

# Cambio global

## **Crisis ecosocial y perspectivas futuras**

Marc Oliva, Jordi Martín-Díaz, Carles Barriocanal,  
Juan Ignacio López-Moreno, Josep Bonsoms (eds.)

UBe

Col·lecció  
Canvi Global



Cambio  
global

# Cambio global

## **Crisis ecosocial y perspectivas futuras**

Marc Oliva, Jordi Martín-Díaz, Carles Barriocanal,  
Juan Ignacio López-Moreno, Josep Bonsoms



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

Edicions

Col·lecció  
Canvi Global

# Índice

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Prólogo.....                                                                    | 11 |
| <i>Joan Guàrdia Olmos</i>                                                       |    |
| Prefacio .....                                                                  | 13 |
| <i>M. Oliva, J. Martín-Díaz, C. Barriocanal, J. I. López-Moreno, J. Bonsoms</i> |    |
| Introducción .....                                                              | 15 |
| <i>M. Oliva, J. Martín-Díaz, C. Barriocanal, J. I. López-Moreno, J. Bonsoms</i> |    |

## BLOQUE 1

### INTRODUCCIÓN AL CAMBIO GLOBAL

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. De cambio climático a cambio global .....                                                                                     | 23 |
| <i>J. Martín-Díaz, M. Oliva</i>                                                                                                    |    |
| 1.2. El cambio global durante el pasado.....                                                                                       | 45 |
| <i>S. Giralt, S. Pla-Rabes, M. Oliva, D. Antoniades, A. Hernández, O. Margalef, A. Sáez, A. Geyer, J. Ibáñez-Insa, T. Shanahan</i> |    |
| 1.3. Cambio global presente: el Antropoceno .....                                                                                  | 71 |
| <i>S. Pla-Rabes, S. Giralt, S. Turner, D. Antoniades, A. Hernández, S. Nogué, M. Oliva, P. Raposeiro</i>                           |    |

## BLOQUE 2

### CAMBIOS EN EL SISTEMA TIERRA

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 2.1. La atmósfera .....                          | 105 |
| <i>S. M. Vicente-Serrano</i>                     |     |
| 2.2. La hidrosfera .....                         | 123 |
| <i>S. Beguería</i>                               |     |
| 2.3. La biosfera.....                            | 141 |
| <i>C. Barriocanal, S. Pla-Rabes, J. Belmonte</i> |     |
| 2.4. La litosfera .....                          | 163 |
| <i>A. Cerdà, I. Franch Pardo</i>                 |     |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5. La criosfera.....                                                                                 | 181 |
| <i>J. I. López-Moreno, E. Alonso-González, J. Revuelto, C. Deschamps-Bergier, J. Bonsoms, M. Oliva</i> |     |
| Observaciones finales .....                                                                            | 195 |
| <i>M. Oliva, J. I. López-Moreno</i>                                                                    |     |

### BLOQUE 3

#### DINÁMICA SOCIOECOLÓGICA EN UN MUNDO CAMBIANTE

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. La urbanización planetaria .....                                                    | 199 |
| <i>R. Díez-Pisonero</i>                                                                  |     |
| 3.2. Cambios en los usos del suelo .....                                                 | 219 |
| <i>P. Pereira, M. Das, M. Inacio</i>                                                     |     |
| 3.3. La promoción del desarrollo sostenible .....                                        | 235 |
| <i>J. Martín-Díaz</i>                                                                    |     |
| 3.4. Recursos al límite .....                                                            | 255 |
| <i>A. Valero, S. Ascaso, A. Ortego</i>                                                   |     |
| 3.5. Exposición creciente a riesgos naturales .....                                      | 273 |
| <i>J. Olcina Cantos</i>                                                                  |     |
| 3.6. La degradación ambiental, una creciente amenaza para la salud de las personas ..... | 299 |
| <i>Q. Zaldo-Aubanell, A. Bach</i>                                                        |     |
| Observaciones finales .....                                                              | 319 |
| <i>J. Martín-Díaz, C. Barriocanal</i>                                                    |     |

### BLOQUE 4

#### LA GEOGRAFÍA DEL CAMBIO GLOBAL

|                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Las regiones polares.....                                                                                                                                                                                      | 323 |
| <i>M. Oliva, J. I. López-Moreno, N. Andrés, D. Antoniadés, J. Bonsoms, J. M. Fernández-Fernández, J. García-Oteyza, L. García-Sancho, S. Giralt, S. González-Herrero, J. Martín-Díaz, S. Pla-Rabes, D. Palacios</i> |     |
| 4.2. Las regiones boreales y subárticas .....                                                                                                                                                                       | 341 |
| <i>O. Grau, M. Oliva</i>                                                                                                                                                                                            |     |
| 4.3. Las regiones templadas .....                                                                                                                                                                                   | 355 |
| <i>E. Serrano, A. Pisabarro, R. M. Ruiz-Pedrosa</i>                                                                                                                                                                 |     |
| 4.4. Las regiones intertropicales y subtropicales .....                                                                                                                                                             | 385 |
| <i>L. Camacho, S. Espinosa</i>                                                                                                                                                                                      |     |
| 4.5. El cambio global en las áreas de montaña .....                                                                                                                                                                 | 405 |
| <i>J. M. García-Ruiz, J. Arnáez, T. Lasanta, E. Nadal-Romero, J. I. López-Moreno</i>                                                                                                                                |     |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 4.6. El océano.....                    | 429 |
| <i>J. Zorrilla-Pujana, T. Maggioni</i> |     |
| Observaciones finales .....            | 451 |
| <i>M. Oliva, J. I. López-Moreno</i>    |     |

## BLOQUE 5

### ESTRATEGIAS FUTURAS FRENTE AL CAMBIO GLOBAL

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Escenarios climáticos y ambientales futuros .....                          | 457 |
| <i>S. González-Herrero, M. Lemus-Canovas</i>                                    |     |
| 5.2. Alternativas económicas: hacia el decrecimiento .....                      | 473 |
| <i>F. Demaria, J. Martín-Díaz, C. Barriocanal</i>                               |     |
| 5.3. Estrategias de adaptación y mitigación .....                               | 487 |
| <i>M. Serra, S. Nebot, A. Smeenk, E. Plana</i>                                  |     |
| 5.4. Educación ambiental y para la sostenibilidad .....                         | 501 |
| <i>I. Ruiz Mallén, A. Corres, M. Boada</i>                                      |     |
| Observaciones finales .....                                                     | 521 |
| <i>C. Barriocanal, J. Martín-Díaz</i>                                           |     |
| Retos a corto y medio plazo.....                                                | 523 |
| <i>M. Oliva, J. Martín-Díaz, C. Barriocanal, J. I. López-Moreno, J. Bonsoms</i> |     |

## Prólogo

La idea de cambio es propia de los procesos evolutivos. Dicho así no parece que el término cambio deba ser causa de alarma o ni tan siquiera de atención. Cambiar significa pasar de un estado a otro, aunque el cambio sea imperceptible o irrelevante a ojos externos. Cambiar está implícito en la conducta humana y en el aprendizaje. Cambio es sinónimo de movimiento y de gestión dinámica de la realidad.

Sin cambio no hay progreso, sin cambio no hay novedad, sin cambio no hay futuro, sin cambio no hay esperanza, sin cambio no hay proyecto, sin cambio no hay camino, sin cambio no hay aciertos, sin cambio no hay salidas de sol ni lunas crecientes.

Sin cambio no hay incertidumbre, sin cambio no hay errores, sin cambio no hay involución, sin cambio no hay retroceso, sin cambio no hay derrota, sin cambio no hay ocaso ni luz menguante.

Sin cambio no hay vida.

Visto así entenderán que un texto titulado *Cambio global* —que inaugura a modo programático la colección homónima— merece atención. De hecho, solamente por lo provocativo del título ya merecería la pena dejarse llevar por la provocación puesto que, si el término «cambio» es sugerente, su aspiración de global ya es definitiva. Cambio global como declaración de intenciones, voluntad de afectación masiva y absoluta, que llega a todas partes y a todo el mundo, que nada ni nadie queda a resguardo del cambio. Aunque parezca distante y lejano, finalmente el cambio, al ser global, nos va a alcanzar. Los coordinadores proponen esa idea que a la vez puede ser turbadora pero no exenta de realismo.

Y es ese el propósito de la coordinación del texto, lo que coloquialmente llamaríamos un baño de realidad. Los capítulos, como ellos mismos describen, implican un repaso ordenado y exhaustivo del cambio planetario en términos de ecosistema. En términos de construcción masiva y compartida que nos propone un mensaje claro y directo de cambio global y, también, de urgencia. Los autores y autoras de los distintos capítulos y bloques hacen de este texto una densa capa de ciencia. Mostrando así, en los bloques 1 al 4, un diagnóstico riguroso de la situación y, a su vez, proponen el impacto de las predicciones que,

a su criterio, podemos esperar a partir de lo que está sucediendo. En el bloque 5 se incluyen las aportaciones desde los ámbitos de los contextos económico, ambiental, del que se deriva de la actual definición de «sostenibilidad» e, incluso, del educativo.

No debe extrañar la densidad del texto ni la ejemplar voluntad enciclopédica. Todo lo contrario, ello debe estimular la actitud interrogadora de las personas que se acerquen al presente libro y que lo hagan con el afán de saber y conocer qué significa cambio global en un sentido científico y, a la vez, pedagógico. Esto también es hacer ciencia, esto también es construir universidad, esto también contribuye, y mucho, a la trayectoria de la Universidad de Barcelona.

JOAN GUARDIA OLMOS

Rector de la Universidad de Barcelona

## Prefacio

Marc Oliva, Jordi Martín-Díaz, Carles Barriocanal,  
Juan Ignacio López-Moreno, Josep Bonsoms\*

El cambio global ha moldeado y sigue modelando numerosos aspectos centrales de nuestras vidas. Vivimos en un mundo esculpido por una transformación sin pausa y cuya celeridad nos dibuja un presente cada vez menos parecido al pasado reciente. Nuestros proyectos vitales, así como nuestras pautas de consumo, de socialización o de ocio, están cada vez más influidos por la velocidad de los cambios. Todo ello en un planeta estrechamente interconectado; a pesar de tratarse de contextos culturales y geográficos muy dispares, los inuit de Groenlandia, los agricultores de campos de arroz del Sudeste Asiático o los habitantes de Manhattan jamás habían compartido tantas cosas ni podían mantener una comunicación tan fluida. El cambio global abarca un amplio abanico de cuestiones interrelacionadas, entre las cuales también se encuentra el creciente impacto de las actividades humanas sobre el resto de la naturaleza. Debido a ello, observamos el incesante despliegue de una crisis ecológica con implicaciones sociales cada vez más conocidas y denunciadas, como las relativas a los cambios acelerados en los patrones climáticos o la rápida degradación de los recursos naturales y de los ecosistemas.

El cambio global es un fenómeno muy complejo y con múltiples dimensiones, de modo que sería demasiado atrevido aspirar a abordar todas sus implicaciones en un solo documento. Es por ello por lo que este libro focaliza su interés en uno de sus aspectos fundamentales: el cambio del sistema natural y la crisis ecosocial. Desde esta perspectiva, se analizará la creciente interconexión de las transformaciones humanas y físicas, así como las perspectivas que deben guiar la construcción de un futuro sostenible y equitativo. La complejidad de la realidad contemporánea requiere plantear enfoques holísticos y considerar, asimismo, las implicaciones globales y a largo plazo de nuestras acciones.

*Cambio global. Crisis ecosocial y perspectivas futuras* constituye una obra actualizada del estado de la cuestión sobre la temática que ha seguido un largo

\* Marc Oliva, Universitat de Barcelona. Jordi Martín-Díaz, Universitat de Barcelona. Carles Barriocanal, Universitat de Barcelona. Juan Ignacio López-Moreno, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Josep Bonsoms, Universitat de Barcelona.

proceso de evaluación académica. Lo han escrito investigadores comprometidos con algunos de los principales aspectos del cambio global, quienes han hecho un esfuerzo para presentar de forma didáctica los conocimientos más recientes en sus respectivos campos. El libro es una invitación a la reflexión, especialmente en relación con aquellas ideas e interpretaciones que se sitúan, hoy en día, fuera de la ortodoxia. Son necesarios ejercicios como este si deseamos que el progreso no se convierta en un concepto pretérito. Por todo ello, los editores esperamos que *Cambio global* constituya una obra inspiradora y de referencia para todas las personas que deseen comprender mejor una realidad que ya está condicionada por la crisis ecosocial y que lo estará aún más en el futuro. Y, así, este libro se ha escrito con la humilde voluntad de servicio a nuestros coetáneos y se anima a los lectores a no conformarse con las explicaciones presentadas en las siguientes páginas. Hay mucho espacio y un amplio abanico de acciones que pueden contribuir a construir un futuro mejor para todos nosotros, así como para las generaciones venideras y el resto de las especies de nuestro bello planeta.

# Introducción

**Marc Oliva, Jordi Martín-Díaz, Carles Barriocanal,  
Juan Ignacio López-Moreno, Josep Bonsoms\***

Nuestro hogar, la Tierra, está cambiando. Los récords de temperatura máxima que se suceden en todos los continentes año tras año lo evidencian. Así, el verano boreal de 2023 fue el más cálido a nivel global y presentó las temperaturas del mar más elevadas desde que hay registros instrumentales. China, Marruecos, Albania, Cataluña o Valencia alcanzaron sus temperaturas máximas jamás registradas. No solo el clima está cambiando; otros cambios profundos afectan tanto a corto como largo plazo a la dinámica de los océanos, al sistema hidrológico, a los usos del suelo y a la vegetación, con consecuencias claramente negativas para las sociedades, las cuales están cada vez más expuestas a los riesgos naturales asociados: sequías, inundaciones, olas de calor, incendios forestales, etc. Además, las actividades humanas están deteriorando la calidad del aire, los suelos y las aguas, con lo que la contaminación ha llegado a lugares que eran prístinos hasta hace pocas décadas y se ha alcanzado una de las mayores tasas de extinción de especies conocida hasta la fecha.

La humanidad está forzando a la Tierra a salir de la zona de confort que ha habitado durante el presente interglacial, el Holoceno, en el que las condiciones climáticas relativamente estables y cálidas han propiciado el desarrollo de civilizaciones. A medida que las actividades humanas se han expandido e intensificado en todo el mundo, la dinámica natural se ha visto perturbada y la Tierra ha trascendido los límites de la variabilidad ambiental y climática propia del periodo holoceno. Así, el sistema natural se está ajustando a las transformaciones ambientales impuestas por una creciente actividad antropogénica que amenaza con seguir desbordando los ecosistemas y que puede llegar a poner en jaque a la propia humanidad. El omnipresente cambio climático es el máximo exponente de ello; no hay día que, con mayor o menor dramatismo, no aparezcan noticias en los medios de comunicación sobre las consecuencias que la inercia climática actual tiene y tendrá sobre los ecosistemas de bajas, medias y altas latitudes.

\* Marc Oliva, Universitat de Barcelona. Jordi Martín-Díaz, Universitat de Barcelona. Carles Barriocanal, Universitat de Barcelona. Juan Ignacio López-Moreno, Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Josep Bonsoms, Universitat de Barcelona.

A pesar de los múltiples informes, convenciones y tratados internacionales firmados por la casi totalidad de los países durante los últimos treinta años, la implementación de las medidas mitigadoras del cambio climático resulta manifiestamente insuficiente. Los principales actores involucrados en la propia promoción del desarrollo sostenible reconocen la imposibilidad de detener la creciente degradación ambiental y climática. La pérdida de biodiversidad, la deforestación masiva o la contaminación por microplásticos son ejemplos de la insuficiencia de las actuales políticas. Asimismo, estos ejemplos ilustran que estamos ante una transformación ambiental que va mucho más allá del calentamiento global y de sus efectos.

Por ello el concepto «cambio global» actualiza y expande el término «cambio climático», que, con éxito, ha contribuido estos últimos años a concienciar-nos de la capacidad humana para modificar algo aparentemente tan intangible e impalpable como la atmósfera gaseosa que nos rodea. El término cambio global incluye la capacidad humana de transformar el sistema natural, ya que nuestro impacto no solo se observa en la atmósfera, sino que también se detecta en los mares más alejados, las tierras más aisladas y los glaciares más inhóspitos. Al mismo tiempo, hemos experimentado un aumento en la interconexión entre diferentes regiones, lo que ha generado transformaciones en nuestro estilo de vida y en nuestros hábitos de consumo. Esto ha dado lugar a cambios en las dinámicas sociales y en la relación de las personas con su entorno físico. Un ejemplo destacado es el auge y desarrollo reciente del sector turístico, así como la alteración radical de los patrones de consumo y la globalización en las redes de distribución de productos.

El crecimiento económico moderno iniciado con la Revolución Industrial es el motor de los cambios ambientales y socioeconómicos recientes y constituye el pilar fundamental que define el *Antropoceno*, la nueva propuesta de época geológica para incidir en la capacidad antropogénica de transformar el comportamiento natural de la Tierra. La interacción entre actividad humana y modificación de la dinámica del sistema terrestre nunca ha sido tan intensa y efectiva ni ha afectado a superficies tan extensas. De hecho, el alcance de tales transformaciones está dando forma a una *crisis ecosocial* que hace referencia a las consecuencias asociadas al deterioro del planeta y de los recursos, así como a sus implicaciones sobre las dimensiones social y política.

En este contexto, el presente libro nace de la voluntad de sintetizar y actualizar la ingente cantidad de información que la ciencia ha generado sobre el cambio global, con el objetivo de ser una obra enriquecedora para la propia comunidad, estudiantes en formación, gestores del territorio o cualquier otro ciudadano preocupado por la actual crisis ecológica y social. Y es que, en el

presente contexto de aceleración de las transformaciones ambientales, climáticas y sociales, la combinación de los diagnósticos y propuestas científicas debe ir de la mano de la acción de las correspondientes administraciones y sus dirigentes.

Este libro no se limita a exponer los cambios e impactos derivados de esta crisis, sino que también presenta las alternativas capaces de llevar a cabo una mejora real del bienestar social y ambiental. Así, *Cambio global* constituye más que una suma de los treinta capítulos que lo componen, los cuales están estructurados en cinco bloques independientes y entrelazados para incidir en las interacciones entre los medios físico y humano. Cada una de las secciones temáticas incluye entre tres y seis capítulos centrados en elementos específicos y representativos que permiten comprender el cambio global desde la perspectiva de la crisis ecosocial. Cada capítulo ha sido coordinado por un especialista con demostrada experiencia en la materia que ha resumido los cambios observados en la correspondiente temática y las nuevas tendencias.

El primer bloque empieza con una visión introductoria del concepto «cambio global» y de su importancia, a tenor de la reciente evolución de nuestra conciencia ambiental (capítulo 1.1). Seguidamente, se analiza la variabilidad climática y ambiental pasada como la antesala de los cambios recientes (capítulo 1.2), que se sintetizan en la aparición del concepto «Antropoceno», examinado en la última parte de este bloque (capítulo 1.3).

El segundo bloque se centra en el sistema natural y en los impactos del cambio global en los diferentes componentes que lo integran, que corresponden a capítulos individuales referidos a la atmósfera (capítulo 2.1), la hidrosfera (capítulo 2.2), la biosfera (capítulo 2.3), la litosfera (capítulo 2.4) y la criosfera (capítulo 2.5).

El tercer bloque se centra en el componente humano y en su interacción con el resto del medio ambiente. En primer lugar, se presenta el papel que desempeña la urbanización en el cambio global (capítulo 3.1), fundamental para comprender las modificaciones aceleradas en los usos del suelo a escala planetaria (capítulo 3.2). A continuación, se analiza por qué el desarrollo sostenible no está revirtiendo la degradación ambiental (capítulo 3.3), para lo cual también deben tenerse en cuenta las evidencias de agotamiento de los recursos minerales (capítulo 3.4) y el aumento de exposición a los riesgos naturales (capítulo 3.5). Por último, se analiza cómo la creciente degradación ambiental también está afectando negativamente a nuestra salud (capítulo 3.6).

El cuarto bloque analiza la geografía del cambio global y cómo los cambios registrados en el medio físico y en las actividades socioeconómicas se plasman a nivel local, desde las regiones polares (capítulo 4.1) hasta las altas lati-

tudes (capítulo 4.2), la zona templada (capítulo 4.3), la zona subtropical e intertropical (capítulo 4.4), las áreas de montañas (capítulo 4.5) y los océanos (capítulo 4.6).

Finalmente, el quinto y último bloque está centrado en las estrategias futuras frente al cambio del sistema natural. En primer lugar, se analizan los posibles factores climáticos y ambientales que influirán en el entorno futuro (capítulo 5.1) y se destaca la importancia de que las sociedades ajusten su modelo de desarrollo económico para lograr la sostenibilidad (capítulo 5.2). También se analiza el marco de adaptación y mitigación que las sociedades deben adoptar para hacer frente a las transformaciones inducidas por el cambio global (capítulo 5.3), así como el papel fundamental que deberán desempeñar la educación y la conciencia ambiental (capítulo 5.4).

Cada capítulo de este libro se sumerge en la información existente en su respectiva área temática y sus autores vierten en él su conocimiento y experiencia desde una amplia gama de disciplinas, configurando así una interdisciplinariedad que es necesaria para abordar el estudio del cambio global. Como resultado, la disposición temática del libro potencia la complementariedad de temas y enfoques recurriendo a las referencias cruzadas entre capítulos, con el objetivo de poner de relieve las numerosas interrelaciones al tiempo que se evitan las redundancias. Al final de cada bloque se presentan unas observaciones conclusivas, donde se sintetizan e integran los resultados más significativos de los distintos capítulos, así como las incertidumbres y temáticas que requieren de mayor comprensión futura.

Es importante mencionar que los primeros pasos de la preparación de esta obra se idearon durante la pandemia de COVID-19. Cabe así agradecer a los autores que aceptaran participar en este libro en tiempos convulsos, de intensa carga de trabajo y futuro incierto. Queremos expresar nuestro sincero reconocimiento a todos y todas las autoras por su disposición excepcional, su entusiasmo y su arduo trabajo en esta época tan difícil. Han realizado aportaciones de gran relevancia y han cumplido con los plazos y objetivos establecidos por los editores, contribuyendo así a promover la reflexión en un momento en el que la historia nos invita a replantearnos nuestras creencias y certezas actuales.

Asimismo, es de recibo agradecer a nuestras instituciones el apoyo administrativo y logístico que nos han prestado durante estos años, así como expresar nuestra gratitud a nuestros compañeros de centro, con quienes hemos compartido discusiones y debates sobre el cambio global, sus causas y consecuencias.

Por último, también se agradece el apoyo de los siguientes grupos de investigación: ANTALP (Antarctic, Arctic, and Alpine Environments Research Group;

2021 SGR 00269) y GRAM (Grup de Recerca Ambiental Mediterrània; 2021 SGR 00859), ambos financiados por la Generalitat de Catalunya, y Procesos Geoambientales y Cambio Global (Eo2\_23R), reconocido por el Gobierno de Aragón. Asimismo se agradece la concesión de una beca predoctoral FPI a Josep Bonsoms (PRE2021-097046) bajo el amparo del proyecto NEOGREEN (Reconstruction of Neoglacial oscillations in Greenland) del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.