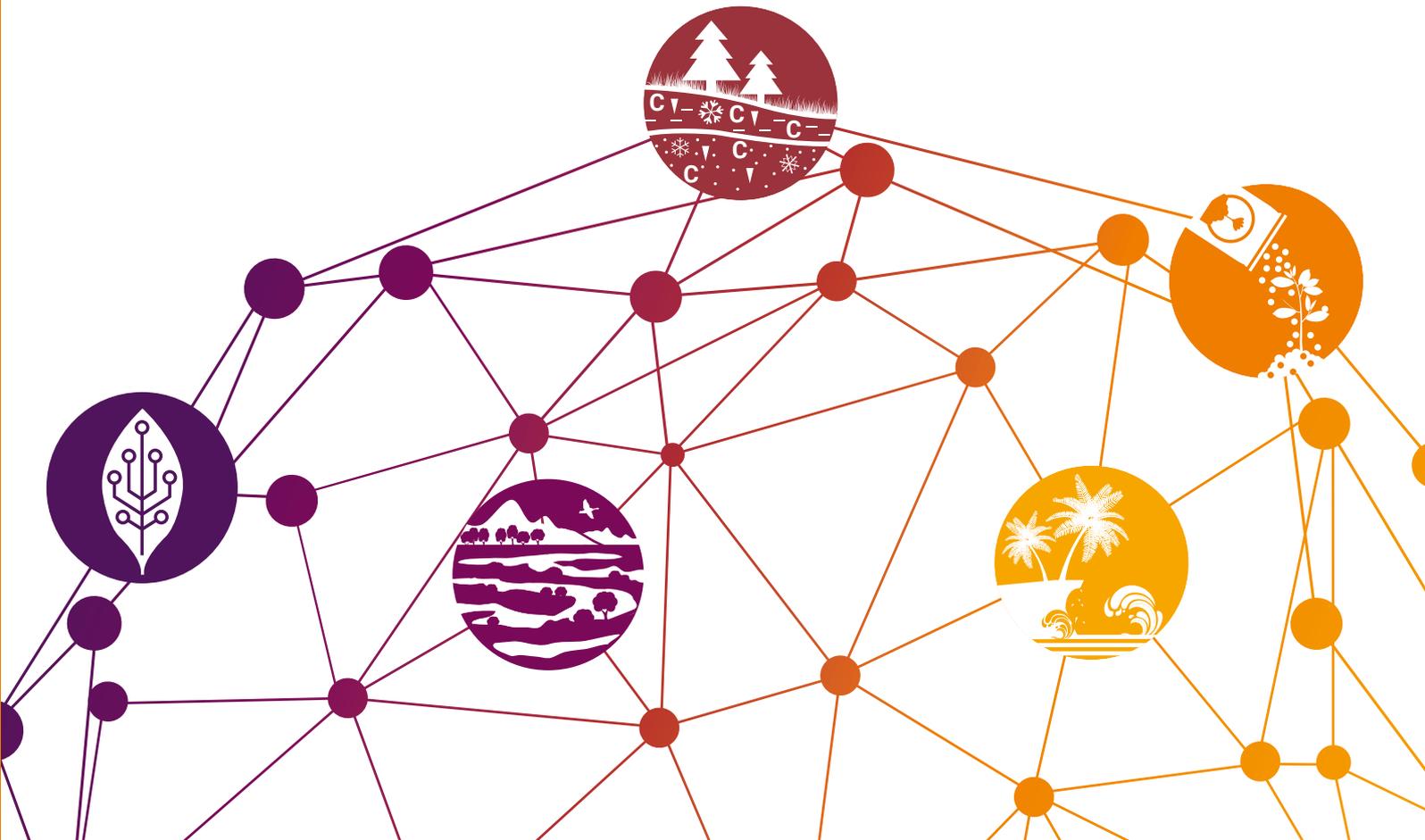


FRONTERAS 2018/19

Nuevos temas de interés ambiental



© 2019 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ISBN: 978-92-807-3740-0
Núm. de trabajo: DEW/2224/NA

Descargo de responsabilidad

La presente publicación puede reproducirse íntegra o parcialmente y en cualquier formato con fines educativos o sin ánimo de lucro sin el permiso específico del titular de los derechos de autor, siempre y cuando se cite la fuente. ONU Medio Ambiente agradecería recibir una copia de cualquier publicación que emplee este documento como fuente.

No se podrá utilizar la presente publicación para la reventa o con cualquier otro fin comercial sin la obtención previa de un permiso por escrito de ONU Medio Ambiente. Las solicitudes de autorización, acompañadas de una declaración del propósito y la extensión de la reproducción, deben dirigirse a: Director de la División de Comunicaciones de ONU Medio Ambiente, P. O. Box 30552, Nairobi, 00100, Kenya.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no suponen juicio alguno de ONU Medio Ambiente sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios o ciudades mencionados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras. Para obtener indicaciones generales sobre el uso de los mapas contenidos en las publicaciones, visite <https://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>.

La mención de una empresa o producto comercial en este documento no implica aprobación por parte de ONU Medio Ambiente. No está permitido el uso de la información de este documento relativa a productos patentados con fines publicitarios.

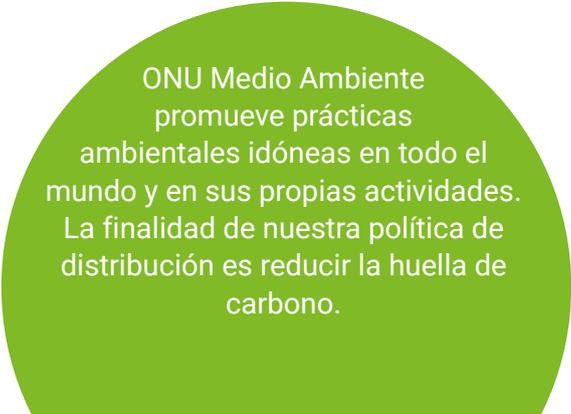
© Mapas, fotografías e ilustraciones según se especifica.

Referencia bibliográfica recomendada

PNUMA (2019). Fronteras 2018/19. Nuevos temas de interés ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

Producción

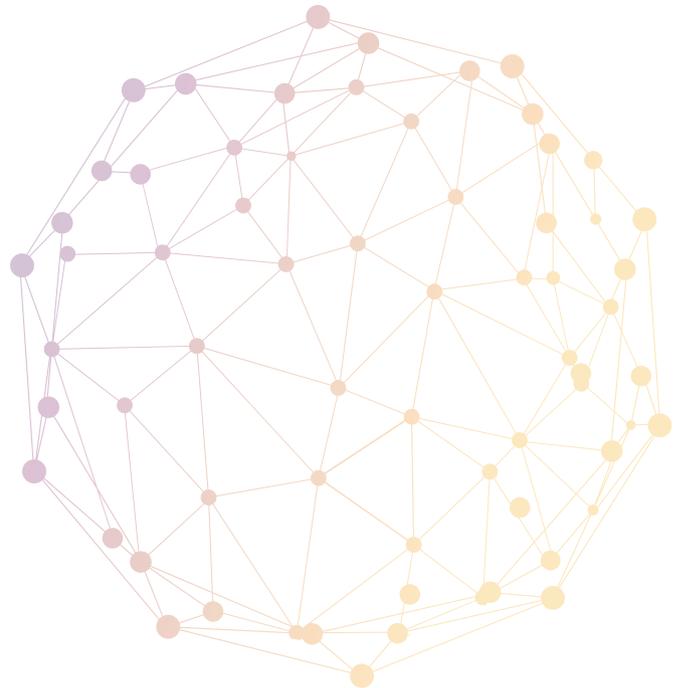
División de Ciencias
ONU Medio Ambiente
P. O. Box 30552
Nairobi, 00100, Kenya
Tel.: (+254) 20 7621234
Correo electrónico: publications@unenvironment.org
Sitio web: www.unenvironment.org/es



ONU Medio Ambiente
promueve prácticas
ambientales idóneas en todo el
mundo y en sus propias actividades.
La finalidad de nuestra política de
distribución es reducir la huella de
carbono.

FRONTERAS 2018/19

Nuevos temas de interés ambiental





Índice

	Prólogo	7
	Agradecimientos	8
	Biología sintética: rediseñar el medio ambiente	10
	Oportunidades y retos	10
	Reescribir el código de la vida	12
	Redefinición de aplicaciones: del laboratorio al ecosistema	16
	Innovar con sensatez	18
	Bibliografía	20
	Conectividad ecológica: un puente para preservar la biodiversidad	24
	Reconexión de ecosistemas fragmentados	24
	Las fuerzas de fragmentación	26
	Promoción de soluciones de conectividad	30
	Fijar metas para la conectividad del futuro	32
	Bibliografía	34
	Turberas del permafrost: pérdida de terreno en un mundo cada vez más cálido	38
	Aceleración del cambio en el Ártico	38
	Deshielo del permafrost, descomposición de las turberas e interacciones complejas	40
	Creciente sensibilización acerca de las turberas del permafrost	44
	Prioridades de conocimiento y ampliación de redes	46
	Bibliografía	48
	La fijación de nitrógeno: de la contaminación por el ciclo del nitrógeno a la economía circular del nitrógeno	52
	El reto mundial del nitrógeno	52
	Qué sabemos y qué sabemos que desconocemos del nitrógeno	54
	Fragmentación de las políticas y soluciones de la economía circular	58
	De cara a un enfoque internacional holístico del nitrógeno	60
	Bibliografía	62
	Inadaptación al cambio climático: evitar las trampas de la senda evolutiva	66
	Definición de la adaptación y la inadaptación al contexto del cambio climático	66
	La inadaptación a escala	68
	Evitar la inadaptación en un futuro limitado por los 1,5 °C	73
	Bibliografía	74



Prólogo



En la primera década del siglo xx, los químicos alemanes Fritz Haber y Carl Bosch desarrollaron un método para producir nitrógeno sintético barato a mayor escala. Su invento estimuló la producción masiva de fertilizantes nitrogenados, que transformó la agricultura mundial y también marcó el inicio de nuestra prolongada intromisión en el balance de nitrógeno de la Tierra. Se calcula que todos los años se pierden en el medio ambiente unos 200.000 millones de dólares de los Estados Unidos de nitrógeno reactivo, el cual degrada nuestros suelos, contamina nuestro aire y provoca la propagación de «zonas muertas» y floraciones tóxicas de algas en nuestros cursos de agua.

No resulta sorprendente que muchos científicos sostengan que la era geológica actual debería denominarse oficialmente «el Antropoceno». En tan solo unos decenios, la humanidad ha provocado que las temperaturas mundiales aumenten a un ritmo 170 veces superior al natural. También hemos modificado deliberadamente más del 75% de la superficie terrestre del planeta y alterado de forma permanente el caudal de más del 93% de los ríos del mundo. No solo estamos causando cambios radicales en la biosfera; ahora también somos capaces de reescribir —e incluso crear de la nada— nada menos que los componentes fundamentales de la vida.

Año tras año, una red de científicos, expertos e instituciones de todo el mundo colaboran con ONU Medio Ambiente en el descubrimiento y el análisis de nuevos temas que tendrán efectos profundos en la sociedad, la economía y el medio ambiente. Algunas de esas cuestiones están relacionadas con tecnologías novedosas que tienen aplicaciones asombrosas y riesgos inciertos, mientras que otras son perennes, como la fragmentación de los paisajes silvestres y el deshielo de suelos que llevan mucho tiempo congelados. Otro de esos temas —la contaminación por nitrógeno— es la consecuencia imprevista de decenios de actividad humana en la biosfera. En el último de los temas analizados, la inadaptación al cambio climático, se destaca que no hemos sabido adaptarnos de manera apropiada al mundo cambiante en el que vivimos.

También hay buenas noticias. Como podrá apreciar en las páginas siguientes, está comenzando a surgir un enfoque holístico para hacer frente al reto mundial de la gestión del nitrógeno. En China, la India y la Unión Europea se observan nuevas iniciativas prometedoras dirigidas a reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia de los abonos nitrogenados. En última instancia, la recuperación y el reciclaje del nitrógeno y de otros nutrientes y materiales valiosos pueden ayudarnos a cultivar de forma limpia y sostenible, sello distintivo de una economía verdaderamente circular.

Las cuestiones analizadas en *Fronteras* deberían servir para recordarnos que, cada vez que interferimos con la naturaleza —ya sea a escala mundial o a nivel molecular—, nos arriesgamos a generar efectos de larga duración en nuestro hogar: el planeta. No obstante, si actuamos con previsión y trabajamos juntos, podemos anticiparnos a estas cuestiones y concebir soluciones útiles para todos, incluidas las generaciones posteriores.

Joyce Msuya
Directora Ejecutiva Interina
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Agradecimientos

Biología sintética: rediseñar el medio ambiente

Autores principales

Bartłomiej Kolodziejczyk, H2SG Energy Pte. Ltd. Singapur
Natalie Kofler, Instituto Yale de Estudios Biosféricos, Connecticut (Estados Unidos)

Colaboradores y revisores

Marianela Araya, Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal (Canadá)
James Bull, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Texas en Austin, Texas (Estados Unidos)
Jackson Chamber, Departamento de Estadística Biológica y Biología Computacional de la Universidad de Cornell, Nueva York (Estados Unidos)
Chen Liu, Departamento de Estadística Biológica y Biología Computacional de la Universidad de Cornell, Nueva York (Estados Unidos)
Yongyuth Yuthavong, Organismo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Tailandia, Pathumthani (Tailandia)

Conectividad ecológica: un puente para preservar la biodiversidad

Autor principal

Gary Tabor, Centro de Conservación del Paisaje a Gran Escala, Montana (Estados Unidos)

Colaboradores y revisores

Maya Bankova-Todorova, Fondo Mohamed bin Zayed para la Conservación de las Especies, Abu Dabi (Emiratos Árabes Unidos)
Camilo Andrés Correa Ayram, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá (Colombia)
Letícia Couto Garcia, Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande (Brasil)
Valerie Kapos, Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación de ONU Medio Ambiente, Cambridge (Reino Unido)
Andrew Olds, Escuela de Ciencia e Ingeniería de la Universidad de Sunshine Coast, Maroochydore (Australia)
Ileana Stupariu, Facultad de Geografía de la Universidad de Bucarest (Rumania)

Turberas del permafrost: pérdida de terreno en un mundo cada vez más cálido

Autor principal

Hans Joosten, Universidad de Greifswald/Greifswald Mire Centre, Greifswald (Alemania)

Colaboradores y revisores

Dianna Kopansky, ONU Medio Ambiente, Nairobi (Kenya)
David Olefeldt, Facultad de Ciencias Agrícolas, Biológicas y Ambientales, Universidad de Alberta, Edmonton (Canadá)
Dmitry Streletskiy, Departamento de Geografía de la Universidad George Washington, Washington D. C. (Estados Unidos)

La fijación de nitrógeno: de la contaminación por el ciclo del nitrógeno a la economía circular del nitrógeno

Autores principales

Mark Sutton, Centro de Ecología e Hidrología, Edimburgo (Reino Unido)
Nandula Raghuram, Universidad Guru Gobind Singh Indraprastha, Nueva Delhi (India)
Tapan Kumar Adhya, Instituto Kalinga de Tecnología Industrial, Bhubaneswar, Odisha (India)

Colaboradores y revisores

Jill Baron, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Colorado (Estados Unidos)
Christopher Cox, ONU Medio Ambiente, Nairobi (Kenya)
Wim de Vries, Universidad y Centro de Investigación de Wageningen, Wageningen (Países Bajos)
Kevin Hicks, Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo, York (Reino Unido)
Clare Howard, Centro de Ecología e Hidrología, Edimburgo (Reino Unido)
Xiaotang Ju, Facultad de Recursos Agrícolas y Ciencias Ambientales de la Universidad Agrícola de China, Beijing (China)
David Kanter, Facultad de Arte y Ciencia de la Universidad de Nueva York, Nueva York (Estados Unidos)
Cargele Masso, Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Ibadan (Nigeria)

Jean Pierre Ometto, Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, São José dos Campos (Brasil)
Ramesh Ramachandran, Centro Nacional para la Gestión Sostenible de las Zonas Costeras, Ministerio de Medio Ambiente, Silvicultura y Cambio Climático, Chennai (India)
Hans Van Grinsven, Agencia de Evaluación del Medio Ambiente de los Países Bajos (PBL), La Haya (Países Bajos)
Wilfried Winiwarter, Instituto Internacional de Análisis Aplicados de Sistemas, Laxenburg (Austria)

Inadaptación al cambio climático: evitar las trampas de la senda evolutiva

Autor principal

Catherine McMullen, Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo, Bangkok (Tailandia)

Colaboradores y revisores

Thomas Downing, Alianza Mundial de Adaptación al Clima, Oxford (Reino Unido)
Anthony Patt, Instituto de Decisiones Ambientales, Instituto Federal Suizo de Tecnología, Zúrich (Suiza)
Bernadette Resurrección, Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo, Bangkok (Tailandia)
Jessica Troni, ONU Medio Ambiente, Nairobi (Kenya)

También deseamos transmitir nuestro profundo agradecimiento a:

Alexandra Barthelmes y Cosima Tegetmeyer, Instituto de Botánica y Ecología del Paisaje, Greifswald (Alemania); Marin Klinger, Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos, Colorado (Estados Unidos); Judith Akoth, Salome Chamanje, David Cole, Nicolien Delange, Angeline Djampou, Philip Drost, Virginia Gitari, Jian Liu, Ariana Magini, Nada Matta, Pauline Mugo, Susan Mutebi-Richards, Shari Nijman, Andreas Obrecht, Samuel Opiyo, Moses Osani, Rajinder Sian, Roxanna Samii, Nandita Surendran y Josephine Wambua, ONU Medio Ambiente.

Asesores de producción

Maarten Kappelle y Edoardo Zandri, ONU Medio Ambiente, Nairobi (Kenya)

Equipo de producción

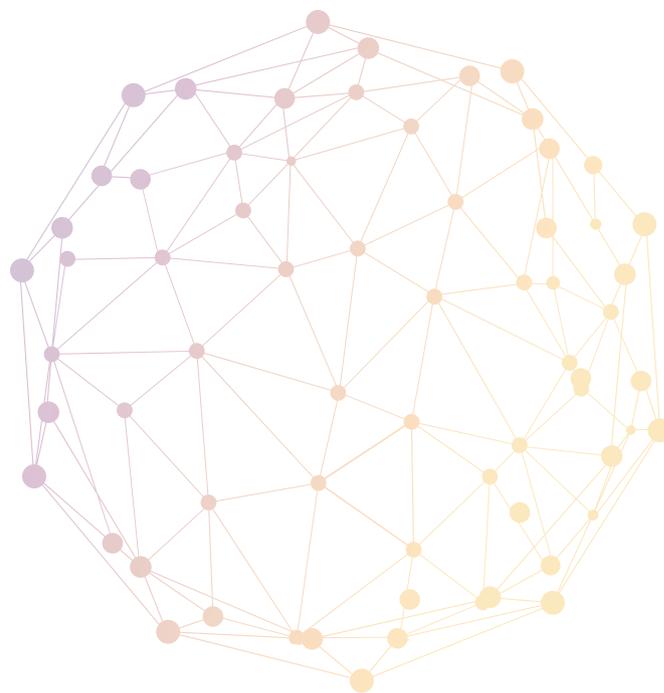
Redactora jefa: Pinya Sarasas, ONU Medio Ambiente
Asistencia técnica: Allan Lelei, ONU Medio Ambiente
Correctora: Alexandra Horton, Reino Unido

Gráficos, diseño y maquetación

Diseño gráfico: Audrey Ringler, ONU Medio Ambiente
Cartografía: Jane Muriithi, ONU Medio Ambiente

Impresión

ONUN, Departamento de Servicios de Publicación, Nairobi, con certificación ISO 14001:2004





*Inundación de Bangkok (Tailandia) en 2011
Fotografía: Wutthichai / Shutterstock.com*

Inadaptación al cambio climático: evitar las trampas de la senda evolutiva

Definición de la adaptación y la inadaptación al contexto del cambio climático

Las metáforas son fundamentales para el pensamiento lógico. Tal como se utilizan en la investigación y las políticas sobre el cambio climático, los términos «adaptación» e «inadaptación» tienen su origen en la biología evolutiva¹. En esencia, en cada generación de una especie aparecen de manera espontánea mutaciones genéticas cuyo éxito o fracaso, y por consiguiente el de la especie, viene determinado por un proceso de selección natural forzado por el entorno. Esta idea puede aplicarse a las bacterias, la flora y la fauna, los ecosistemas e incluso la conducta humana. Una característica importante de una adaptación eficaz es la capacidad evolutiva, es decir, de seguir evolucionando en aras de la adaptación a medida que las condiciones del entorno varían². En la biología evolutiva, una de las características definitorias de la inadaptación es la carencia de capacidad evolutiva. Se trata de un callejón sin salida.

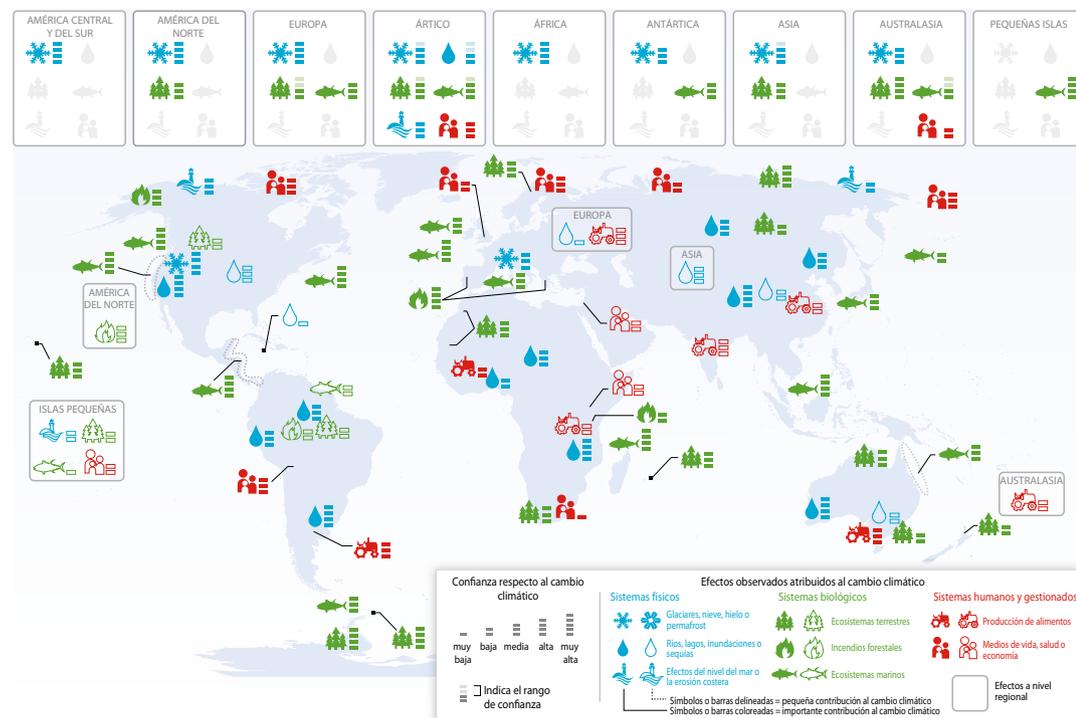
Si bien la adaptación tiene su origen en la biología evolutiva, el uso del término para referirse a las respuestas acertadas del ser humano a los cambios ambientales nace con la gestión de desastres. En ese ámbito, todas las respuestas humanas a un desastre son adaptaciones a una situación que ha cambiado, incluidos los esfuerzos encaminados a mitigar o eliminar el origen del desastre³. La distinción entre mitigación y adaptación se concretó en las negociaciones sobre la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Una de las justificaciones esgrimidas para distinguirlos fue que los negociadores podrían desviar su atención de un posible acuerdo sobre las sendas de mitigación si tenían a su disposición la adaptación como una alternativa más sencilla⁴. Otra explicación fue que los países desarrollados solo apoyarían medidas que propiciaran resultados globales, como la reducción del dióxido de carbono en la atmósfera, en lugar de objetivos de adaptación específicos de una determinada zona⁵.

A medida que las negociaciones sobre el cambio climático avanzaron, los investigadores analizaron cómo y por qué algunas medidas de adaptación dan mal resultado, en especial aquellas que malgastan una cantidad sustancial de recursos humanos, naturales o financieros⁶. Cuando se fundamentaron esas opiniones, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) cayó en la cuenta de la importancia de contar con terminología precisa e inequívoca. En 2001, el Grupo propuso una definición matizada de la adaptación, que se aleja de su uso en la biología o la ciencia del comportamiento: «[...] una adaptación que no logra reducir la vulnerabilidad, sino que la incrementa»⁷. Los debates se centraron posteriormente en las diferencias entre la inadaptación y la adaptación infructuosa. Una adaptación infructuosa puede ser neutra, es decir, referirse a una acción que no dio resultado. Sin embargo, si la tentativa de adaptación agrava la vulnerabilidad de otros grupos o sectores, incluso en el futuro, nos encontramos ante una inadaptación⁸. Al mismo tiempo, ni la adaptación infructuosa ni la inadaptación deberían confundirse con la adaptación simulada —proyectos de gran envergadura que se presentan como adaptación, como infraestructuras de costo elevado que solo sirven

a los intereses de un pequeño grupo, sin mejorar realmente la resiliencia ni reducir la vulnerabilidad al cambio climático—⁹.

La reflexión sobre la inadaptación sigue progresando. Un estudio prestigioso, que abordó el problema desde el punto de vista de los resultados, señala cinco categorías de inadaptación en comparación con otras alternativas. Según este análisis, las inadaptaciones son medidas que incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero, conllevan una carga desproporcionada para los más vulnerables, acarrear grandes costos de oportunidad, reducen los incentivos para la adaptación o establecen sendas que limitan la capacidad de elección de las generaciones futuras⁸. Esos parámetros se definieron con mayor profundidad y ampliaron en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2014¹⁰. A medida que se aclare la distinción entre los conceptos de adaptación e inadaptación y seamos más capaces de diferenciarlos, gestionar las consecuencias del cambio climático debería parecer una tarea menos abrumadora.

Patrones mundiales de los efectos observados del cambio climático



Cada uno de los símbolos resaltados en los paneles superiores indica una clase de sistemas en los que el cambio climático ha desempeñado un papel fundamental en los cambios observados en al menos uno de los sistemas de esa clase en la región correspondiente. Las barras indican el grado de confianza al atribuir esos efectos regionales. Los efectos regionales en los que el cambio climático ha desempeñado un papel menor se muestran en la región correspondiente en un recuadro con símbolos resaltados. Los efectos subregionales se indican sobre el mapa con símbolos situados cerca de la zona aproximada donde se observan. Las zonas afectadas abarcan desde lugares concretos hasta áreas amplias como una cuenca fluvial principal. Los colores sirven para distinguir los efectos físicos (azul), biológicos (verde) y humanos (rojo). La ausencia de determinados efectos del cambio climático en este gráfico no implica que esos efectos no se hayan producido.

Fuente: Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático¹¹

La inadaptación a escala

Ante el cambio climático, el concepto de inadaptación ha evolucionado de una adaptación que no da resultado a medidas adaptativas que dañan los recursos, reducen las opciones disponibles en el futuro, agravan el problema para las poblaciones vulnerables o transmiten la responsabilidad de solucionarlo a las generaciones posteriores. Si una medida de adaptación vulnera los objetivos de desarrollo sostenible, equidad social y erradicación de la pobreza, en especial cuando conlleva una carga desproporcionada para las personas vulnerables, se trata de una inadaptación¹². Entre las iniciativas encaminadas a evitar la inadaptación a mayor escala se encuentra la investigación dirigida a determinar los riesgos principales y las estrategias de adaptación responsables a lo largo de la vida útil de los activos de infraestructura que pueden fundamentar las decisiones y acciones de los planificadores y reguladores, los diseñadores, los constructores, los operadores, los inversores y las aseguradoras¹³. Es probable que los peligros de la inadaptación aumenten paralelamente a la escala de la acción. Recordar las características de la capacidad evolutiva en el ámbito de la biología podría servir como análisis preliminar de las medidas inadaptadas, mientras que priorizar la preservación de esa capacidad quizá ayude a prevenir errores graves.

Limitar las opciones futuras a la escala de construir un rompeolas en una propiedad inmobiliaria quizá sea una inadaptación, ya que causará problemas y limitará las opciones de los vecinos, pero por lo general sus consecuencias se restringirán a las inmediaciones de la propiedad. Por otra parte, si una medida deficiente agrava los problemas originales o limita la futura capacidad de decisión a escala regional o mundial, nos hallamos ante una inadaptación mucho más peligrosa. A mayor escala, este tipo de inadaptaciones no solo restringen la capacidad evolutiva, sino que también amenazan la resiliencia de los ecosistemas, los modos de vida y sociedades enteras. Esa escala de las medidas inadaptadas, en especial de las que aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero o exacerban la degradación de los ecosistemas, podría dar pie a reacciones geofísicas que empujen a las funciones del sistema terrestre hacia puntos de inflexión globales. Muchos de esos puntos de inflexión son irreversibles —como la pérdida de permafrost, arrecifes de coral o la selva del Amazonas—, y la irreversibilidad podría situarnos por encima de los umbrales planetarios¹⁴.

En el informe del IPCC sobre los efectos que produciría un calentamiento global de 1,5 °C se establecen varios requisitos para una adaptación eficaz, lo que demuestra la importancia de una planificación e implementación respetuosas con el clima durante



Resumen del concepto de inadaptación en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático¹⁰

En el Quinto Informe de Evaluación del IPCC, de 2014, el Grupo de Trabajo II sobre los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático, la inadaptación se define como medidas que pueden agravar el riesgo de resultados climáticos adversos, aumentar la vulnerabilidad al cambio climático o reducir el bienestar presente o futuro. Asimismo, se presenta un cuadro resumen con 12 categorías generales de inadaptación.

Dos de esas categorías describen medidas que ignoran de forma deliberada lo que ya sabemos: no se anticipan al cambio climático previsto ni tienen en cuenta sus consecuencias más amplias. Otras categorías guardan relación con la asunción de vulnerabilidades a largo plazo a cambio de beneficios cortoplacistas, incluido el agotamiento de los recursos que provoca una vulnerabilidad posterior; la postergación en contraposición a la acción irreflexiva; la instalación de infraestructura no perdurable; y el incurrir en riesgos morales, al alentar la asunción de riesgos mediante programas que ofrecen retribuciones.

Otras categorías hacen hincapié en las medidas que promueven a un grupo, por lo general una élite, en detrimento del resto; en ellas se advierte de que perpetuar los privilegios puede dar pie a conflictos, al igual que las actuaciones en las que se ignoran los conocimientos, tradiciones y relaciones locales. No obstante, también se considera inadaptación el aferrarse a respuestas tradicionales inadecuadas.

El Grupo de Trabajo II también advierte contra las medidas que generan dependencias en la trayectoria difíciles de corregir, y contra las medidas —en especial las defensas y soluciones de ingeniería— que imposibilitan enfoques alternativos, como la adaptación basada en los ecosistemas. Por último, la migración puede constituir una adaptación apropiada o una inadaptación (o ambas), en función del contexto y de los resultados.

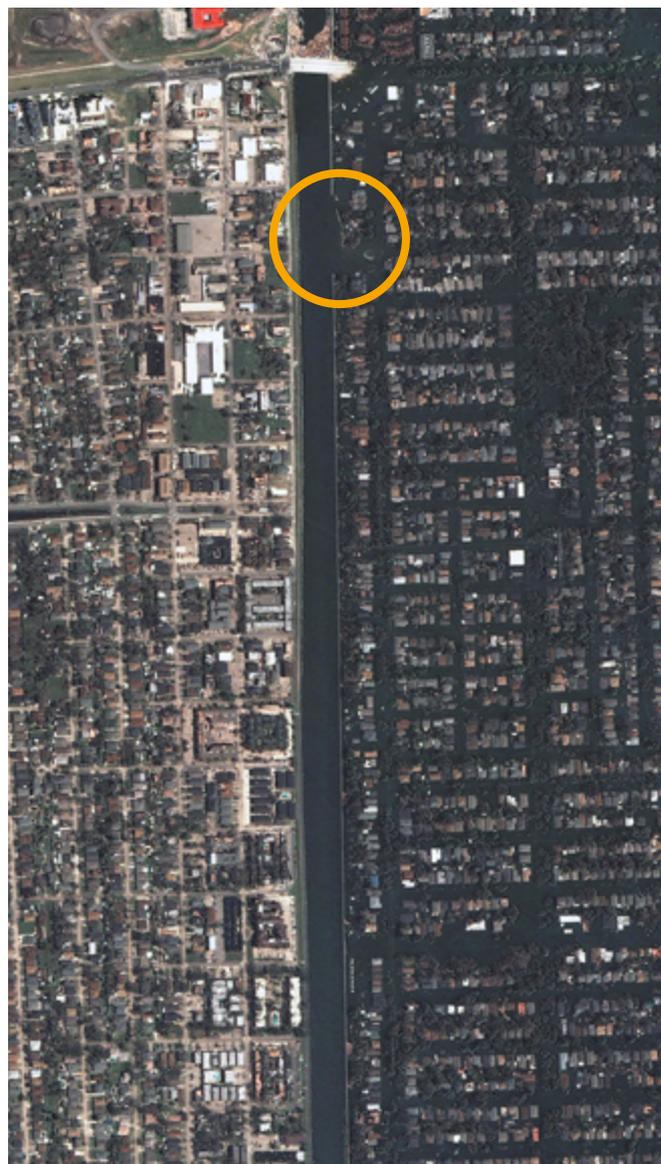
la transición hacia un incremento de temperatura aceptable¹⁵. Evitar la inadaptación representa un elemento fundamental de dicha transición. Varios casos regionales, se identifiquen o no como respuestas al cambio climático, sirven como ejemplo para indagar de manera fructífera sobre un futuro alterado por el cambio climático. Estos casos son muestras breves de las categorías que se presentan en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC y en otras publicaciones actuales.

Equilibrar la demanda a corto plazo con la planificación en aras de la resiliencia a largo plazo

A modo de ejemplo del equilibrio entre los beneficios a más corto y largo plazo cabe mencionar el Proyecto de Infraestructura Costera Resiliente al Clima desarrollado en el sudoeste de Bangladesh, que ya se ha presentado como estudio de caso de una posible inadaptación¹⁶. La cuestión viene determinada por los beneficios de la adaptación durante los dos próximos decenios frente a los costos a más largo plazo de la inadaptación, que serán predominantes en 2050 a medida que la subida del nivel del mar provoque inundaciones en la región¹⁷. Entre los posibles resultados de la inadaptación se encuentran cuestiones complejas relacionadas con la migración tanto dentro como fuera de la región. Los inversores esperan que la creación de nuevos mercados y mejores carreteras, puentes, sistemas de alcantarillado y refugios anticiclones anime a las poblaciones costeras a permanecer en la zona, cuando quizá deberían migrar hacia el interior. Es bastante probable que esos servicios atraigan a otras personas, incluida posiblemente una parte de la población de los asentamientos informales de Daca, que ya se ha tenido que desplazar a causa de desastres naturales¹⁸.

Una carga desproporcionada para las personas vulnerables

En ocasiones, los esfuerzos por adaptarse a condiciones cambiantes en frentes diversos pueden convertirse en inadaptaciones para determinados grupos de población. Después de que en 2005 el huracán Katrina devastara Nueva Orleans y la región circundante, en los Estados Unidos, los planes iniciales para la creación de zonas verdes que aumentarían la resiliencia urbana frente a inundaciones futuras parecían centrar la adquisición de terrenos en las tierras bajas cuya propiedad tradicionalmente había estado en manos de afroamericanos pobres más que de ningún otro grupo^{12,19}. Esa propuesta concreta de renovación urbana no fue aceptada. No obstante, más de diez años después, los estudios demuestran que muchas de las personas más pobres y marginadas de la ciudad jamás recuperaron lo poco que tenían, y que un porcentaje significativo de ellas tuvo que emigrar de la región^{12,20}.



En agosto de 2005, el huracán Katrina causó graves daños en numerosas secciones de un sistema de diques diseñado para proteger la ciudad de Nueva Orleans, de baja altitud, frente a las inundaciones y las marejadas ciclónicas. Como se aprecia en la imagen por satélite, una brecha en un dique permitió que el agua del canal de la calle 17 penetrara en los barrios al este del canal y los anegara, provocando daños materiales valorados en miles de millones de dólares.

Fotografía: Digital Globe (www.digitalglobe.com)

Inadaptación al cambio climático

En los estudios de caso que se presentan en esta infografía se observan un conjunto de medidas para adaptarse a un clima cambiante a escalas diversas. Algunos casos son inadaptados por sus consecuencias imprevistas, o se convertirán en inadaptaciones en un futuro próximo. Otros describen medidas adoptadas tras considerar numerosos factores para evitar la inadaptación.

Tal como la define el IPCC, la inadaptación es una tentativa de adaptación que, sin embargo, agrava el riesgo de daños relacionados con el clima, incrementa la vulnerabilidad al cambio climático o reduce el bienestar presente o futuro.

Las inadaptaciones son malas elecciones entre alternativas, decisiones que incrementan los gases de efecto invernadero, conllevan una carga injusta para los más vulnerables, acarrear costos injustificables, reducen los incentivos para la adaptación o limitan la capacidad de elección de las generaciones venideras.

Decisiones que **ignoran los conocimientos científicos**, las implicaciones más amplias o las consecuencias probables

Medidas que favorecen a un grupo de interés en detrimento del resto y que sientan las bases de **futuros conflictos y perjuicios**

Compensaciones poco prudentes: beneficios a corto frente a largo plazo, riesgos frente a recompensas (riesgo moral), períodos de consideración demasiado cortos o demasiado amplios

Medidas que generan **dependencias en la trayectoria** y bloqueos, o que reducen la capacidad de elección de las generaciones posteriores

Reubicaciones que sitúan a la población en **condiciones todavía más peligrosas**

Sequía

El cambio climático altera el ciclo hidrológico. Las sequías se harán más intensas, frecuentes y persistentes, de modo que pondrán en peligro todos los usos humanos y el funcionamiento ecológico. Las situaciones de sequía prolongada llevan a sobreexplotar las aguas subterráneas, y los acuíferos pocas veces se reabastecen lo suficiente cuando llegan las lluvias.

Para 2025, es probable que el **48% de la superficie terrestre** se haya convertido en zonas áridas

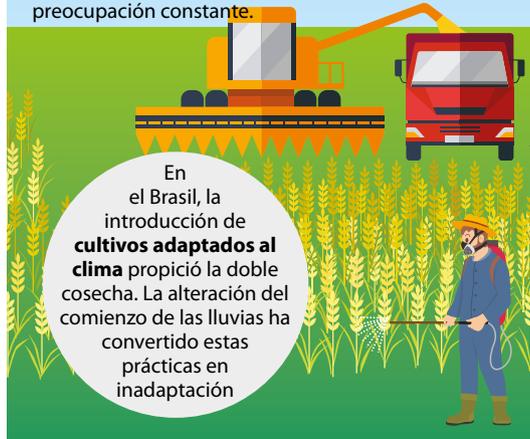
Las sequías recurrentes empujaron al 70% de los ganaderos pobres somalíes a la producción de carbón, con la consiguiente tala de las zonas boscosas, que a su vez aceleró la **desertificación e incrementó la vulnerabilidad**



Agricultura

Los extremos persistentes a causa del cambio climático ponen en peligro los sistemas de producción agrícola. Los agricultores presumen de su capacidad de adaptación, pero estos extremos se dan con tanta frecuencia y con una persistencia tan impredecible que la adaptación es un motivo de preocupación constante.

Algunos agricultores de Zimbabwe contrarrestan la incertidumbre climática incrementando el uso de plaguicidas. Con demasiada frecuencia, estos eliminan también a insectos beneficiosos, lo que empeora la situación



En el Brasil, la introducción de **cultivos adaptados al clima** propició la doble cosecha. La alteración del comienzo de las lluvias ha convertido estas prácticas en inadaptación

Escasez de agua

En 2050, es posible que 5.700 millones de personas vivan en zonas donde el agua sea escasa. Las regiones ya se están adaptando a la escasez de agua por medio de la explotación de las aguas subterráneas, el racionamiento del agua o la desalinización. Tales medidas pueden resultar inadaptaciones a largo plazo.

Ciudad de México sufre escasez de agua. Explotar fuentes distantes de agua subterránea representa una solución a corto plazo. Para adaptarse realmente, invierte en soluciones a largo plazo como la recogida del agua de lluvia y el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales grises



Salud

La modificación de las zonas climáticas y la creciente frecuencia e intensidad de los extremos climáticos tienen consecuencias en la salud. Esa variabilidad hace que se pierdan cosechas y amplía el alcance geográfico de vectores de enfermedades que ponen en peligro a especies esenciales, así como a poblaciones humanas.

Se hace un uso excesivo e inadecuado de los antibióticos para prevenir y tratar los problemas veterinarios. Esta inadaptación a las **enfermedades transmitidas por vectores** exacerba el peligro de la resistencia a los antibióticos

Un estudio demostró que el estiércol del ganado tratado con antibióticos **emite más metano** que el que no contiene antibióticos. Los residuos de los antibióticos también alteran los microbios intestinales del escarabajo pelotero



Elevación del nivel del mar

El nivel del mar sigue subiendo en todo el mundo y pone en peligro la infraestructura, los recursos de aguas subterráneas, las islas que constituyen barreras naturales y las comunidades costeras. La amenaza a la existencia de las naciones de poca altitud y los pequeños estados insulares se cierne ahora sobre el modo de vida de millones de personas.

En la legislación estatal se garantiza el acceso de los nativos de Hawai a las zonas costeras con fines culturales y de pesca de subsistencia. La elevación del nivel del mar restringe el acceso público, lo que afecta de manera desproporcionada a los pobres, mientras persiste el desarrollo para el lucro privado

Los niveles de los canales de agua de Florida sirven para mantener la presión que evita la **intrusión del agua salada** en las aguas subterráneas. La elevación del nivel del mar obliga a mantener niveles de agua más altos, con lo que se agrava la amenaza de inundación

Inundaciones

Las inundaciones son uno de los efectos del cambio climático que se padecen con más frecuencia en todo el mundo. Los antiguos sistemas de control de las inundaciones y el agua ya no bastan. A medida que el clima sigue cambiando, para evitar la inadaptación se requiere una gestión adaptativa y un respaldo amplio de las partes interesadas.

La región metropolitana de Bangkok es propensa a las inundaciones debido a la falta de planificación e inversiones. La **«adaptación autónoma»**, carente de planificación y coordinación, provoca inundaciones de baja y debilita todo el sistema de alcantarillado público. En 2011, las respuestas oficiales a las inundaciones protegieron a las personas acomodadas en detrimento de los grupos vulnerables

Incendios forestales

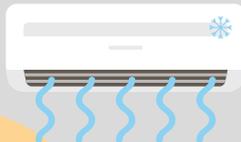
A nivel global, la duración de la temporada de incendios aumentó un 19% entre 1979 y 2013. Los incendios forestales desempeñan un papel importante en los ecosistemas mundiales, pero la devastación que provocan puede arruinar los sistemas socioeconómicos. En algunas regiones, las estrategias de gestión estándar agravan la situación.

Después de decenios de extinción de incendios y cinco años de sequía, los bosques de California están repletos de **material combustible**. Con miras a cambiar la situación, el estado está empezando a ordenar quemas para controlar esa amenaza

Ciudades

Para 2050, el 70% de la población mundial vivirá en las ciudades. En todo el mundo, las ciudades ya padecen los efectos del cambio climático en forma de olas de calor, inundaciones e incapacidad de adaptación. Las adaptaciones urbanas adoptan la forma de políticas, desarrollo de infraestructura o adaptaciones tecnológicas. Pocas veces las soluciones benefician a todos, y en ocasiones amenazan a determinados grupos marginados.

La subida de las temperaturas y la escasez de agua impulsaron a Melbourne (Australia) a fomentar el aire acondicionado y la desalinización. Se trata de inadaptaciones: al incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero, agravan la vulnerabilidad de otros sistemas, sectores y comunidades



Vulnerabilidad social

En todo el mundo, la población se ha adaptado a los efectos del clima de distintas maneras: replanteamiento del abastecimiento de agua, planes de seguros, modificación de la estrategia de subsistencia, migración voluntaria o forzada y proyectos de reasentamiento. Cuando esos métodos bienintencionados no son adecuados para las condiciones locales, o no consideran las múltiples facetas de una cuestión, es posible que la vulnerabilidad aumente.

Los proyectos de reasentamiento de China para la adaptación al clima ofrecían incentivos financieros y mejores condiciones de vida. También generaron **cargas desproporcionadas** para quienes se quedaron atrás, los que ya estaban desplazados y los pobres



Algunos agricultores intentan protegerse de los extremos climáticos **asegurando las cosechas**, lo que puede impedir que adopten otras estrategias de adaptación

Las **pólizas de seguros** son inadaptaciones cuando fomentan conductas de riesgo como la reconstrucción en lugares peligrosos, o favorecen el reemplazo en lugar del rediseño acorde con las condiciones cambiantes. Frente a la intensificación de las amenazas climáticas, los seguros pueden transmitir una **falsa sensación de seguridad**

En los pequeños estados insulares, las mareas cada vez más altas superan las costas y estropean los recursos de agua dulce y las cosechas. Los investigadores señalan que la **movilidad laboral** es la mejor solución a largo plazo para evitar la inadaptación asociada a los reasentamientos



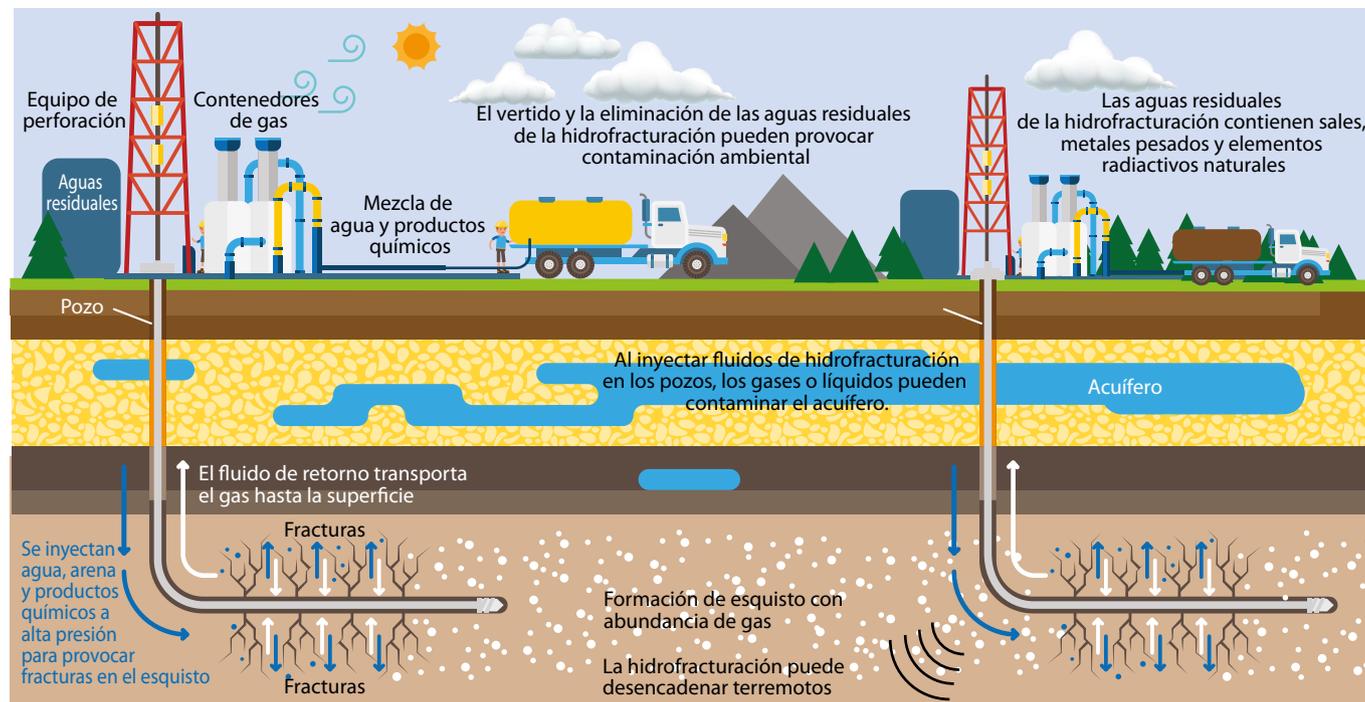
Limitar las opciones de actuación en el futuro

Los geólogos e ingenieros del petróleo adquirieron la capacidad para extraer petróleo y gas de depósitos a gran profundidad sellados por las formaciones de roca²¹. Algunos de los depósitos agotados se consideran adecuados para secuestrar el dióxido de carbono durante siglos²² debido a nuestra comprensión de la permeabilidad de los depósitos y a la calidad de la capa de roca que los sella^{21,23}. Cuando se promovió el gas natural como estrategia de mitigación, es decir, como combustible de transición entre el carbón y el petróleo y las energías renovables, aumentaron las inversiones y la tecnología evolucionó²⁴. Sin embargo, esa solución plantea más problemas de los que se habían previsto. Muchos de ellos guardan relación con la evolución de una técnica de extracción denominada «fracturación hidráulica» o «hidrofracturación»^{25,26}. Esta tecnología inyecta una mezcla de agua, arena y productos químicos a alta presión para crear fisuras y grietas en los depósitos con el propósito de liberar el gas natural. La hidrofracturación conlleva varios problemas ambientales, tales como el agotamiento de los acuíferos y su contaminación por los productos químicos que se utilizan en la perforación y

la inyección; las fugas de metano en el medio ambiente; y el incremento de la sismicidad²⁷⁻³⁰. Asimismo, hay quien plantea que la fracturación hidráulica podría destruir el sello de roca gracias al cual los depósitos agotados resultan valiosos para el secuestro de carbono^{31,32}.

El informe del IPCC sobre los efectos del calentamiento global de 1,5 °C describe pormenorizadamente dos trayectorias de reducción de las emisiones y limitación de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera que permitirían contener el incremento de la temperatura mundial con respecto a los niveles preindustriales por debajo de 1,5 °C. Ambas trayectorias dependen en gran medida de la promesa de secuestrar el carbono de las formaciones geológicas¹⁵. La política industrial de la fracturación hidráulica representa una inadaptación desde dos puntos de vista: La posibilidad de renunciar a beneficios a largo plazo en aras de otros a corto plazo que acarreen dependencias en la trayectoria al dañar recursos futuros. Al mismo tiempo, la hidrofracturación exagera las emisiones de gases de efecto invernadero a causa de las fugas de metano que tienen lugar en su ciclo de producción.

Fractura hidráulica o hidrofracturación





Yacimiento de gas de Jonah, Wyoming (Estados Unidos)

Fotografía: EcoFlight

Evitar la inadaptación en un futuro limitado por los 1,5 °C

De la visión planteada en el informe del IPCC sobre los efectos del calentamiento global de 1,5 °C, y de la prudencia de mantener el incremento de la temperatura por debajo de ese límite, se deduce que es necesario considerar las consecuencias del cambio climático de manera más amplia en las decisiones de los sectores público y privado, así como de la sociedad civil¹⁵. En lugar de restringir el concepto de la inadaptación a los resultados desafortunados y complicaciones de medidas que formalmente se definen como adaptación, los asesores en materia de políticas y los responsables de las decisiones en distintos niveles y en un conjunto amplio de instituciones podrían extender sus deliberaciones para evitar inadaptaciones al cambio climático en su planificación.

En el informe del IPCC también se destaca la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y sus objetivos de desarrollo sostenible, en especial los referidos a la igualdad y la equidad¹⁵. El ideal encaminado a superar los retos climáticos que se plantean se centra en un futuro que merezca la pena vivir y mejor que el presente de demasiadas personas. Reducir las causas principales de los conflictos, las guerras, las inseguridades, la pobreza y las migraciones es un elemento fundamental de ese ideal. La especie humana siempre ha sabido adaptarse a nuevas situaciones, y somos por naturaleza criaturas adaptables. El aprendizaje a base

de ensayo y error constituye una metodología fiable que orienta nuestras adaptaciones, pero nuestra especie también se sirve de la previsión y planifica con anticipación. Podemos diseñar nuestro futuro. Para evitar las inadaptaciones no solo debemos aprender de nuestros errores, sino también de los que cometen particulares y comunidades de todo el mundo. La previsión no se circunscribe a las sospechas, suposiciones o incluso aspiraciones de un grupo, sino que debe sustentarse en pruebas científicas y probabilidades realistas.

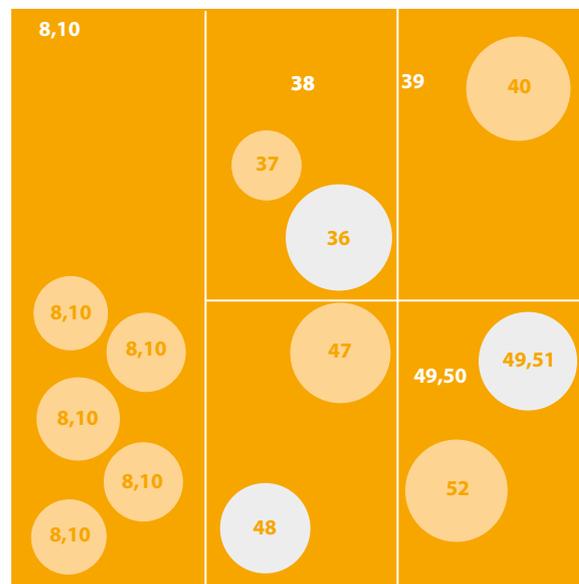
Las pruebas indican que la inadaptación puede evitarse evaluando todos los costos y beneficios, incluidos los secundarios, para todos los grupos, y señalando con claridad quién saldrá ganando y perdiendo, y cuál es el mejor modo de compartir las cargas. La costumbre arraigada de desestimar los intereses de las generaciones futuras no resulta apropiada en ninguna de las trayectorias del IPCC que contendrán el incremento medio de las temperaturas en la franja razonable de los 1,5 °C. Hoy vivimos en ese futuro que se descartó indebidamente cuando en 1992 se acordó la Convención Marco sobre el Cambio Climático. Para evitar la inadaptación hay que eludir bloqueos y dependencias en la trayectoria, y en su lugar optimizar la capacidad evolutiva. De lo contrario, en términos biológicos, nos encontraremos en un callejón sin salida.

Bibliografía

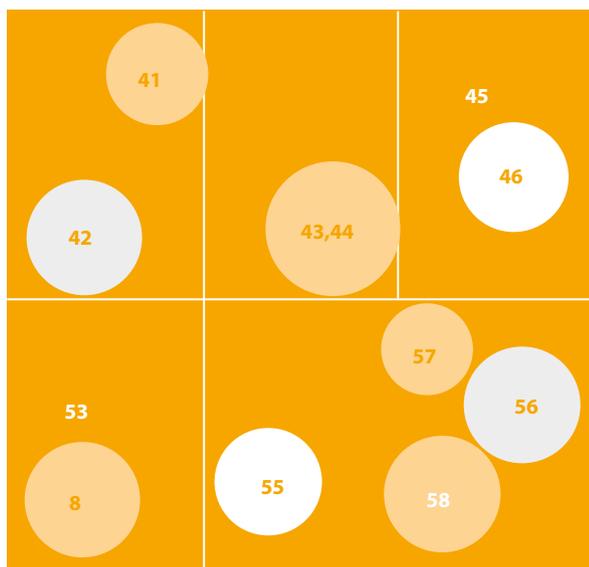
1. Darwin, C.R. (1859). *On the origin of the species by means of natural selection*. London: John Murray.
2. Martínez-Padilla, J., Estrada, A., Early, R. and García-González, F. (2017). Evolvability meets biogeography: evolutionary potential decreases at high and low environmental favourability. *Proceedings of the Royal Society B*, 284(1856), 20170516. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0516>
3. Burton, I., Kates, R.W. and White, G.F. (1993). *The environment as hazard*. New York: Guilford Press.
4. Greenhill, B., Dolšák, N. and Prakash, A. (2018). Exploring the adaptation-mitigation relationship: Does information on the costs of adapting to climate change influence support for mitigation? *Environmental Communication*, 12(7), 911-927. <https://doi.org/10.1080/10108017524032.2018.1508046>
5. Bodansky, D. (1993). The United Nations Framework Convention on Climate Change: A commentary. *Yale Journal of International Law*, 18, 451. <https://digitalcommons.law.yale.edu/yjil/vol18/iss2/>
6. Burton, I. and van Aalst, M.K. (1999). Come hell or high water: integrating climate change vulnerability and adaptation into Bank work. Environment Department working paper No. 72, Climate change series. Washington DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/212171468756566936/pdf/multi-page.pdf>
7. McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (eds.). (2001). Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press
8. Barnett, J., and O'Neill, S. (2010). Maladaptation. *Global Environmental Change*, 2(20), 211-213. <https://www.sciencedirect.com/journal/global-environmental-change/vol/20/issue/2>
9. Dolšák, N. and Prakash, A. (2018). The politics of climate change adaptation. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 317-341. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025739>
10. Noble, I.R., Huq, S., Anokhin, Y.A., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F.P. et al. (2014). Adaptation needs and options. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 833-868. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap14_FINAL.pdf
11. Cramer, W., Yohe, G.W., Auffhammer, M., Huggel, C., Molau, U., da Silva Dias, M.A.F. et al. (2014) Detection and attribution of observed impacts. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 979-1037. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
12. Anguelovski, I., Shi, L., Chu, E., Gallagher, D., Goh, K., Lamb, Z. et al. (2016). Equity impacts of urban land use planning for climate adaptation: critical perspectives from the global north and south. *Journal of Planning Education and Research*, 36(3), 333-348. <https://doi.org/10.1177%2F0739456X16645166>
13. Hayes, S. (2019). Adapting infrastructure to climate change: who bears the risk and responsibility? In *Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies*. Mathew, J., Lim, C.W., Ma, L., Sands, D., Cholette, M.E. and Borghesani, P. (eds.). Proceedings of the 12th World Congress on Engineering Asset Management and the 13th International Conference on Vibration Engineering and Technology of Machinery. Switzerland: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95711-1_24
14. Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D. et al. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
15. Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R. et al. (eds.). Switzerland: IPCC. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
16. Magnan, A.K., Schipper, E.L.F., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S. et al. (2016). Addressing the risk of maladaptation to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(5), 646-665. <https://doi.org/10.1002/wcc.409>
17. Asian Development Bank (2018). *Bangladesh: Coastal Climate-Resilient Infrastructure Project*. Sovereign (Public) Project 45084-002. <https://www.adb.org/projects/45084-002/main>
18. International Organization for Migration (2009). Climate Change and Displacement in Bangladesh - A Silent Crisis? <https://www.iom.int/migrant-stories/climate-change-and-displacement-bangladesh-silent-crisis>
19. Kates, R.W., Colten, C.E., Laska, S., and Leatherman, S.P. (2006). Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: a research perspective. *Proceedings of the National Academy of Science*, 103(40), 14653-14660. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605726103>
20. Bleemer, Z. and van der Klaauw, W. (2017). Disaster (over-)insurance: the long-term financial and socioeconomic consequences of Hurricane Katrina. Staff Report, No. 807. New York, NY: Federal Reserve Bank of New York. https://www.newyorkfed.org/research/staff_reports/sr807
21. Orr Jr, F.M. (2003). Sequestration via injection of carbon dioxide into the deep earth. In *The Carbon Dioxide Dilemma: Promising Technologies and Policies*. National Academy of Engineering and National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/10798/chapter/3#17>
22. Benson, S. M. and Orr, F. M. (2008). Carbon dioxide capture and storage. *MRS bulletin*, 33(4), 303-305. <https://doi.org/10.1557/mrs2008.63>
23. Huppert, H.E. and Neufeld, J.A. (2014). The fluid mechanics of carbon dioxide sequestration. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 46, 255-272. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-011212-140627>

24. Weissman, S. (2016). Natural Gas as a Bridge Fuel – Measuring the Bridge. Center for Sustainable Energy, San Diego. http://energycenter.org/sites/default/files/docs/nav/policy/research-and-reports/Natural_Gas_Bridge_Fuel.pdf
25. Howarth, R.W., Santoro, R., and Ingraffea, A. (2011). Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic Change*, 106(4), 679. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0061-5>
26. United Nations Conference on Trade and Development (2018). Commodities at a glance. *Special Issue on Shale Gas 9*. New York and Geneva: UNCTAD. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/suc2017d10_en.pdf
27. Chen, H. and Carter, K.E. (2016). Water usage for natural gas production through hydraulic fracturing in the United States from 2008 to 2014. *Journal of Environmental Management*, 170, 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.023>
28. U.S. EPA. (2016). Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States. United States Environmental Protection Agency/Office of Research and Development, Washington, DC. EPA/600/R-16/236Fa. <https://cfpub.epa.gov/ncea/hfstudy/recordisplay.cfm?deid=332990>
29. Drollette, B.D., Hoelzer, K., Warner, N.R., Darrah, T.H., Karatum, O., O'Connor, M.P., Nelson, R.K. et al. (2015). Elevated levels of diesel range organic compounds in groundwater near Marcellus gas operations are derived from surface activities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 112(43), 13184-13189. <https://doi.org/10.1073/pnas.1511474112>
30. Skoumal, R.J., Brudzinski, M.R. and Currie, B.S. (2015). Earthquakes Induced by Hydraulic Fracturing in Poland Township, Ohio. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 105(1), 189-197. <https://doi.org/10.1785/0120140168>
31. Elliot, T.R. and Celia, M.A. (2012). Potential restrictions for CO2 sequestration sites due to shale and tight gas production. *Environmental Science & Technology*, 46(7), 4223-4227. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2040015>
32. Moriarty, P. and Honnery, D. (2018). Energy policy and economics under climate change. *AIMS Energy*, 6(2): 272-290. <https://doi.org/10.3934/energy.2018.2.272>
33. Jackson, R.B., Vengosh, A., Darrah, T.H., Warner, N.R., Down, A., Poreda, R.J., Osborn, S.G., Zhao, K. and Karr, J.D. (2013). Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), 11250-11255. <https://doi.org/10.1073/pnas.1221635110>
34. Omara, M., Sullivan, M.R., Li, X., Subramanian, R., Robinson, A.L. and Presto, A.A. (2016). Methane Emissions from Conventional and Unconventional Natural Gas Production Sites in the Marcellus Shale Basin. *Environmental Science & Technology*, 50, 2099-2107. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05503>
35. Osborn, S.G., Vengosh, A., Warner, N.R. and Jackson, R.B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8172-8176. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100682108>

Referencias gráficas



36. Hartmann, I., Sugulle, A.J. and Awale, A.I. (2010). The Impact of Climate Change on Pastoralism in Salahley and Bali-gubadle Districts, Somaliland. Heinrich Böll Stift ung, East and Horn of Africa, Nairobi. https://ke.boell.org/sites/default/files/the_impact_of_climate_change_on_pastoralism_in_salahley_and_bali-gubadle_districts_-_somaliland.pdf
37. Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G. and Guo, R. (2015). Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, 6, pages 166-171. <https://doi.org/10.1038/nclimate2837>
38. IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
39. WWAP (2018). The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>
40. Tellman, B., Bausch, J.C., Eakin, H., Anderies, J.M., Mazari-Hiriart, M., Manuel-Navarrete, D. and Redman, C.L. (2018). Adaptive pathways and coupled infrastructure: seven centuries of adaptation to water risk and the production of vulnerability in Mexico City. *Ecology and Society*, 23(1):1. <https://doi.org/10.5751/ES-09712-230101>



41. Czajkowski, J., Engel, V., Martinez, C., Mirchi, A., Watkins, D., Hughes, J., Sukop, M. (2015). Economic impacts of urban flooding in south Florida: Potential consequences of managing groundwater to prevent salt water intrusion. Working paper no. 2015-10, Risk Management and Decision Processes Center, University of Pennsylvania. http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/WP201510_GWLevelsFloodClaims_Czajkowski-etal.pdf
42. Finkbeiner, E.M., Micheli, F., Bennett, N.J., Ayers, A.L., Le Cornu, E. and Doerr, A.N. (2017). Exploring trade-offs in climate change response in the context of Pacific Island fisheries. *Marine Policy*, 88, 359-364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.032>
43. Limthongsakul, S., Nitivattananon, V. and Arifwidodo, S.D. (2017). Localized flooding and autonomous adaptation in peri-urban Bangkok. *Environment and Urbanization*, 29(1), 51-68. <https://doi.org/10.1177/0956247816683854>
44. Marks, D. (2015). The Urban Political Ecology of the 2011 Floods in Bangkok: The Creation of Uneven Vulnerabilities. *Pacific Affairs*, 88(3), 623-651. <http://dx.doi.org/10.5509/2015883623>
45. Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J. and Bowman, D.M. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6:7537. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>
46. Little, J. B. (2018) Fighting Fire with Fire: California Turns to Prescribed Burning. Yale Environment 360. Yale School of Forestry & Environmental Studies. <https://e360.yale.edu/features/fighting-fire-with-fire-california-turns-to-prescribed-burning>
47. Zinyemba, C., Archer, E. and Rother, H-A. (2018). Climate variability, perceptions and political ecology: Factors influencing changes in pesticide use over 30 years by Zimbabwean smallholder cotton producers. *PLoS ONE*, 13(5): e0196901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196901>
48. Pires, G.F., Abrahão, G.M., Brumatti, L.M., Oliveira, L.J.C., Costa, M.H., Liddicoat, S. and Ladle, R.J. (2016). Increased climate risk in Brazilian double cropping agriculture systems: Implications for land use in Northern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 228: 286-298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.07.005>
49. Bett, B., Kiunga, P., Gachohi, J., Sindato, C., Mbotha, D., Robinson, T., Lindahl, J. and Grace, D. (2017). Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 137, Part B, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.019>
50. UNEP (2016). UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi. www.unenvironment.org/frontiers
51. UNEP (2017). Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unenvironment.org/frontiers>
52. Hammer, T.J., Fierer, N., Hardwick, B., Sijmoki, A., Slade, E., Taponen, J., Viljanen, H. and Roslin, T. (2016). Treating cattle with antibiotics affects greenhouse gas emissions, and microbiota in dung and dung beetles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283:20160150. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0150>
53. UN (2014). World Urbanisation Prospects: the 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER. A/352). Department of Economic and Social Affairs. Population Division, New York: United Nations.
54. Ford, J.D., Labbé, J., Flynn, M., Araos, M. and IHACC Research Team (2017). Readiness for climate change adaptation in the Arctic: a case study from Nunavut, Canada. *Climatic Change*, 145(1-2), 85-100. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2071-4>
55. Lei, Y., Finlayson, C.M., Thwaites, R., Shi, G. and Cui, L. (2017). Using Government Resettlement Projects as a Sustainable Adaptation Strategy for Climate Change. *Sustainability*, 9, 1373. <https://doi.org/10.3390/su9081373>
56. O'Hare, P., White, I. and Connelly, A. (2016). Insurance as maladaptation: Resilience and the 'business as usual' paradox. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 34(6), 1175-1193. <https://doi.org/10.1177/0263774X15602022>
57. Bryant, C.R., Bousbaine, A.D., Akkari, C., Daouda, O., Delusca, K., Épule, T.E. and Drouin-Lavigne, C. (2016). The roles of governments and other actors in adaptation to climate change and variability: The examples of agriculture and coastal communities. *AIMS Environmental Science*, 3(3), 326-346. <https://doi.org/10.3934/environsci.2016.3.326>
58. ILO (2016). Labour Mobility and Regional Climate Adaptation. International Labour Organization Technical Note https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---migrant/documents/publication/wcms_534341.pdf