de las especies que pueden ser insuficientes para impedir el colapso de estos ecosistemas.

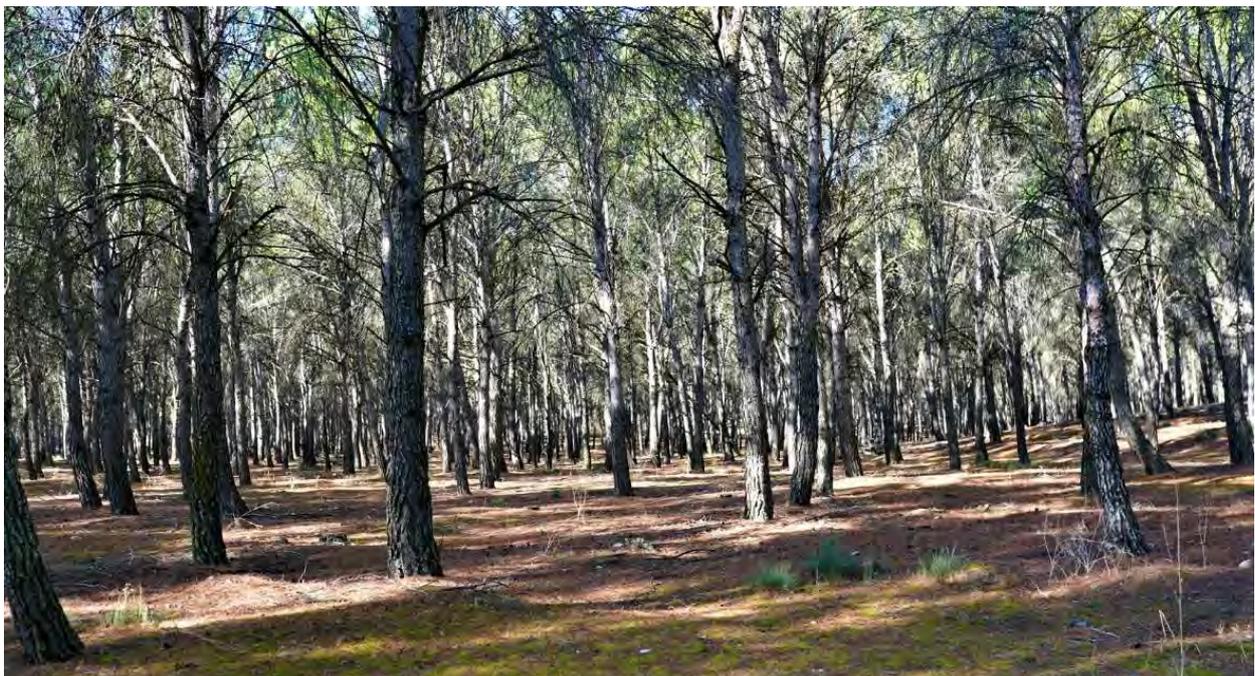


Figura 1. Pinar de Pino Crrasco en Madrid. Foto: R. Balaguer.

Con estos antecedentes surge el proyecto científico RESILPINE (Resilience of Mediterranean pines in a changing environment: genetic change and phenotypic plasticity), que pretende estudiar la resiliencia de los pinares mediterráneos frente a un ambiente cambiante. Es un proyecto multidisciplinar coordinado por la Universidad de Lleida en el que participan investigadores de varias instituciones (INIA, iuFOR y MBG) estudiando las defensas químicas y físicas de los pinos, los cambios genéticos en las poblaciones y las respuestas de los pinares frente al fuego y la sequía. Desde el departamento de Física Matemática y de Fluidos de la Facultad de Ciencias de la UNED estamos contribuyendo mediante la modelización del comportamiento del fuego, utilizando simulaciones realizadas con programas informáticos especializados.

Los programas de simulación de incendios forestales contienen modelos matemáticos que consideran los distintos factores que afectan al comportamiento del fuego, como las condiciones meteorológicas, las características del terreno o el tipo y cantidad de vegetación, denominada *combustible* en el argot forestal. En estos programas, uno de los modelos más utilizado es el desarrollado por Van Wagner en 1977 (1). Se trata de un modelo semiempírico basado en conceptos físicos de calentamiento e intercambio de energía, completado con información experimental. Este modelo en concreto se utiliza para definir la intensidad crítica ( $I_0$ ) que debe alcanzar un incendio de superficie para generar la ignición de las copas, es decir, el paso de incendio de superficie a incendio de copa. La intensidad crítica de una población de árboles se considera función de dos variables: la altura de las primeras ramas respecto al suelo (*Crown Base Height*, CBH) y la humedad de las hojas del árbol (*Fuel Moisture Content*, FMC).

$$I_0 = (0.01 \text{ CBH} (460 + 25.9 \text{ FMC}))^{1.5} \quad (1)$$

Utilizando este modelo hemos estudiado el efecto de la humedad del combustible sobre la incidencia de incendios de copa. Es fácil entender que existirán mayores probabilidades de que se desarrollen incendios forestales cuando más seco esté el combustible. Sin embargo, en la zona mediterránea de la Península Ibérica la mayoría de los incendios no ocurren a finales de agosto, momento en el cual, tras meses sin llover, se registran los valores más bajos de humedad. Sorprendentemente, la mayoría de los incendios del este peninsular se registran a principios de julio (Figura 2).

Mediante las simulaciones indicadas hemos buscado una posible explicación a esta paradoja en la senescencia de las acículas (las hojas) del Pino Carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). El Pino Carrasco es una especie muy abundante y extendida en la cuenca mediterránea, donde llega a cubrir aproximadamente siete millones de hectáreas. Las acículas de esta especie tienen un promedio de vida de tres años y justamente se secan y a principios de julio, cayendo al suelo pocas semanas después. Así, en las fechas en las que se registran el mayor número de hectáreas quemadas en el este de la Península Ibérica, los Pinos Carrascos presentan aproximadamente un tercio de la copa seca (Figura 3). En nuestro análisis nos hemos preguntado qué tipo de incendio se vería favorecido por la senescencia: los incendios de copa, cuando las acículas secas

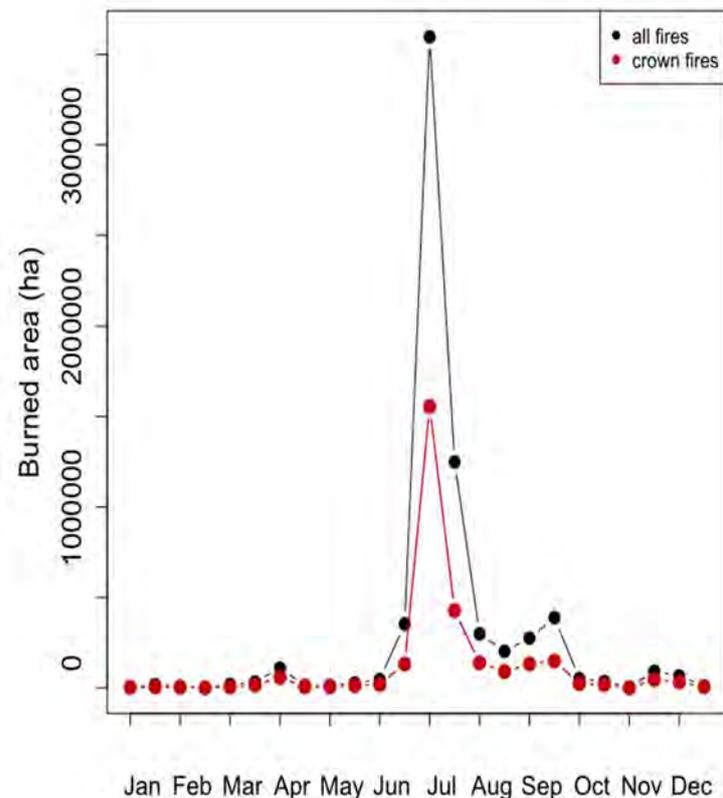


Figura 2. Patrón temporal del área quemada promedio a largo plazo (1968-2015) (negro, todos los incendios; rojo, fuegos de copa) en los bosques de *Pinus halepensis* de las regiones mediterráneas de España. (Datos obtenidos de Estadística General de Incendios Forestal proporcionada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

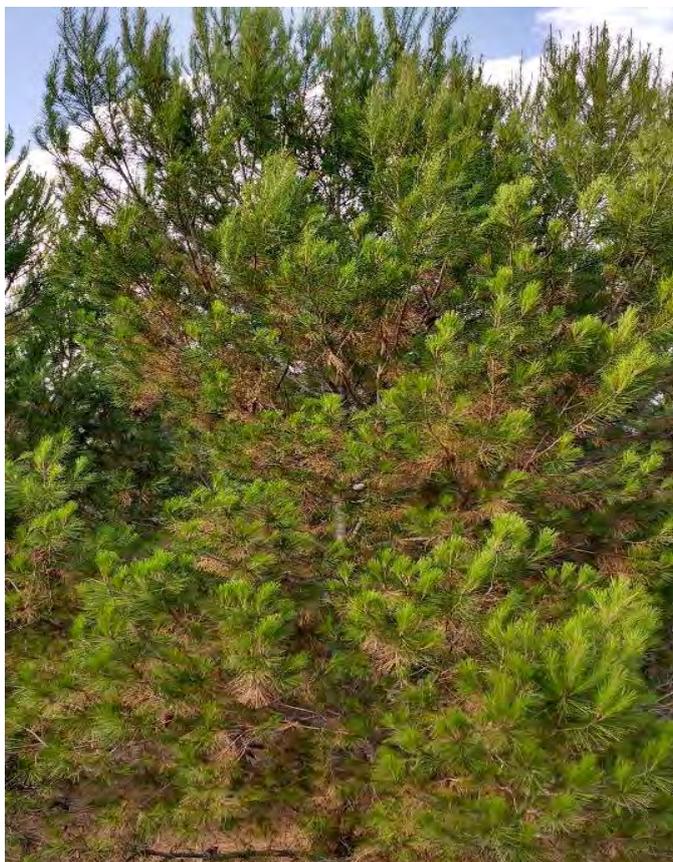


Figura 3. Senescencia acicular en un ejemplar de Pino Carrasco. Foto: V. Resco.

están aún en el árbol, o los incendios de superficie, cuando las acículas caen al suelo aumentando la cantidad de combustible superficial.

Los resultados del estudio indican que durante el periodo en el que se registra la senescencia aumenta la probabilidad de que se desarrollen incendios de copa más intensos y severos que durante el resto del año. En concreto, en los incendios desarrollados en la época de la senescencia se registran valores de intensidad, velocidad de propagación, altura de llamas y fracción de copa quemada del orden de dos a tres veces superiores a los registrados el resto del año. En conclusión, los cambios fisiológicos y estructurales provocados por la senescencia concentran durante unas pocas semanas una gran densidad de materia vegetal, con poca humedad en las copas de los árboles, afectando al comportamiento de los incendios.

Este tipo de investigaciones sirven para profundizar en la comprensión de las condiciones y de los mecanismos que intervienen en el desarrollo de los incendios forestales, para mejorar la capacidad de predecir su aparición y efectos, así como para evaluar los efectos que tendrán los cambios en las condiciones ambientales esperadas por el cambio climático. El estudio ha sido publicado en la revista *Forests* en octubre del 2020, animándonos a continuar investigando la respuesta de los pinares mediterráneos a las futuras condiciones ambientales provocadas por el cambio global.

## Referencias

Balaguer-Romano, R.; Díaz-Sierra, R.; Madrigal, J.; Voltas, J.; Resco de Dios, V. 2020. Needle Senescence Affects Fire Behavior in Aleppo Pine (*Pinus halepensis* Mill.) Stands: A Simulation Study. *Forests* 2020, 11, 1054.

Pusas, J. 2012 ¿Qué sabemos de? Incendios forestales. CSIC Eds. Madrid.

Wagner, C. E. Van. (1977). Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research*, 7(1), 23–34. <https://doi.org/10.1139/x77-004>

# COMPARACIÓN DE DISTINTOS ESCENARIOS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS URBANOS EN LA CIUDAD DE MADRID MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE LA HUELLA DE CARBONO

Elena Montejano Nares; Juan Manuel de Andrés Almeida, Javier Pérez Rodríguez

*Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente*

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII)*

*Universidad Politécnica de Madrid (UPM)*

## PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS

La producción de residuos y su vertido incontrolado es causa de graves afecciones ambientales:

- Contaminación de suelos
- Contaminación de acuíferos por lixiviados
- Contaminación de las aguas superficiales
- Emisión de gases de efecto invernadero fruto de los procesos de digestión anaeróbica y de la combustión incontrolada de los materiales allí vertidos
- Ocupación incontrolada del territorio generando la destrucción del paisaje y de los espacios naturales
- Creación de focos infecciosos y proliferación de plagas de roedores e insectos
- Producción de malos olores

En España, un 7% de las emisiones de gases de efecto invernadero correspondieron a este sector en el año 2018. Si se analiza desde una perspectiva histórica, las emisiones del sector han ido aumentando desde 1990, aunque se está iniciando un cambio de tendencia hacia la reducción, acorde a los objetivos de la planificación de residuos.

Las emisiones procedentes de los vertederos representan más del 80% de las emisiones del sector gestión de residuos. Para interpretar este hecho es importante tener en cuenta que los residuos orgánicos depositados en los vertederos se van descomponiendo en condiciones anaerobias generando metano durante periodos de tiempo superiores a los 20 años; por ello, gran parte de las emisiones actuales son heredadas, ya que proceden de residuos depositados en décadas previas.

Durante las últimas décadas, la sociedad ha ido tomando conciencia de la necesidad urgente de adoptar estrategias de desarrollo sostenible que permitan disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente. La gestión de los residuos urbanos es una parte esencial de estas estrategias, ya que influye de manera decisiva en la sostenibilidad ambiental de las ciudades. Dicha gestión está hoy sujeta a una legislación estricta, circunstancia que, unida a los notables avances técnicos realizados, ha permitido minimizar su incidencia ambiental y que de los tratamientos aplicados a los residuos se deriven múltiples beneficios ambientales.

## ESTUDIO DE ESCENARIOS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Se ha determinado la **huella de carbono** (HC) asociada a la fase de tratamiento de los residuos urbanos producidos en la ciudad de Madrid, con el fin de evaluar el impacto ambiental sobre el **cambio climático** (CC).

A través de la metodología de **Análisis de Ciclo de Vida** (ACV), se han cuantificado las emisiones de los **gases de efecto invernadero** (GEI) correspondientes a cada uno de los tratamientos de gestión de residuos que se realizan actualmente en el **Parque Tecnológico de Valdemingómez** (PTV).

Dichos tratamientos son la clasificación y separación de materiales, la biometanización o digestión anaerobia, la incineración o valorización energética, el compostaje y la eliminación en vertedero.

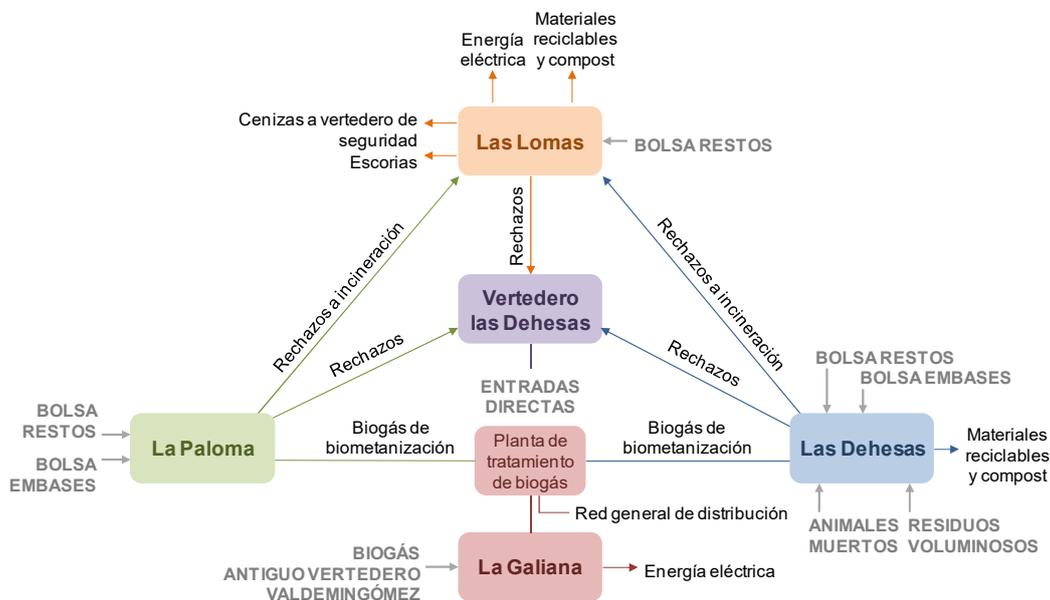


Figura 1. Esquema adaptado del Parque Tecnológico de Valdemingómez. (Fuente: Memoria Actividades de la Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingomez 2014)

Además de las **emisiones directas**, dentro de las cuales se incluyen las asociadas al consumo de combustible y las asociadas al proceso en sí, este estudio tiene en cuenta las **emisiones indirectas** debidas al consumo de electricidad y las **emisiones evitadas** que corresponden a la recuperación de materiales, la generación de energía eléctrica y la generación de productos sustitutivos de otros con emisiones asociadas.

Partiendo de cómo se gestionaron los residuos en la ciudad de Madrid en 2014 (**escenario base**), se plantean distintos escenarios hipotéticos (e ideales) en los que se destinan los residuos a tratamientos determinados y se estiman así las emisiones de GEI asociadas a cada uno de ellos.

- En el primer escenario (**Inc**) se mandan todos los residuos a **incineración**, suponiendo que se produce energía eléctrica con el mismo rendimiento que en el escenario base y teniendo en cuenta el aumento de combustible auxiliar requerido.
- En el **segundo escenario (Vert)** se deposita la totalidad de los residuos en el **vertedero**, recuperando el biogás que se genera. Este biogás se aprovecha en motores estacionarios para generar energía eléctrica.

- En el tercer escenario (**Bio**) se destina la fracción orgánica de los residuos a la planta de **biometanización**, y el digesto producido en dicho tratamiento se trata en la planta de **compostaje**. El biogás generado en la biometanización se recupera y se trata adecuadamente de manera que una parte pueda ser aprovechada energéticamente junto con el gas de vertedero y la otra parte se introduzca como biometano en la red de distribución de gas natural. La fracción de residuos que no es orgánica ni se recupera en la planta de separación y clasificación se deposita en el vertedero. Se trata de un escenario ideal en el que se supone que la eficiencia de la separación y clasificación es del 100% para todos los materiales recuperables, con el fin de depositar en el vertedero la menor cantidad de residuo posible (este nivel de segregación resulta imposible de conseguir desde un punto de vista práctico).

Todos los escenarios planteados consideran como fracciones de entrada a tratamiento las **fracciones de resto y envases** (previas a la implementación de la recogida de la fracción orgánica), las cuales contienen a su vez distintos materiales: vidrio, papel y cartón, plástico, materia orgánica, textil, metales, etc.

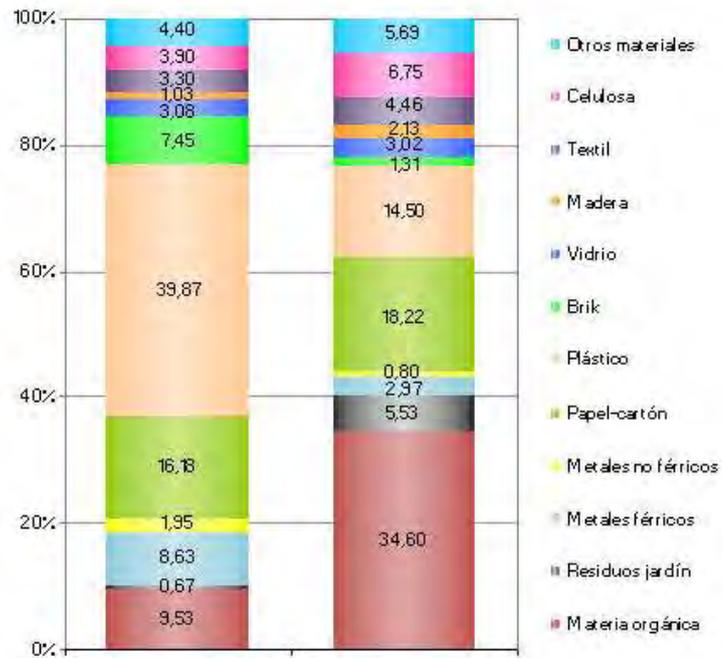


Figura 2. Composición media de materiales en las bolsas F1 y F2 en los últimos años previos a la implementación de la recogida de la fracción orgánica (Fuente: Memoria Actividades de la Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingomez 2014)

Estos escenarios se analizan para evaluar el impacto ambiental sobre el **cambio climático** asociado a distintas formas de gestión de residuos.

En la Figura 3, se muestra, para los cuatro escenarios, la cuantía total a la que ascienden las emisiones directas (ED), emisiones indirectas (EI) y emisiones evitadas (EE) en el total.

En la Figura 4, se muestra la huella de carbono (HC) asociada a cada uno de los escenarios planteados, expresada en masa de CO<sub>2</sub> equivalente emitida por tonelada de residuo tratada.

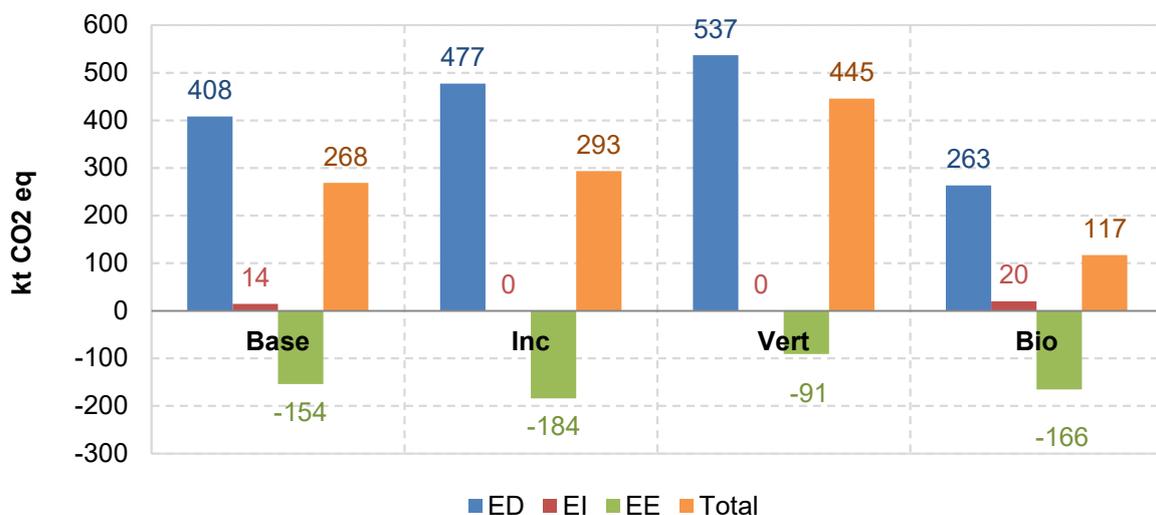


Figura 3. Comparación de emisiones de GEI entre los distintos escenarios: escenario base, escenario de incineración (Inc), escenario de vertedero (Vert) y escenario biológico (Bio)

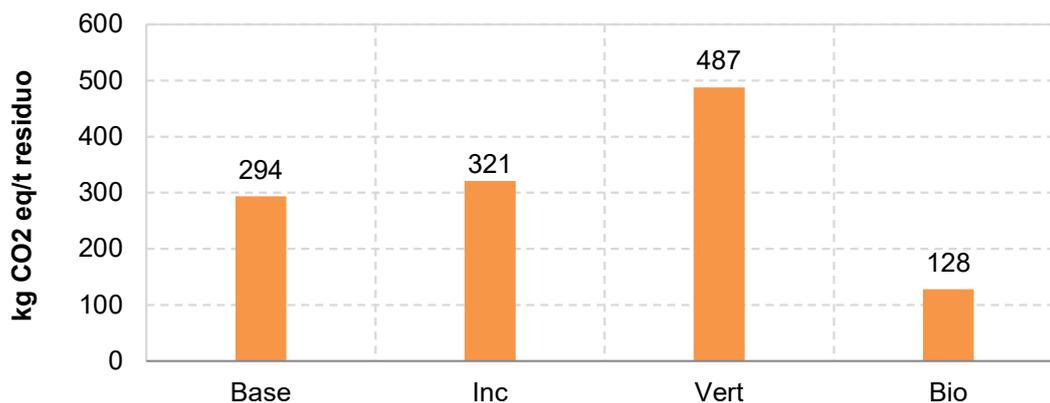


Figura 4. Comparación de la HC asociada a cada escenario: escenario base, escenario de incineración (Inc), escenario de vertedero (Vert) y escenario biológico (Bio)

La HC asociada al escenario base (294 kg CO2 eq/t residuo) supone una reducción del 40% respecto al escenario más desfavorable (Vert) que, según los resultados obtenidos, sería aquel en el que la totalidad de residuos se deposita en el vertedero (487 kg CO2 eq/t residuo).

El escenario que presenta un menor impacto en cambio climático es el escenario biológico (Bio), con una HC asociada de 128 kg CO2 eq/t residuo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la situación de gestión de los residuos del escenario base se encuentra más próxima al escenario más favorable - desde un punto de vista de impacto sobre el CC - que al escenario menos favorable.

Esto refleja que, a pesar de que el camino seguido en el tratamiento de los residuos en el municipio de Madrid parece más o menos adecuado, existe aún un amplio margen de mejora si se fomentaran en el futuro de una forma más decidida los tratamientos biológicos y acciones encaminadas a una recuperación más eficiente de los materiales recuperables.

De hecho, desde el año 2020, el Ayuntamiento de Madrid ha implementado un quinto contenedor para la recogida de residuos orgánicos.

Además, toda mejora en dichas plantas de tratamiento - en lo que a reducción de impacto sobre el CC se refiere - conlleva un beneficio económico. Un mayor rendimiento en la recuperación de materiales o una mayor valorización energética suponen, a su vez, un mayor ahorro económico. Si se reutilizan materiales reciclados, éstos dejan de ser extraídos o producidos a partir de materias primas, evitándose así numerosos procesos que llevan asociado un consumo de electricidad o combustible. Por tanto, la reducción de contaminantes conlleva una disminución del gasto, lo que puede suponer un incentivo añadido para distintos grupos de interés.



# Reciclado de Residuos Radiactivos.

## El desmantelamiento de la central nuclear de Garoña.

*Orlando Manuel Hernández Expósito.  
Graduado en Ciencias Químicas por la UNED.*

España posee actualmente cinco centrales nucleares que están en pleno funcionamiento. Las centrales de Almaraz y la de Ascó poseen cada una dos unidades de producción gemelas por lo que el número de reactores nucleares en funcionamiento en nuestro país son siete, y en cese de explotación se encuentra Santa María de Garoña. En el año 2019 estas siete centrales produjeron el 21,43% de la electricidad en España, siendo la primera fuente de producción eléctrica del país.

De los siete grupos de producción de energía eléctrica existen dos tipos diferentes; de agua ligera a presión (PWR) y de agua ligera en ebullición (BWR). Por orden de antigüedad de las que pertenecen al grupo PWR, el listado es el siguiente: Almaraz, con sus dos unidades (1980 y 1983), Ascó con su dos unidades (1982 y 1985), Vandellós II (1987) y Trillo (1987), que es la última central puesta en marcha en España.

Del grupo de las centrales de agua en ebullición (BWR) la más antigua es la de Santa María de Garoña, (1970), seguida de Cofrentes (1984).

**ENRESA desmantelará la central nuclear de Garoña entre 2022 y 2031**, para ello seguirá un procedimiento en tres fases. El apagado de esta central nuclear ocurrió el 1 de diciembre de 2012. [1]

Actualmente se encuentra en cese definitivo al ser denegada la renovación de explotación publicada en BOE de 3 de agosto de 2017 [2]. Esta central nuclear dispone de un sistema nuclear que producía vapor formado por un reactor de agua ligera en ebullición de tipo BWR-3 y un recinto de contención tipo Mark-1, facilitado por la empresa General Electric Company



Figura 1. Central nuclear Santa María de Garoña. Burgos.

Tabla 1. Central Nuclear Santa María de Garoña.

Propiedad	Nuclenor S.A.
Titular	Nuclenor S.A.
Tipo	BWR
Potencia térmica	1381MWt
Potencia eléctrica	466 MWe
Refrigeración	Río Ebro
Autorización construcción	08/08/1963
Autorización puesta en marcha	02/05/1970
Declaración cese de explotación	06/07/2013
Denegación de renovación de autorización de explotación	01/08/2017

En el año 2019 si bien no se apertura expediente sancionador, sí que se realiza un aperecibimiento al titular de la central nuclear de Garoña, por incumplimiento del Plan de gestión de Residuos Radiactivos y del Combustible Gastado, en relación con las medidas a realizar sobre residuos convencionales para su salida de las Zonas de Residuos Radiactivos (ZRR), detectado por una inspección en 2018 del Consejo de Seguridad Nuclear [3]. El desmantelamiento de la central supone la gestión de material radiactivo.

## PERO ¿QUÉ ES LA RADIATIVIDAD?

Marie Skłodowska-Curie (1867-1934) acuñó por primera vez el término radiactividad. Todo comienza en un laboratorio de la Sorbona en Francia. Allí tomó como doctorado las investigaciones que venía realizando Henri Becquerel (1852-1908). Marie Curie junto a su esposo Pierre Curie (1859-1906) mostraron interés por los experimentos que había llevado a cabo Henri Becquerel. ¿Cómo era posible que unas placas fueran reveladas escondidas dentro de un cajón, sin luz, sin calor ni fuente de energía externa? Marie Curie estudió este fenómeno que finalmente acuñó como radiactividad. Descubrió el radio y el polonio y recibió el premio Nobel de Física en 1903 y premio nobel de Químicas en 1911. [4]

Los tipos principales de radiación emitidas por el núcleo de un átomo fueron caracterizados por Ernest Rutherford (1871-1937). Sus descubrimientos le valieron el premio Nobel de Químicas en 1908.

La radiactividad es un proceso mediante el cual un núcleo atómico pierde energía al emitir radiación como partícula alfa, partícula beta o rayo gamma. Los estados nucleares con vida corta altamente excitados van a decaer como una emisión de neutrones.

En el proceso de desintegración radiactiva un núcleo padre origina un núcleo hijo, en un proceso llamado fisión nuclear espontánea, originando, generalmente, dos núcleos hijos más pequeños. En una central nuclear tiene lugar este tipo de proceso. El interior del reactor contiene láminas de óxido de uranio U-238, con un grado variable de U-235 (inferior al 5%) insertadas en una aleación de circonio. Este material se bombardea con neutrones; en una serie de cascadas controladas que van a liberar gran cantidad de energía y nuevos neutrones que a su vez vuelven a colisionar con otros átomos de uranio. Estas colisiones que liberan gran cantidad de energía se controlan y mantienen constantes para evitar calentamientos excesivos y que ocasionarían la fundición del reactor con posibles explosiones o escape de radiactividad al exterior. Tendrán lugar reacciones de captura neutrónica y de fisión nuclear del uranio, generando plutonio y en menor cantidad actínidos en una composición que va a contener casi todos los elementos de la tabla periódica.

La energía producida en estas reacciones va a calentar un depósito de agua, generando vapor de agua que facilita el movimiento de una turbina que generará finalmente energía eléctrica. La central nuclear va a extraer la energía contenida en el interior de un núcleo atómico para convertirla en energía eléctrica. [5].

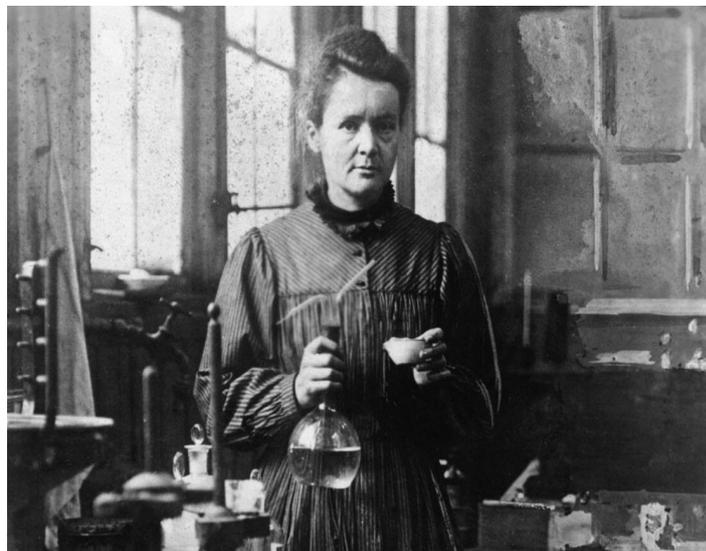


Figura 2. Marie Skłodowska-Curie (1867-1934) en su laboratorio.

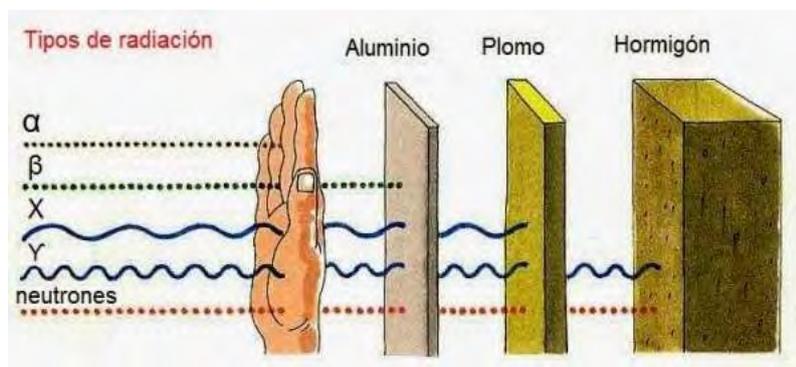


Figura 3. Tipos de radiación emitidas por el núcleo

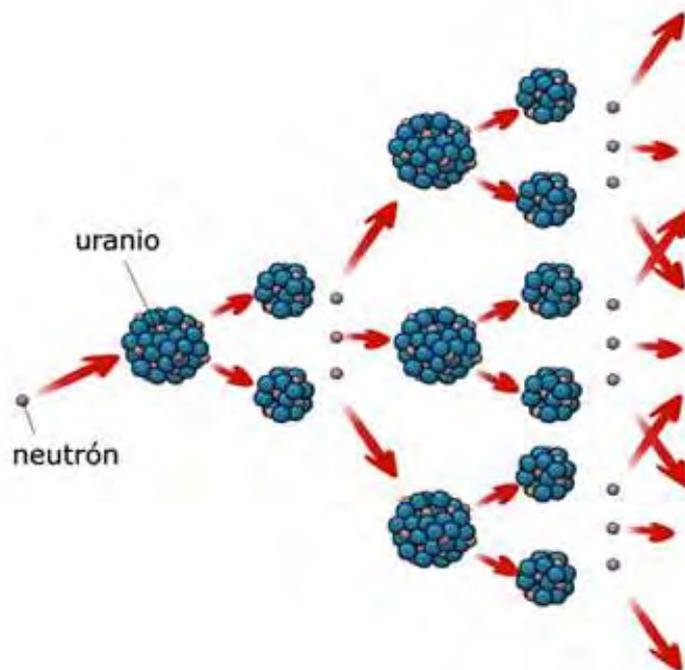


Figura 4. Reacciones en cascada en el reactor nuclear.

En los reactores nucleares va a ser de suma importancia el control de las reacciones de fisión nuclear, caso contrario el alto calor generado ocasionaría catástrofes como la ocurrida en Chernobyl (1986) y en Fukushima (2011).

El reactor de una central nuclear va a estar rodeado de un edificio de contención que contiene las partes más sensibles de una central nuclear (Figura 6) y cuyo objetivo es contener posibles explosiones y/o evitar la fuga de radiación nuclear al exterior.



Figura 5. Explosión en Fukushima.

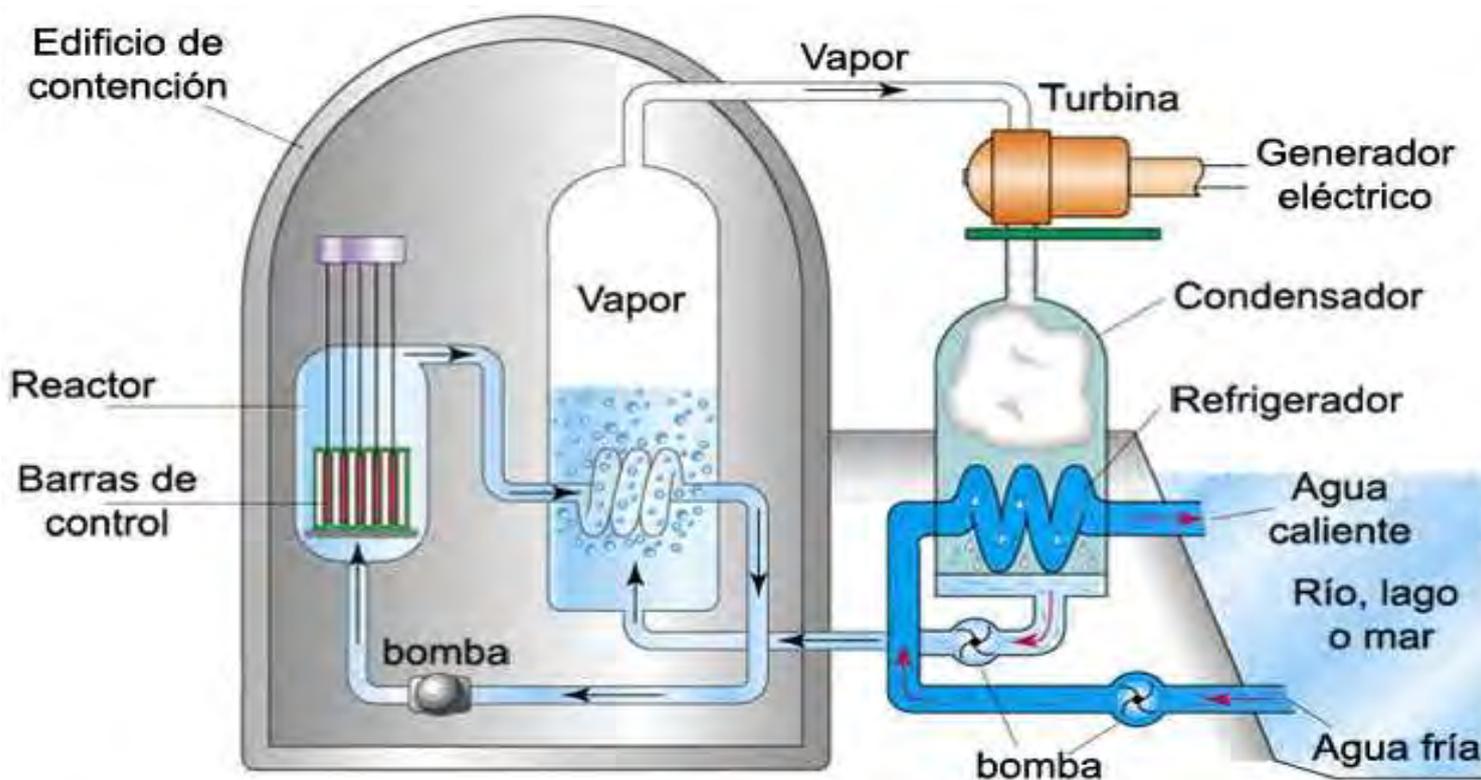


Figura 6. Partes de una central nuclear.

## CENTRALES NUCLEARES EN DESMANTELAMIENTO

En el desmantelamiento de una central nuclear existen un conjunto de acciones y procesos, tanto administrativos como técnicos, para la eliminación progresiva de la radiactividad remanente que puede permanecer en las zonas de trabajo de la planta nuclear. Se podrá decidir la desclasificación como instalación nuclear y posterior clausura de la misma cuando no existan riesgos residuales de la central y se hayan eliminado por completo del emplazamiento cualquier tipo de residuo radiactivo. El proceso de desmantelamiento tiene como meta final asegurar que en un futuro no existan riesgos radiológicos inaceptables para el medio ambiente y que el futuro uso de la instalación no supongan ningún peligro para la población.

En el desmantelamiento y clausura de una central nuclear intervienen dos elementos que van a desempeñar un papel importante en la planificación de las actividades [5]; “el trabajo en un entorno de radiaciones ionizantes y la gestión de los materiales residuales que se generen”.

Durante el desmantelamiento y el tratamiento de los residuos generados se deben tener en cuenta de qué tipo de residuos se trata ya que dependiendo de ello los procedimientos de actuación van a ser diferentes.

## CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

Concepto de residuo radiactivo [7]: “Residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionúclidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)”.

La gestión de los residuos radiactivos, el desmantelamiento y clausura de las centrales nucleares son un servicio público esencial reservado al Estado, según el artículo 128.2 de la Constitución Española.

Los residuos radiactivos que se generan en España no van a proceder únicamente de las centrales nucleares, el origen es muy diverso e incluye aquellos residuos procedentes de las centrales nucleares ya mencionadas, así como [8]:

- De aquellas instalaciones radiactivas para uso industrial, agrícola, médicos e investigación.
- Operaciones de la fábrica de Elementos Combustibles de Juzbado en Salamanca.
- Operaciones de la instalación de almacenamiento de residuos radiactivos de El Cabril.
- Reprocesado en Francia del combustible gastado de la central nuclear de Vandellós I.
- Desmantelamiento y clausura de las centrales de Vandellós I y José Cabrera.
- Estériles que proceden de la minería del uranio y concentraciones de este.
- Desmantelamiento y clausura del CIEMAT.

La clasificación de estos residuos en España consta de:

1. **Residuos de muy baja actividad (vida corta y media).**
2. **Residuos de muy baja actividad (vida larga).**
3. **Residuos de baja y media actividad (vida corta y media).**
4. **Residuos de baja y media actividad (vida larga).**
5. **Residuos de alta actividad.**

Los residuos referidos a vida corta y media son aquellos que tienen un periodo de semidesintegración menor a 30 años y los de vida larga cuando superan los 30 años.

## RECICLADO DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

El tratamiento de los residuos radiactivos son todos aquellos procesos físicos y químicos que modifiquen alguna característica del residuo, que garanticen la seguridad y/o economía de su gestión. Esta gestión de los residuos radiactivos en España está encomendada a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. (ENRESA). Empresa creada en el año 1984 [10]. La empresa nace con el objetivo de servicio público esencial en la recogida, tratamiento, acondicionamiento y almacenado de residuos radiactivos. Su misión es proteger a las personas y el medio ambiente de estos residuos. El centro de almacenamiento final de los residuos se encuentra en El Cabril en la provincia de Córdoba, centro gestionado por ENRESA desde el 1 de enero de 1986. El acondicionamiento de los residuos radiactivos va a incluir todas aquellas operaciones que formen un producto final que se pueda transportar y/o almacenar de forma temporal o definitiva. El almacenamiento actual lo es de residuos de baja y media actividad, ya que actualmente en España no se realizan transportes con residuos de alta actividad ni de combustible nuclear gastado. Estos residuos van quedando almacenados en las mismas piscinas o almacenes de la propia central hasta que se desarrolle la correspondiente normativa para el transporte de este tipo de material.

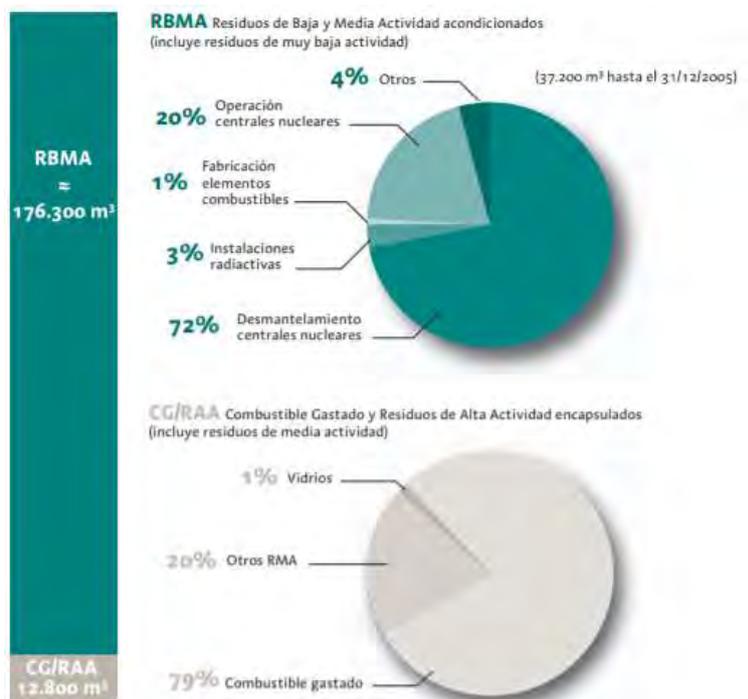


Figura 7. Residuos radiactivos gestionados en España. Fuente: Plan General de Residuos Radiactivos [9].

El tratamiento de los residuos radiactivos va a consistir en; reducción del volumen de los residuos (evaporación, filtración, centrifugación, etc.); eliminación de algunos radionúclidos (precipitación, desgasificación); y cambios de composición (solidificación y reacción de cementación).



Figura 8. Centro de almacenamiento de El Cabril. Córdoba. ENRESA.

Para el desmantelamiento de la central nuclear de Garoña, la empresa española; Equipos Nucleares (ENSA) fabricará 44 contenedores, que serán recibidos en la planta nuclear en el año 2023 para finalmente iniciar el desmantelamiento de la misma. Para la fase inicial del desmantelamiento se prevé una extracción del combustible gastado que se encuentra en la piscina y su posterior almacenamiento en seco. El material radiactivo será finalmente trasladado al centro de almacenamiento de El Cabril.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Consejo de Seguridad Nuclear. CSN. <https://www.csn.es/central-nuclear-santa-maria-de-garona>.

[2] BOE. Orden ETU/754/2017 de 1 de agosto. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-9250](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-9250)

[3] Acta de inspección del Consejo de Seguridad Nuclear. CSN/AIN/SMG/18/785. <https://www.csn.es/home>

[4] Goldsmith, B. Marie Curie, genio obsesivo. Antoni Bosch editor. Barcelona 2001.

[5] United States Nuclear Regulatory Commission. USNRC. <https://www.nrc.gov/reactors.html>

[6] Consejo de Seguridad Nuclear. CSN. <https://www.csn.es/centrales-nucleares-en-desmantelamiento>

[7] Ley 25/1964 de 29 de abril sobre energía nuclear (LEN). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1964-7544>

[8] Consejo de Seguridad Nuclear. CSN. <https://www.csn.es/generacion-de-residuos-radiactivos1>

[9] "Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. S.M.E., (ENRESA)". [http://www.enresa.es/documentos/6PGRR\\_Español\\_Libro\\_versión\\_indexada.pdf](http://www.enresa.es/documentos/6PGRR_Español_Libro_versión_indexada.pdf)

[10] Real Decreto 1522 de 4 de julio de 1984, por el que se autoriza la constitución de ENRESA S.A. <https://www.boe.es/boe/dias/1984/08/22/pdfs/A24186-24187.pdf>



Si bien el actual currículum educativo, aún vigente, no facilita esta labor, recayendo todo el peso en la motivación o en la voluntad del docente. De hecho, los libros de texto carecen de referencias al cambio climático (6) o formas alternativas de economía, movilidad, energía...

Con todo, la dificultad es mayor en el nivel de educación secundaria donde, si bien los conceptos aparecen en los temarios de varias asignaturas (7), no siempre se desarrollan propuestas de educación ambiental, entendiendo que la educación ambiental implica un cambio de actitud en los participantes hacia la acción (8) y ahí es donde es necesaria gran implicación de los docentes (9).

Hay grandes ejemplos de buenas prácticas de educación ambiental en los centros educativos como el proyecto EsEnRed, Ecoescuelas de Andalucía o la Red juvenil Confit (10).

Como indica Rodrigo-Cano, del colectivo #EA26 en Ballena Blanca (11): En los grandes objetivos de las leyes educativas hay referencias claras a la necesidad de educar en el desarrollo sostenible. Tras la primera aparición de la educación ambiental en la LOGSE las siguientes reformas educativas olvidaron el término y muchos de los objetivos y contenidos relacionados con el mismo. En la nueva LOMLOE, se hace referencia a promover una cultura de la sostenibilidad ambiental y de la cooperación social para proteger nuestra biodiversidad; se recoge que las Administraciones educativas favorecerán, en coordinación con las instituciones y organizaciones de su entorno, la sostenibilidad de los centros, su relación con el medio natural y su adaptación a las consecuencias derivadas del cambio climático. Asimismo, se garantizarán los caminos escolares seguros y promoverán desplazamientos sostenibles en los diferentes ámbitos territoriales, como Fuente de experiencia y aprendizaje vital.

Sin embargo, tratar contenidos como el cambio climático, la pobreza o las energías renovables no garantiza que se esté realizando Educación Ambiental. Si, entre otras cuestiones, no hay protagonismo del alumnado, ni empoderamiento frente a los problemas de su entorno, ni oferta de escenarios para la propuesta y ejecución de una acción transformadora individual y colectiva, ni desarrollo de resiliencia... no se está haciendo Educación Ambiental.

Debemos entender que la transmisión de conocimientos acerca de las problemáticas ambientales que vivimos actualmente no conlleva directamente una motivación para actuar en sus soluciones, que es lo que intenta lograr la Educación Ambiental.

## Educación ambiental y entorno digital

La situación de alarma sanitaria mundial está provocando situaciones de salud muy complejas que arrastran a soluciones sociales y económicas complicadas para muchos sectores. Uno de los sectores más castigados por esta situación es la Educación Ambiental, como ya ocurriera en el 2008 en el que prácticamente se desmanteló el sector (12).



"Círculo de Twitter de #EA26. Febrero 2021".

En este 2020 la situación sanitaria provocada por la COVID19, la complejidad en la normativa y en la aplicación de esta, además del propio miedo al contagio, han dejado muchas actividades sin realizar, muchas acciones sin desarrollarse y muchos equipamientos cerrados, como indicaron las expertas en el Mesa Redonda "Soluciones para una educación ambiental en pandemia" organizada por #EA26-Educación Ambiental y el CEDREAC a través de Sinapsis ambiental en Youtube (13).

#EA26-Educación Ambiental es un grupo de educadoras y educadores ambientales de distintos ámbitos que nació ahora hace 7 años para hacer un hueco a la educación ambiental en el campo de las TIC y de las redes sociales, canales absolutamente imprescindibles actualmente para llegar a distintos grupos de personas y amplificar el mensaje y la presencia de la educación ambiental desde allí.

A partir de ahí se ha constituido una verdadera comunidad de personas simpatizantes con el proyecto con las que nos encontramos continuamente en las redes y también presencialmente una vez al año, antes de que la pandemia lo impidiera.

Sinapsis ambiental es un canal de Youtube del CEDREAC, el Centro de Documentación y Recursos para la Educación Ambiental de Cantabria dependiente del Centro de Investigación del Medio Ambiente (CIMA), que sirve de espacio de encuentro y formación para todos los educadores ambientales de la región, así como para las entidades y personas vinculadas a la Educación Ambiental o interesadas en conocer y transmitir valores ambientales.



Encuentro Presencial #EA26. Madrid, 26 de octubre de 2019.

## Retos para la educación ambiental en 2020-2030

Ante la emergencia sanitaria provocada por la crisis climática, está se plantea como el principal reto al que se enfrenta el ser humano como sociedad (14) y en el que diferentes informes científicos indican que, para evitar las gravísimas consecuencias de alcanzar una temperatura superior a los 2° C, son necesarios realizar cambios profundos y de forma rápida en el actual sistema de emisiones (15).

Los próximos retos para la educación ambiental pasan, en primer lugar, por dignificar el campo y la profesión con puestos de trabajo y sueldos acorde a la importante tarea que realizan. Por integrar y potenciar esta profesión en la gestión ambiental, administrativa, y ejecutiva. Los equipos decisores necesitan contar con educadoras ambientales que ofrezcan el contexto necesario y la oportunidad de hacer las cosas de otra manera, en la que la participación ocupa un lugar principal.

En segundo lugar, y unido al anterior, resulta absolutamente imprescindible su visibilización. Algo normal si se entiende que la Educación Ambiental propone un cambio de realidad ante agentes que están muy cómodos en esta situación. Ahora, además, la Educación Ambiental es invisibilizada cuando más se la necesita. En un contexto de emergencia sanitaria mundial, la Educación Ambiental debe emerger como un proceso educativo que ayuda a entender la situación, a concienciarse, a empoderarse y a tomar postura con propuestas y acciones que cambien las cosas.

Otro reto es la formación docente. El profesorado necesita urgentemente formarse en los problemas ecosociales, en sostenibilidad, en metodologías que den protagonismo al alumnado: cambiar la manera de enseñar y aprender, para

poder cambiar el mundo.

Para lograr estos retos, es necesario que se plantee una educación ambiental para todos los sectores de la sociedad, desde la administración, incluyendo los trabajadores y trabajadoras de ayuntamientos, comunidades autónomas y otras administraciones, voluntarios y voluntarias en organizaciones, asociaciones y ONGs, empresarios y delegados sindicales, etc. Por eso es fundamental que se establezcan alianzas con todos estos sectores para lograr los objetivos comunes en la adaptación y mitigación del cambio climático.

## #EA26 Educación Ambiental en Redes Sociales



@Edu\_Ambiental

Daniel Rodrigo Cano  
Beatriz Guerra Matilla  
Jose Manuel Gutiérrez Bastida  
Beatriz Fernández Fernández  
Serafín Huertas Alcalá  
Gema Alcañiz Roy  
Jesús de la Osa Tomás  
Pablo Toboso Alonso  
Ángela Rodrigo Rubio

## Referencias

- [1] Vasconcelos, Clara; Orion, Nir (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability*, 13, 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>
- [2] Rivero, Marcos, (2019, Julio 7). La economía social y solidaria y el reto de la descarbonización justa y resiliente. El Salto. Recuperado de <https://www.elsaltodiario.com/mecambio/la-economia-social-y-solidaria-y-el-reto-de-la-descarbonizacion-justa-y-resiliente>
- [3] Sauvé, Lucie (2004). *Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental*. Carpeta CENEAM. Recuperado de [https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/articulos-de-opinion/2004\\_11sauve\\_tcm38-163438.pdf](https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/articulos-de-opinion/2004_11sauve_tcm38-163438.pdf)

- [4] Gutiérrez Bastida, Jose Manuel (2019). Antropoceno: tiempo para la ética ecosocial y la educación ecociudadana. *RES. Revista de Educación Social*, 28, 99-113.
- [5] Severiche-Sierra, Carlos, Gómez-Bustamante, Edna, Jaimés-Morales, José (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 18(2), 266-281
- [6] García-González, J.A.; García Palencia, S.; Sánchez Ondoño, I. Characterization of Environmental Education in Spanish Geography Textbooks. *Sustainability* 2021, 13, 1159. <https://doi.org/10.3390/su13031159>
- [7] Jaén, Mercedes, y Barbudo, Pedro (2010). Evolución de las percepciones medioambientales de los alumnos de educación secundaria en un curso académico. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7. N° Extraordinario, 247-259.
- [8] Karahan, Engin, & Roehrig, Gillian (2015). Constructing media artifacts in a social constructivist environment to enhance students' environmental awareness an activism. *Journal of science education and technology*, 24, 103-118.
- [9] Estrada, Ligia Isabel (2012). *Concepciones sobre la educación ambiental de los docentes participantes en la red andaluza de ecoescuelas* [Tesis]. Recuperado de: <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/7881/TDR ESTRADA VIDAL.pdf?sequence=1>
- [10] Rodrigo-Cano, Daniel, Gutiérrez Bastida, José Manuel, & Ferrerás, Josechu (2019). 35 años de éxitos de la educación ambiental en España. *Res, Revista de Educación Social*, 28, 32-43.
- [11] Rodríguez, Laura (2019). Prepararse en el colegio para el cambio climático. *Ballena Blanca*, 21, 64-69
- [12] Benayas, Javier y Marcén, Carmelo (2019). De la educación ambiental a la educación para la sostenibilidad. En Javier Benayas y Carmelo Marcén (Eds) *Hacia una educación para la sostenibilidad* (pp. 13-29). Madrid: Red Española para el Desarrollo Sostenible.
- [13] CEDREAC - EDUCACIÓN AMBIENTAL (2020, 20 OCTUBRE). Soluciones para una educación ambiental en pandemia. *Cedreac Educación Ambiental* – Youtube. Recuperado de <https://bit.ly/3oChFhj>
- [14] Devaney, Laura; Brereton, Pat; Torney, Dirmond; Coleman, Martha; Boussalis, Constantine; Coan, Travis. (2020). Environmental literacy and deliberative democracy: a content analysis of written submissions to the Irish Citizens' Assembly on climate change. *Climatic change*, 162, 1965–1984. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02707-4>
- [15] Fernández-Reyes, Rogelio; Jiménez, Isidro (2019). La comunicación de la mitigación del cambio climático en prensa española. En Rogelio Fernández-Reyes y Daniel Rodrigo-Cano (Eds) *La comunicación de la mitigación ante la emergencia climática*. (págs. 13-52). Sevilla: Ediciones Egregius.

# HOCES DEL RIAZA: EL REFUGIO DE RAPACES CUMPLE 46 AÑOS

**Dr. Fidel José Fernández y Fernández-Arroyo**  
**Presidente del Fondo para el Refugio de las Hoces del Riaza**

El 13 de enero se cumplen 46 años de la inauguración de los Refugios de Montejo y del embalse de Linares, administrados respectivamente por WWF España y la CHD. Soy testigo de la ilusión que lo hizo posible.

Comienzo a escribir una fría noche invernal, en los sabinars, oyendo un festín de buitres en el comedero de Montejo, pues el guarda de WWF les ha traído comida ya sin luz. Jesús Hernando publicó en 1998 (en "Vulture News" y otras revistas científicas) que los buitres leonados comen también de noche, y en las Hojas Informativas sobre el Refugio puse muchos datos posteriores. Hoy he visitado todos los comederos del nordeste segoviano; pues empieza la cría y preocupa la supresión de ciertos aportes (despojos de cordero traídos por Cárnicas Minchán, a quien agradezco su importantísima colaboración con WWF para conservar las aves carroñeras). En 2009, 38 asociaciones firmaron el comunicado "No se puede seguir así", sobre problemas que deberían resolverse; más aún, cuando hay normativas nacionales y europeas para que las aves carroñeras cumplan su función, y el remedio parece tan sencillo. La situación mundial de los buitres es dramática. He visto a expertos extranjeros admirar nuestra gran población, y el inmenso esfuerzo realizado para conservarla.

En un experimento en Asia, buitres bengalés cautivos fueron alimentados con carne que tenía ántrax, y el análisis posterior de las deyecciones confirmó

que el paso por el ácido tubo digestivo de estas aves lo había eliminado. Recuerdo la tragedia sanitaria en la India tras la desaparición de casi todos sus buitres, el esfuerzo colosal en Francia y otros países para reintroducirlas, o lo publicado en 2015 por el alpinista suizo Terry Guillaume (traducido): "*La perspectiva de ver buitres leonados, inmensos planeadores con alas fascinantes, es un regalo extraordinario*".



Buitre negro, en Milagros (Burgos). (Fotografía: Juan José Molina Pérez. 14 de noviembre de 2020.)

El cielo se nubla, mientras los buitres siguen gritando. Posiblemente soy la única persona en varios kilómetros a la redonda. He pasado más de 51.328 horas en estas tierras, censando los nidos y estudiando la fauna, desde que el increíble proyecto del Refugio me devolvió la esperanza. Doy las gracias a muchas personas y entidades que han protegido e investigado su vida silvestre tan diversa (335 especies de vertebrados

llevamos citadas, en las 10.777 páginas de las 53 Hojas Informativas, disponibles en Naturalicante gracias al informático Raúl González). Desde guardas excepcionales como Hoticiano Hernando y ahora su hijo Jesús, de WWF, maestros de muchos ornitólogos (como reflejó la revista "Guardabosques" de los agentes medioambientales), que convencieron a furtivos locales con su palabra y el ejemplo de su vida, y han merecido nueve homenajes; hasta el naturalista suizo Daniel Magnenat, quien escribió, habiendo visitado algunas de las principales reservas de Europa, Asia, África y América, que el Refugio de Montejo es una realización "totalmente excepcional, de un valor internacional". "Es notable, también, que una gran parte de la población de Montejo, y de los pueblos cercanos, aman su reserva y están orgullosos de ella." Antes de morir, nos encargó que continuáramos "amando y protegiendo esta bella región", "que yo he amado tanto". Recuerdo también a otros buenos amigos que nos dejaron, como Fortunato Mínguez (encargado de la presa, de la CHD, durante 35 años), o varios pastores (Blas Hernando, Celestino Sanz, Antonio Casado, etc.) con quienes trabé gran amistad.



Águila real joven, en el Refugio. (Fotografía: Juan José Molina Pérez. 16 de noviembre de 2020.)

Aquí, una noche de 1977, Jordi Batllori, hoy Doctor en Geología, me dijo: "Parece un sueño". Un sonido de alas

recuerda que los buitres también vuelan sin la luz del día (aunque muchos escritos aseguran que no pueden), mientras prosigue el festín. Agradezco a todos los que han hecho posible el nuevo censo de otoño (con 90 participantes, cuyos informes sigo revisando), y que en primavera y verano me permitieron continuar mis censos; desde el agente forestal Juan José Molina, Vicepresidente del Fondo, que hizo un complicadísimo trabajo coordinando el censo otoñal y además me dio grandes facilidades en época de cría, hasta personas de la Junta de Castilla y León cuyos importantes permisos han respaldado la continuación de este seguimiento (que sepamos, el más largo de una población de vertebrados salvajes en la España peninsular): Rafael Marina (cuya eficaz gestión como Director-Conservador del Parque Natural motivó una mención expresa en la última Asamblea General, telemática, del Fondo para el Refugio), y Pedro Ejarque (Jefe del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Segovia). Sin olvidar los escritos de apoyo o la amable colaboración de Juan Carlos del Olmo (Secretario General de WWF España), Jesús Cobo (biólogo asesor de WWF en el Refugio), Manuel Andrés-Moreno (director de Western Palearctic Birds y responsable del proyecto internacional ornitológico LaBORING), Joaquín Araújo (Premio Global 500 de la ONU, y dos veces Premio Nacional de Medio Ambiente), José Antonio Montero (redactor jefe de la revista Quercus, decana de la información ambiental en España), el Dr. Pedro Rodríguez Panizo (Profesor de la Universidad Pontificia), Antonio Ruiz (profesor, escritor y colaborador de Félix Rodríguez de la Fuente en los rodajes de "El Hombre y la Tierra" y los campamentos de WWF-ADENA), Álvaro Camiña (asesor de la Vulture Conservation Foundation), Juan Francisco Martín (guarda de la CHD), Jesús Hernando (guarda de WWF), etc..

La Luna que aparece entre las nubes ilumina este bosque viejo, en un mundo "tan hermoso a pesar de la locura de los hombres", como anotó Marianne Delacrétaz. Pedro Torres, guarda del Parque del Foix (Barcelona), dijo que este Refugio es "un lugar increíble (...), con el

que no puedo dejar de pensar, ni de soñar". En 46 años sin interrupción, he censado 7.024 pollos de buitre leonado y 413 de alimoche que han salido adelante, en 981 y 89 nidos respectivamente; comprobando que los nidos campeones de ambas especies han sido usados con éxito durante 38 y 22 años. Los récords son 313 pollos volados en 2017 para el leonado, y 19 en 1988 para el alimoche. En 2020, he censado 275 y 12, más otros 165 y 21 en zonas cercanas.



Zorro, en el Refugio de Montejo. (Fotografía: Juan José Molina Pérez. 16 de noviembre de 2020.)

El Refugio, o trabajos hechos en él, ha aparecido en 4.651 publicaciones impresas (incluyendo varias de las principales revistas científicas o divulgativas del mundo), 55 congresos (19 internacionales, y está previsto otro telemático en febrero), 17 tesis doctorales y distintos trabajos fin de carrera, 335 conferencias, 1.547 trabajos o informes naturalistas (sin contar los de censos, que son muchos más; solamente entre los 38 censos de otoño han participado 833 ornitólogos), 276 programas de televisión y 813 de radio, varios cursos (incluidas las tres Jornadas sobre Buitres de la UNED, que dirigí), múltiples filmaciones y sitios de Internet, etc. Ha merecido 25 premios, y 18 títulos o figuras de protección (desde ZEPA hasta Parque Natural). Se preparan un nuevo libro de Antonio Ruiz, informes y circulares (con resultados de los últimos trabajos de GREFA y otros), Hojas Informativas, etc.

El festín nocturno, sólo oído, ha sido un pálido reflejo del que veo al amanecer. Distingo buitres anillados en Francia, Barcelona, Guadalajara, Madrid, Segovia... Su capacidad de desplazamiento es extraordinaria, para ellos no tienen sentido las fronteras artificiales. Cuento 16 buitres negros, el récord del Refugio (no de la comarca).

He visto cómo los grandes buitres soportan, incluso volando, durísimas condiciones meteorológicas; lo difícil que es para una pareja criar su único pollo cada temporada, la cantidad de nidos que fracasan, el fenómeno mágico del primer vuelo (lo relaté en "Prisionero del nido", publicado en *Argutorio* y otros medios)...

Durante 46 años, he comprobado que 80 nidos de buitre leonado, 64 de alimoche, 31 de cuervo, 28 de búho real, 21 de cernícalo, 20 de águila real, 19 de halcón peregrino, 18 de águila calzada, 11 de milano negro, 9 de ratonero, 6 de azor, 4 de alcotán, uno de búho chico, uno de garza real, tres de corneja, ocho de grujilla, y dos de chova, han sido usados, antes o después, por otras especies de aves. La alternancia, a largo plazo, parece natural. Cuando se debate la posible competencia entre especies que siempre han coexistido, puede ser útil saber que la reintroducción del buitre leonado en el Macizo central francés, o en alguna zona de los Balcanes, motivó el regreso espontáneo del alimoche.



Elanio azul adulto en el suroeste de Soria. (Fotografía: Agustín Antón Hernando. 19 de julio de 2020.)  
(Foto publicada en la Circular 25 del Fondo para el Refugio)

El año 2020 ha traído el récord de longevidad conocido para un buitre leonado libre (publicado en la circular 25 del Fondo, en Naturalicante), un nuevo censo de aguiluchos por SEO-Segovia (con artículo de Jorge Remacha en la misma circular), la nidificación del elanio azul y del búho campestre en zonas cercanas de Soria (descubierta por Fermín Redondo y otros); y nuevas citas de vencejo pálido (José Luis López-Pozuelo), aguja colinegra (Xavier Parra), pico menor (Fernando Ávila), morito (José Miguel Ibáñez), mirlo acuático (Juan José Molina, en Burgos), treparriscos (Loreto García), y otras.

El Refugio se gestó casi a la vez que la reserva francesa de Ossau, cuando Jesús Garzón batallaba para salvar Monfragüe; fue inaugurado el año en que se descubrió el trepador argelino. Conservarlo fue todavía más difícil. Ha movido voluntades, estudios e ilusiones "hasta extremos increíbles", como dijo de Doñana el Dr. Valverde. Ha inspirado otros proyectos, otras realidades. El Dr. Xavier Batllori, hoy Profesor de

Universidad en Barcelona, escribió en 1995 que "una parte de la concienciación medioambiental que existe hoy en Cataluña nació en el Refugio de Rapaces de Montejo." Podría decirse algo así de otras zonas.

La asombrosa historia del Refugio lo hace más valioso aún. Deseamos que siga existiendo, con toda su fauna y belleza, sobrevolado diariamente por centenares de buitres.



Garcilla cangrejera, en el embalse de Linares. (Fotografía: José Miguel Ibáñez de la Fuente. 24 de agosto de 2020).

# EL VALLE PROHIBIDO DE LA CIUDAD ENCANTADA DE CUENCA

Iván Narváez

Grupo de Biología Evolutiva UNED / Unidad de Cultura Científica UAM

En 1969, se estrenó "The Valley of Gwangi" ("El valle de Gwangi" en castellano), película de dinosaurios y vaqueros cuyo rodaje, en parte, tuvo lugar en las provincias de Almería y Cuenca. Cincuenta años después, somos conscientes del importante registro fósil de la comunidad de Castilla-La Mancha, pero cuando Ray Harryhausen y el resto de su equipo eligieron la Ciudad Encantada o la Plaza Mayor de Cuenca como escenarios de su historia, se desconocía hasta donde llegaba la riqueza paleontológica de la región.

## Dinosaurios en la Cuenca de los 60

No es trivial considerar esta película dirigida por Jim O'Connolly como "premonitoria", ya que de alguna manera, se adelantó a los descubrimientos en materia paleontológica que tendrían lugar años más tarde. Sin embargo, la historia de Gwangi comienza un par de décadas antes. Willis O'Brien, padre de la animación *stop-motion*, escribió "Gwangi" y "Valley of the Mist" en la década de los 40, relatos que no se materializaron en la gran pantalla y que de haberlo hecho, se habrían rodado en el Gran Cañón (Arizona), por lo que Cuenca jamás habría sido el escenario principal de la película.

Tras la muerte de O'Brien, Ray Harryhausen retomó el proyecto de su maestro para dar forma a "The Valley of Gwangi". No obstante, el auténtico culpable de que se rodase en España fue el director de fotografía John Cabrera, que llegó a nuestro país a finales de los 50 como localizador de rodajes y eligió Cuenca y Almería para ambientar ese "algún lugar al Sur de Río Grande" que se nos muestra desde el inicio de la película. En su libro "Localizando el Hollywood español" publicado por Editorial Pigmalion, Cabrera comenta que durante su tarea de localización de exteriores pensó que la Ciudad Encantada "era un lugar extraño, como si la bomba atómica hubiera explotado allí."

El rodaje de "The Valley of Gwangi" comenzó a finales de los 60 bajo la producción de C.H. Schneer, un habitual en las películas de Harryhausen, y la

dirección de O'Connolly. Como protagonistas, James Franciscus y Gila Golan, bien acompañados de Laurence Naismith en el papel del Profesor Bromley, el paleontólogo de la historia, Richard Carlson, Freda Jackson o Gustavo Rojo entre otros. Resumiendo mucho, la acción de la película transcurre en 1912 y describe cómo una partida de vaqueros se interna en un "valle prohibido", lugar de donde procede "El Diablo", un pequeño caballo identificado como un animal extinto. En este extraño lugar, los personajes descubren que aún habitan criaturas del pasado. Finalmente, el grupo consigue atrapar a un enorme dinosaurio carnívoro y exhibirlo en una plaza de toros, no sin antes haber recibido una advertencia de una vieja gitana sobre la maldición que pesa sobre el animal. Pero hasta llegar a este punto, los protagonistas de la película han ido viviendo diferentes encuentros con faunas pretéritas...

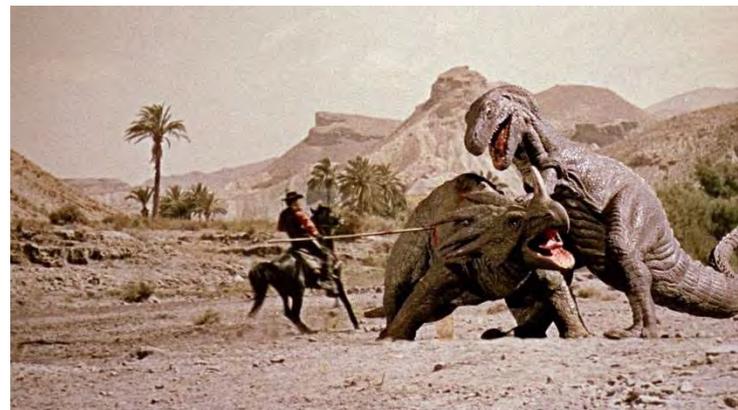


FIG1: Una de las escenas de la película, en la que Gwangi lucha con un estiracosauro mientras es lanceado por un vaquero.

Cómo hemos dicho, el principal valedor de "The Valley of Gwangi" fue Ray Harryhausen, por entonces reputado especialista en animación *stop-motion*, técnica que consiste en aparentar el movimiento de objetos estáticos por medio de una serie de imágenes fijas sucesivas. Para la película, diseñó cinco criaturas del pasado: el équido *Eohippus*, el pterosaurio *Pteranodon*, y los dinosaurios *Ornithomimus*, *Styracosaurus* y Gwangi, con características de

*Allosaurus* y *Tyrannosaurus*. Todos estos animales eran bien conocidos en el registro fósil norteamericano, fundamentalmente debido a los numerosos descubrimientos y estudios de material procedente de depósitos del Jurásico y Cretácico a cargo de los paleontólogos Othniel Charles Marsh y Edward Drinker Cope durante la conocida como “Guerra de los Huesos” de finales del siglo XIX.



FIG2: Ray Harryhausen con su hija en el set de rodaje en la Ciudad Encantada de Cuenca.

La premiere de "The Valley of Gwangi" tuvo lugar en Detroit el 11 de junio de 1969. Posteriormente se estrena en otros países como Japón o Alemania, pero nunca llegó a proyectarse en los cines de España. El estreno de la película en la televisión española fue el jueves 4 de enero de 1979, casi diez años después de su estreno en el resto del mundo. Hay que decir que sin tener demasiada promoción, pasó con más pena que gloria por los cines, debido en parte a que los productores no le vieron salida y a que el público estaba ya cansado tanto de los westerns como de las monster-movies.

## El rico patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha

En el momento de la producción de la película, las referencias al patrimonio paleontológico castellano-manchego se resumían en algunos trabajos de especialistas como Miquel Crusafont, el alemán Walter G. Kühne o el francés Albert Félix de Lapparent. No es hasta principios de la década de los 80 cuando se documenta el yacimiento de Las Hoyas en la localidad de La Cierva en la Serranía de Cuenca.

Este yacimiento es un depósito de conservación excepcional en el que se han preservado con exquisito detalle los restos de organismos que habitaron un ecosistema del Cretácico Inferior, hace algo más de 125 millones de años. Los resultados de varias décadas de estudio en Las Hoyas han permitido caracterizar parte de la fauna y la flora de este humedal así como

su paleoecología y diferentes aspectos relativos a la fosilización, situándolo como uno de los yacimientos de referencia del Cretácico Inferior a nivel mundial.

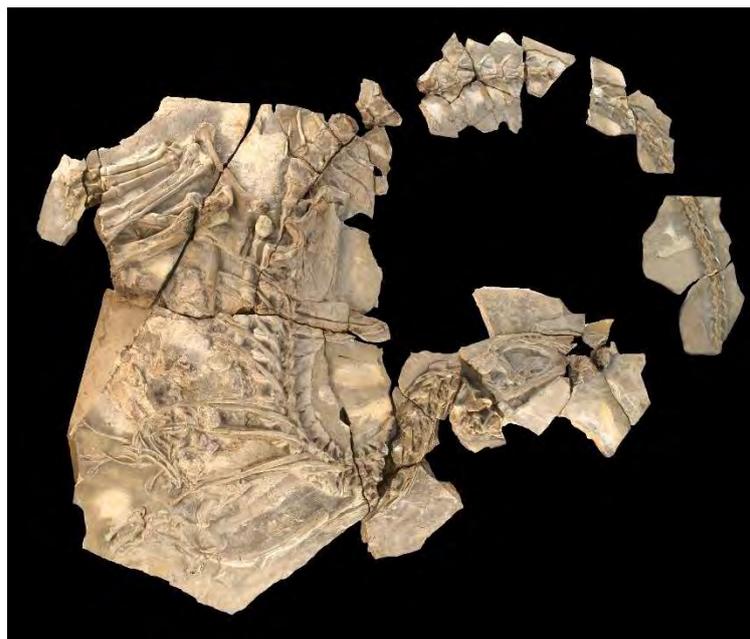


FIG.3: Ejemplar tipo de *Concavenator corcovatus*, dinosaurio carcarodontosaurio procedente del yacimiento de Las Hoyas en Cuenca.

A partir de la década de 2000, surgen distintas iniciativas de investigación que se proyectan sobre otros yacimientos del Cretácico Inferior como Buenache de la Sierra o Uña, los yacimientos del Cretácico Superior en Cuenca como Lo Hueco en Fuentes o Portilla y Guadalajara como Poyos en Sacedón o Algora, o los del Triásico de Guadalajara como El Atance en Sigüenza. En definitiva, el registro fósil mesozoico de Castilla-La Mancha posee un lugar importante en el mapa de la paleontología internacional.

## Lo que Gwangi anticipó

Es en la actualidad cuando podemos vislumbrar lo que de alguna forma presagiaba “The Valley of Gwangi”: una Cuenca pretérita habitada por mamíferos primitivos y enormes reptiles. Si bien es cierto que no vamos a encontrar un pequeño caballo como *Eohippus* en el registro castellano-manchego, si podemos distinguir otro representante del linaje de los équidos como *Anchitherium*, cuyo material se ha hallado en depósitos miocenos de Loranca del Campo en Cuenca. Por otro lado, aunque fuera del grupo de los caballos, también se ha identificado un mamífero en el yacimiento de Las Hoyas. Se trata de *Spinolestes*, mamífero de pequeño tamaño perteneciente al grupo extinto de los triconodontos.

El pterosaurio y los dinosaurios que aparecen en la película, que como decíamos, se han descrito en el registro Jurásico-Cretácico norteamericano, también se ven reflejados en algunos elementos de la fauna de Las Hoyas. El yacimiento conquense no ha proporcionado restos de *Pteranodon*, pero sí de otro reptil volador denominado *Europejara*. Y en cuanto a los dinosaurios, *Ornithomimus* tiene su análogo en *Pelecanimimus*, ambos integrantes del grupo de los ornitomimosaurios, mientras que *Styracosaurus* como herbívoro de gran tamaño se refleja en los iguanodóntidos, a pesar de pertenecer a grupos distintos. Finalmente, Gwangi como carnívoro de gran tamaño podría recordarnos al icónico *Concavenator*, el carcarodontosaurio con joroba que está cercanamente emparentado con *Allosaurus*.



FIG.4: Comparación de los ecosistemas del valle prohibido de Gwangi (arriba) y del humedal del Cretácico Inferior de Las Hoyas, con ilustración de Óscar Sanisidro (abajo)

## De Gwangi a Concavenator

Esta enorme casualidad ha servido de excusa para celebrar el cincuenta aniversario del estreno de la película e indagar un poco más en “The Valley of Gwangi”, su lugar en el cine de dinosaurios, sus efectos especiales y su rodaje, así como en la

evolución del conocimiento del registro fósil mesozoico en la provincia de Cuenca. Para ello, y con la ayuda de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, el Museo Paleontológico de Castilla-La Mancha, el Cine-Club Chaplin, el colectivo Koprolos y el Grupo de Biología Evolutiva de la UNED se prepararon diferentes actividades que incluían el visionado de la película y posterior debate, conferencias sobre cine y paleontología y la edición de un libro conmemorativo.

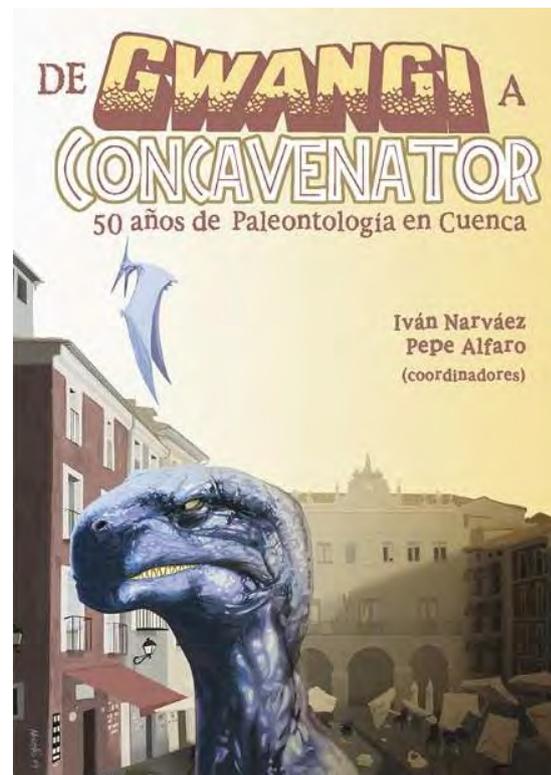


FIG.5: Portada del libro “De Gwangi a Concavenator. 50 años de Paleontología en Cuenca”, con ilustración de Javier Gutiérrez Maestro.

Este volumen propone un viaje que nos transportará hasta valles prohibidos del cine de dinosaurios con Octavio López Sanjuán, pasando por los meticulosos efectos especiales del mago de la animación Ray Harryhausen por Carlos Díaz Maroto y algunos episodios curiosos del rodaje contados por Pepe Alfaro, para acabar desgranando aspectos paleontológicos de la película de la mano de Iván Narváez y José Luis Sanz, y de las últimas cinco décadas de paleontología de vertebrados mesozoicos en Cuenca gracias a Francisco Ortega. El libro puede conseguirse de forma gratuita en el Museo de Paleontología de Castilla-La Mancha, así que acércate a Cuenca y no dejes pasar la oportunidad de conocer a los habitantes del valle prohibido y lo que rodea a esta emocionante película.

¡Larga vida a Gwangi!



## **CARTA a los REYES MAGOS**

### **El planeta TIERRA, nuestra casa**

Somos Hugo y Lucia, dos hermanos, y nuestra casa es la Tierra, un pequeño planeta que gira alrededor de una estrella, el Sol, los dos perdidos entre millones de estrellas y planetas. El Sol es nuestro amigo y como no podemos tomar directamente su fuerza, hace crecer plantas que comemos y la hierba que alimenta los animales que los abuelos cuidan en los campos que hay alrededor de su gran caserío.

Cerca del caserío hay un pequeño pueblo donde vive mucha gente que no tiene huerto ni animales y que deben comprar la comida en las tiendas.

Nuestros profes dicen que para vivir hay que respirar y comer, respirar es muy fácil pero el comer es más complicado, o tu tienes que cultivar la tierra, cuidar los animales o pescar o comprarlo a otros de lo que esté lo más cerca posible, por lo que necesitas dinero y hay gente que no lo tiene pero vemos que los que producen alimentos también tienen que ganarse la vida, ya lo veis, muy complicado y además en casa nos gustan las fiestas tradicionales ya en la Iglesia o en la calle y celebrarlas con platos típicos junto con familia y amigos y de tanto en cuanto preparar con gran ilusión una receta de estos grandes cocineros que salen en la tele.

Os pedimos que con vuestra gran influencia consigáis que la gente se ponga de acuerdo para que todos puedan comer lo que les guste, debe ser horrible morir de hambre!, . Ya sabemos que es muy complicado, imaginamos que todo debe funcionar como un reloj empezando por las piezas que producen alimentos, eso sí, sin perjudicar al planeta, nuestra casa que hay que conservar, por eso hay que creer en los científicos que lo estudian, però también, como dice nuestro profe de sociales, los alcaldes ( el de mi pueblo está de acuerdo) y todos los que mandan deben establecer acuerdos entre ellos con instrucciones que las cumplan todos para que haya buenos alimentos para todos, que somos muchos!, y sin perjudicar al planeta ya que si no lo cuidamos nos quedamos sin comida!. Todo debe funcionar como un reloj, hay muchas piezas, unas dependen de nosotros, como no tirar alimentos, otras de fuera, del campo, del mar, del mercado..., però en conjunto hay un solo reloj, eso sí, funcionando con energía solar!.

Estimados Reyes, os pedimos vuestra influencia para que este reloj funcione!

Hugo y Lucia

PD.: Enviadnos una señal de que os ocupáis de todo

Reyes Magos 2021



A+M

[www.ambientalesuned.es](http://www.ambientalesuned.es)