

## **INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO GLOBAL: EL CIBC COMO REFERENCIA EN LA UAM**

*Juan E. Malo Arrázola  
Manuel B. Morales Prieto  
Begoña Peco Vázquez*

*Centro de Investigación en Biodiversidad y Cambio Global (CIBC-UAM).  
Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid*

*Isabel Draper y Díaz de Atauri  
José L. Bella Sombría  
Juan Carlos Moreno Sáiz  
Miguel L. Munguira*

*Centro de Investigación en Biodiversidad y Cambio Global (CIBC-UAM).  
Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid*

### **RESUMEN**

El Centro de Investigación en Biodiversidad y Cambio Global (CIBC-UAM) es un centro propio de la Universidad Autónoma de Madrid que reúne a cerca de una centena de investigadores de los Departamentos de Biología y Ecología; y que persigue alcanzar los mayores niveles de excelencia en la generación y transmisión de conocimientos sobre el tema. El centro nació con una perspectiva amplia de Cambio Global, desde el convencimiento de que los problemas ambientales de la actualidad van más allá del cambio climático y requieren perspectivas multidisciplinares para su resolución. En consecuencia, los investigadores del centro estudian diferentes facetas del mismo desde enfoques complementarios y siempre atentos a una activa transmisión de la información generada a la sociedad, con el objetivo último de colaborar en la puesta en marcha de soluciones efectivas a la crisis ambiental.

### **1. CAMBIO CLIMÁTICO Y CAMBIO GLOBAL, URGENCIAS ACTUALES**

El cambio climático es ya una preocupación social de primer orden, agravada en España en este momento por la constatación de que nos encontramos en un episodio de sequía extrema y temperaturas récord a lo largo y ancho del país. Sin embargo, las anomalías de temperaturas y precipitaciones en la Península no son hechos aislados en el espacio y el tiempo. En los últimos años nos hemos acostumbrado a sufrir situaciones meteorológicas extremas, como olas de calor generalizadas, precipitaciones torrenciales en la fachada mediterránea asociadas a “gotas frías” (DANAs en terminología actual), e incluso episodios de frío y nieve no vistos en décadas. Las imágenes que nos llegan de diferentes países no hacen sino reforzar esta impresión, ya que los grandes incendios de Australia o Norteamérica siempre fueron noticia de telediario, pero ahora llegan asociados a datos de extensiones y niveles de gravedad nunca conocidos en aquellas tierras. Así han llegado las definiciones de las generaciones quinta y sexta de incendios, con capacidad para devorar extensiones gigantescas, autoperpetuarse y superar todas las capacidades previstas para luchar contra ellos, incluso en sociedades ricas y bien organizadas. El clima está cambiando, y los científicos nos muestran que el cambio climático actual supera en velocidad e intensidad a los registrados en el pasado y que las actividades humanas se encuentran en la base de este

cambio. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es hoy muy superior a la que se ha dado en los últimos 800.000 años, y el ser humano es responsable de su incremento, que alcanza en el último siglo una magnitud superior a la asociada a los ciclos glaciales que han caracterizado la última era geológica.

Sin embargo, el cambio climático no es sino una parte de las modificaciones a escala planetaria que ha realizado (o promovido) el ser humano en la Tierra, comprendidas en el término cambio global. Estos cambios son especialmente destacables a partir de mediados del siglo XX a escala mundial, fruto de la gran aceleración que se aprecia en los datos de población, consumo, deforestación, intensificación agrícola, emisiones... (Figura 1 A). Ello ha llevado a que, en el ámbito científico, se haya entendido la necesidad de buscar una visión más amplia de la situación y sus posibles remedios, para trabajar desde una perspectiva de cambio global (Rosenblum 2021). Desde ella, se han desarrollado en el siglo XXI diversas propuestas para sintetizar la situación, facilitar su divulgación y comprender mejor el punto en el que nos encontramos como especie y los caminos que podemos (debemos) emprender.

Una de estas propuestas establece la existencia de una serie de límites planetarios, entendidos como niveles máximos de tensión del sistema natural Tierra (en el uso de recursos, la emisión de contaminantes, la pérdida de diversidad biológica...), cuya superación puede llegar a comprometer la capacidad del planeta para soportar a la humanidad a medio y largo plazo en condiciones adecuadas (Steffen *et al.* 2015, Rockström *et al.* 2023). Para cada uno de los factores analizados, el límite se entiende como un umbral cuya superación pone en riesgo los procesos ecológicos de la Tierra a escala global, existiendo en muchos casos la incertidumbre de si los cambios que aparezcan al superarlo puedan tener consecuencias de carácter abrupto y traumático (Spake *et al.* 2022).

En concreto, se plantea la existencia de límites planetarios en torno a 9 grandes ejes (Figura 1B): el cambio climático, la integridad biológica, la cobertura vegetal y los usos del suelo, el uso del agua dulce, los ciclos biogeoquímicos, la acidificación de los océanos, la concentración de partículas en suspensión en la atmósfera, la capa de ozono estratosférica, y la presencia sustancias nuevas, con potenciales efectos desconocidos, en el medio ambiente.

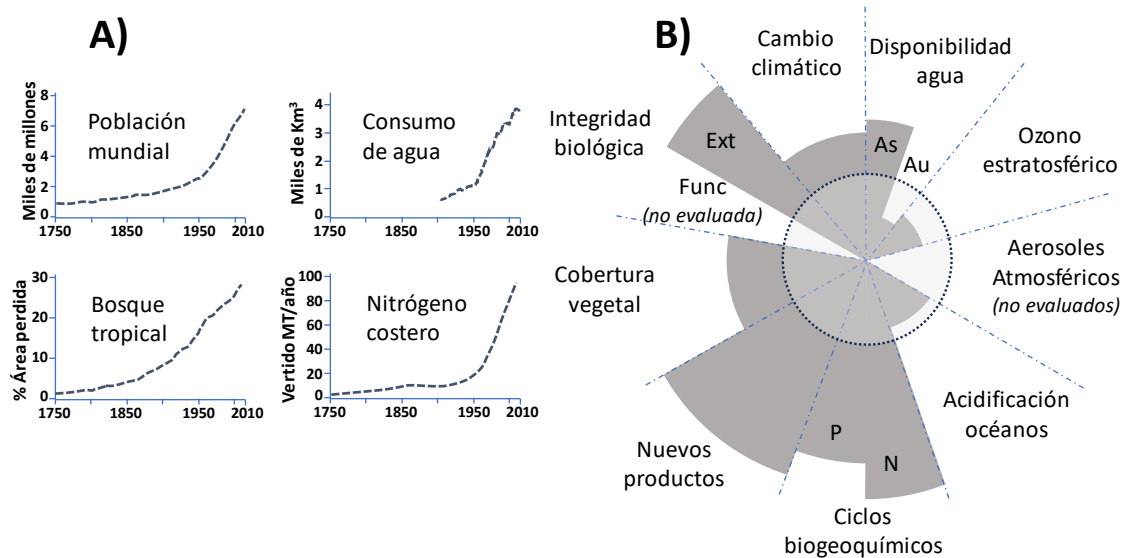


Figura 1. A) Diversos indicadores de la presión de la humanidad sobre el Ecosistema Tierra muestran un incremento marcado de la misma a partir de mediados del siglo XX, en lo que ha venido a denominarse “la gran aceleración” (elaborado a partir de <https://www.anthropocene.info>). B) Los 9 límites planetarios definidos originalmente, con información actualizada del estado de sus indicadores en 2022 respecto del umbral de seguridad definido para el Ecosistema Tierra (círculo punteado). Abreviaturas: As, Agua del suelo; Au, Uso de agua dulce; N, Nitrógeno; P, Fósforo; Func, Funcionalidad ecosistemas; Ext, Tasas de extinción de especies (elaborado a partir de <https://www.stockholmresilience.org/>).

Tal y como puede observarse en la figura 1B, los umbrales de seguridad se han superado ya total o parcialmente en 6 de las dimensiones analizadas, mientras que sólo en dos (la acidificación de los océanos y la capa de ozono estratosférico) nos encontramos dentro del área de seguridad, y hay uno (la concentración de partículas en suspensión en la troposfera) del que no se dispone de datos suficientes para hacer una valoración adecuada.

En tres casos la superación del umbral establecido es amplia, pero se encuentra aún dentro de un área de incertidumbre en la que se considera que ya hay un riesgo, no bien cuantificado, de aparición de efectos drásticos y globales. Entre ellos se encuentra el cambio climático, con un incremento de la temperatura que se estima actualmente en 1,2-1,3 ° C respecto de la temperatura estimada para la era preindustrial (1850-1900) y la modificación de la cobertura y vegetación terrestre, que se estima a través de la cobertura remanente de bosques en los principales biomas forestales de la Tierra. En este caso se estima un remanente alrededor del 60% en la actualidad frente a un umbral de seguridad establecido en el 75%.

En el caso de las aguas dulces, se estima que el umbral establecido a nivel global de consumo de agua (entre el 25-55% del agua fluyente de forma natural, dependiendo de la estación del año) no se ha alcanzado a nivel global, si bien estos límites se han trasgredido a escala regional en amplias zonas y el desigual reparto genera grandes problemas sociales y políticos. Por el contrario, para el caso del “agua verde” (entendida como el porcentaje de la superficie terrestre en la que la humedad del suelo accesible a las raíces de las plantas se desvía durante algún mes del año de su estado medio estimado sin afección humana), un reciente análisis ha mostrado que alrededor del 17% de las tierras emergidas se encuentran en esta situación alterada frente a un umbral de seguridad establecido en el 10% (Wang-Erlandsson *et al.* 2022). De este modo, dos indicadores complementarios de la tensión sufrida por este factor ejemplifican cómo las presiones sufridas por el planeta debido a las actividades humanas alcanzan valores altos o muy altos para muchos parámetros, si bien la naturaleza e intensidad de las mismas son variables entre regiones. Por ejemplo, la sobreexplotación de recursos hídricos superficiales es grave en muchas zonas áridas del planeta y poco relevante en otras con grandes precipitaciones; y el cambio en el indicador de agua verde esconde a nivel global dos realidades de extensión equiparable: la desecación de tierras en zonas con déficit hídrico y su encharcamiento en áreas en las que el permafrost se descongela.

Por último, los datos existentes sobre tres límites planetarios no dejan lugar a dudas respecto a que nos encontramos en una situación crítica de superación de los umbrales de confianza establecidos: la pérdida de integridad biológica, los ciclos biogeoquímicos del fósforo y el nitrógeno, y la presencia de productos de síntesis nuevos en el medio ambiente. La tasa de extinción de especies silvestres se encuentra hoy en niveles entre 100 y 1000 veces superiores a la evolución de nuevas especies, lo que multiplica por 10 el umbral de sostenibilidad definido y evidencia la magnitud de la crisis biológica que sufrimos, más allá de que el nivel de pérdida de funcionalidad efectiva de los ecosistemas no haya sido estimado aún a nivel global, ni se hayan establecido umbrales de seguridad sobre la misma.

Los ciclos del nitrógeno y fósforo se encuentran tan intervenidos con fines de producción agrícola e industrial, y como efecto secundario de las actividades humanas, que actualmente sus magnitudes están determinadas principalmente por ellas, y su arrastre hasta el mar duplica los umbrales establecidos como límite para evitar cambios radicales en los ecosistemas marinos costeros. Para terminar, el ya reconocido problema de la persistencia de los plásticos en el medio ambiente, y su peligrosa entrada en la cadena alimenticia en forma de microplásticos, no es sino la punta del iceberg de una realidad conocida: cada año se generan y vierten al medio un número de nuevas moléculas de síntesis muy superior al de las que pueden ser evaluadas en términos de su bioseguridad (Persson *et al.* 2022). Por ejemplo, en la Unión Europea, el 80% de las sustancias de este tipo con producciones anuales superiores a una tonelada no habían sido evaluadas en cuanto a su seguridad 10 años después de establecerse el registro unificado de ellas que exige dicha evaluación.

## **2. LA CRISIS DE LA BIODIVERSIDAD**

Consecuencia en buena medida de la sobreexplotación de los recursos, y acelerada por el cambio global, una de las consecuencias de la acción humana sobre el medio natural es la pérdida y fragmentación de hábitats y, con ello, la extinción de especies. Se han dado cifras de tasa de extinción que se sitúan alrededor del 1,4% en grupos taxonómicos bien conocidos, pero que podrían llegar al 13% considerando otros (Cowie *et al.* 2022). Dichas tasas de extinción han aumentado significativamente en las últimas décadas, en paralelo a lo ocurrido con la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico o el crecimiento demográfico de la especie humana. La extinción de especies, basada en estimaciones, se habría situado en una proporción significativamente mayor a la esperada por causas naturales, lo que ha llevado a diversos autores a calificar la crisis de la biodiversidad como “la sexta extinción”, en referencia a las otras cinco grandes extinciones causadas por sucesos geológicos acaecidos a nivel planetario. Especialmente preocupante es el hecho de que las presiones provocadas por la especie humana no solo se traducen en declives poblacionales en especies bien estudiadas -por ejemplo, una de cada tres especies de árboles está en riesgo de desaparecer (BCGI 2021)- sino también en grupos menos conocidos, como los de mariposas (van Swaay *et al.* 2022), o en grandes grupos animales como los insectos voladores en su conjunto, que han sufrido una alarmante pérdida de biomasa -y sin duda función- a lo largo del tiempo (Hallman *et al.* 2017).

En definitiva, la humanidad se enfrenta a cambios radicales en el funcionamiento del ecosistema Tierra provocados por su propia actividad, y urge tanto conocer mejor qué está ocurriendo en el mismo, como intentar predecir de qué modo puede cambiar y qué rutas puede seguir la sociedad para mitigar los problemas a los que se va a enfrentar. Además, se hace necesario avanzar en cómo puede optimizarse la trayectoria de cambios que deben ocurrir en el sistema socio-ecológico para aproximarse a soluciones duraderas de equilibrio entre el hombre y el medio ambiente en que habitamos.

## **3. EL CIBC-UAM Y SU CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO CIENTÍFICO DEL CAMBIO GLOBAL**

En este contexto, a finales de 2018 se constituyó el Centro de Investigación en Biodiversidad y Cambio Global (CIBC-UAM) como centro propio de investigación de la Universidad Autónoma de Madrid. Lo hizo con el objetivo primordial de aunar esfuerzos en la búsqueda de mayores niveles de excelencia en la generación y transmisión de conocimientos sobre diferentes aspectos de la biodiversidad y el cambio global que se desarrollaban ya en ese momento en los Departamentos de Ecología y de Biología (Unidades de Zoología, Botánica, Genética, Fisiología Animal y Fisiología Vegetal). El centro fue apoyado desde sus inicios por ambos departamentos y por la Facultad de Ciencias, desde el convencimiento de que el intenso trabajo de calidad que se hacía no alcanzaba, hasta ese momento, unos niveles de repercusión externa y financiación acordes con sus aportes científico-técnicos y su potencial de mejora a través de las sinergias entre grupos de investigación.

Pese a las dificultades atravesadas en estos primeros años, marcados por la pandemia y la complejidad administrativa de toda institución nueva, en la actualidad el centro empieza a tener una repercusión externa relevante (p.ej. se recuperan más de 700.000 entradas en Google con la búsqueda “CIBC & UAM”) y sus casi 100 investigadores mantienen líneas de trabajo que tocan buena parte de los ejes descritos anteriormente. Sus trabajos acometen de forma prioritaria las facetas biológicas y ecológicas de los mismos y, de forma más puntual, las correspondientes a los procesos fisicoquímicos de la atmósfera o los océanos.

La investigación que acapara un mayor esfuerzo en el Centro y un número de proyectos más elevado está relacionada con la integridad biológica de la biosfera. Se abordan temas como la descripción de la biodiversidad y la comprensión de los procesos de formación y extinción de especies; la biogeografía y distribución de especies; la estructura y función de comunidades animales y vegetales en mosaicos de áreas con uso intenso y parches sometidos a baja presión antrópica como relictos de pastizal, bosquetes o pequeñas sierras; procesos de ensamblaje de comunidades, desde niveles microbianos a

pastizales, matorrales y bosques templados o tropicales y diversos ecosistemas agrarios; o el análisis del riesgo de extinción en distintos grupos animales y vegetales.

Muchos de estos proyectos de investigación analizan, para diversos grupos taxonómicos diana o ecosistemas particulares, los efectos ya notables y los previsibles del cambio climático en marcha. En este contexto se engloban proyectos en la Antártida sobre especies invasoras, lagunas temporales de agua dulce, humedales y saladares, comunidades de coleópteros o de anfibios; cambios esperados en la dinámica poblacional y rangos de distribución de especies; potenciales riesgos zoonóticos actuales y futuros de sobre la fauna en contacto con el hombre; planificación de áreas protegidas futuras atendiendo al cambio climático y la conectividad entre áreas a proteger. En este contexto, pueden también mencionarse los proyectos que abordan análisis paleoclimáticos, y que complementan la comprensión del cambio global actual frente a los acaecidos en tiempo pasados.

Otra fuerza central del cambio global que analizan varios grupos de investigación, y sus repercusiones sobre la biodiversidad, son los cambios del uso humano del territorio (incluyendo la intensidad de tal uso), tanto por procesos de deforestación u ocupación de suelos naturales por zonas urbanizadas, como por el establecimiento de sistemas de explotación de creciente intensidad. Los investigadores del CIBC abordan estudios tanto en nuestras latitudes como en regiones tan distantes como la Amazonia. Entre los ecosistemas antrópicos cuyos procesos de cambio e intensificación han recibido más atención por parte de los investigadores del CIBC están los agroecosistemas, que bajo una gestión tradicional y extensiva han sido refugio para comunidades de enorme singularidad biológica (aves, artrópodos, plantas vasculares, por mencionar algunos de los grupos estudiados en el CIBC) e interés por las muy diversas funciones ecosistémicas (control biológico, polinización, reciclado de nutrientes) que desempeñan.

Sin embargo, la intensificación agraria, acelerada en los últimos 30 años, está dando al traste con estas comunidades y poniendo en riesgo el funcionamiento ecosistémico de las zonas agrícolas, las cuales, en los últimos pocos años están afrontando una nueva y rápida transformación: su ocupación a gran escala por instalaciones de producción de energía renovable (fotovoltaica y eólica), que transforman radicalmente la estructura del hábitat con efectos todavía escasamente evaluados sobre la biodiversidad. Diversos proyectos que involucran a investigadores del CIBC se ocupan también de estudiar este proceso, procurando contribuir a su sostenibilidad y racionalización, conscientes de la necesidad, tanto de estas energías, como de agroecosistemas funcionales.

El agua, su escasez en medios como el Mediterráneo en que nos encontramos, y las tensiones que sufren los ecosistemas acuáticos por la extracción para diversos usos humanos son igualmente objeto de examen por parte de investigadores de CIBC. La influencia del hombre en los ecosistemas acuáticos tiene un impacto notable en las comunidades biológicas, alterando su composición y provocando importantes desequilibrios. En este ámbito de estudio se pueden destacar no sólo los estudios sobre la biodiversidad, sino también el análisis de los factores que determinan las explosiones de algas tóxicas y el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas para su gestión.

En este sentido, tampoco resultan ajenas a los investigadores del CIBC las preocupaciones por el impacto del ser humano en los ciclos de nutrientes; de la misma forma que el papel de grandes reservorios o potenciales sumideros de carbono que son los bosques y pastizales. La degradación y fragmentación del medio natural conlleva la alteración de estos ciclos de nutrientes, que se ven manipulados por el hombre mediante procesos de síntesis química o minería; y terminan vertidos en grandes volúmenes en el medio natural. En la misma dirección, y enlazado con el problema de la síntesis y vertido de nuevas sustancias al medio, en el CIBC se desarrolla una potente línea de investigación sobre la presencia generalizada de microplásticos en los ecosistemas y a lo largo de las cadenas tróficas, así como sobre sus implicaciones en los ecosistemas naturales.

Tal y como se indicó anteriormente, sólo los problemas ambientales más estrechamente vinculados con la contaminación atmosférica (aerosoles, contaminantes troposféricos), la capa protectora de ozono estratosférico y la acidificación de los océanos quedan más al margen del trabajo

rutinario de los investigadores del centro, aunque de forma puntual también se desarrollan estudios enfocados a evaluar la presencia de partículas en suspensión aérea y sus efectos en el entorno.

#### 4. PERSPECTIVAS

Para terminar, hay que destacar que el CIBC-UAM desde su génesis pretende ayudar a la búsqueda de soluciones a los problemas generados por los procesos de cambio y crisis de la biodiversidad, que innegablemente pasan por considerar el socio-ecosistema en su conjunto. Es decir, la integración de las gentes que viven en los territorios, o que se relacionan de alguna forma con ellos, y los procesos ecológicos, con el fin de aproximarse a una gestión de esos territorios basada en la garantía de un funcionamiento ecológico equilibrado (medios de producción y consumo de bajo impacto medioambiental; diseños de políticas y prácticas agrarias sostenibles). Muchos grupos de investigación del centro trabajan en estas perspectivas, ya sea de forma central desde una perspectiva de análisis socio-ecológico, o como parte integral de investigaciones transdisciplinarias que abarcan, por ejemplo, desde los aspectos de escala molecular, condicionantes de la reproducción de una especie focal, a sus estrategias de supervivencia en ambientes altamente humanizados, su dependencia de prácticas humanas tradicionales o la mortalidad vinculada a ciertas actividades humanas y cómo reducirla.

Sin perder de vista la importancia de recuperar ecosistemas y especies en riesgo de desaparición, en el seno del CIBC se desarrolla un importante esfuerzo de investigación enfocado a la restauración de ecosistemas y la conservación, el rescate o reforzamiento de poblaciones de especies amenazadas y señeras de ecosistemas en proceso de degradación. En este plano merece la pena destacar también la colaboración recurrente de los investigadores en los procesos más técnicos y científicos que permiten la puesta en marcha, seguimiento y evaluación de planes, programas y proyectos de forma ambientalmente sensible, o el diseño de instrumentos de gestión de especies y espacios protegidos, que en último término redundan en la reducción o reversión de las amenazas que sufre la naturaleza.

Con todo ello, y una fuerte vocación para combinar la investigación científica con la divulgación social a todas las escalas, y la transferencia de conocimiento a distintos sectores de la sociedad (administración, industria, comunidades locales), el CIBC-UAM pretende conformarse como un instrumento útil a la sociedad para una necesaria transformación ecológica, que permita la supervivencia a largo plazo del Ecosistema Tierra, y la propia especie humana, dentro de los límites que imponen la física y química planetarias. Confiamos en llegar a tiempo, y servir de sustento sólido en dicha dirección.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- BGCI. 2021. *State of the World's Trees*. BGCI, Botanic Gardens Conservation International. Richmond, Reino Unido.
- Cowie, R.H.; Bouchet, P. y Fontaine, B. 2022. The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biol. Rev.* 97: 640-663.
- Hallmann, C.A.; et al. (12 autores). 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 12: e0185809.
- Persson, L.; et al. (14 autores). 2022. Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environ. Sci. Technol.* 56: 1510-1521.
- Rockström, J.; et al. (51 autores) 2023. Safe and just Earth system boundaries. *Nature* 619: 102-111.
- Rosenblum, E.B. 2021. *Global Change Biology*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- Spake, R.; et al. (14 autores). 2022. Detecting Thresholds of Ecological Change in the Anthropocene. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 47: 797-821.
- Steffen, W.; et al. (17 autores) 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 125985.
- Van Swaay, C.A.M.; et al. (66 autores). 2022. *European Grassland Butterfly Indicator 1990-2020 Technical report*. Butterfly Conservation Europe & SPRING/eBMS ([www.butterfly-monitoring.net](http://www.butterfly-monitoring.net)) & Vlinderstichting report VS2022.039.
- Wang-Erlandsson, L.; et al. (18 autores). 2022. A planetary boundary for green water. *Nat. Rev. Earth. Environ.* 3: 380-392.