



## sociedad

Los presupuestos castigan a la ciencia

# Cuidado con la Tierra, se tambalea

Los científicos proponen nueve “límites planetarios” para preservar los sistemas que mantienen la estabilidad del planeta desde hace 10.000 años ● Tres han sido ya transgredidos, y otros cuatro están cerca

JAVIER SAMPEDRO

El mundo que conocemos sólo tiene 10.000 años. Por esa fecha acabó la prehistoria y empezó el holoceno, el raro periodo de buen tiempo en que vivimos. Esa estabilidad podría durar otros 7.000 años, según predice la geología, pero la actividad humana ha alcanzado un nivel capaz de “dañar los sistemas que mantienen la Tierra en el estado de holoceno”.

Johan Rockström, de la Universidad de Estocolmo, y otros 28 científicos de universidades e institutos europeos, norteamericanos y australianos proponen ahora un sistema nuevo y polémico. Han estimado nueve “límites planetarios” que la humanidad debe respetar para no inestabilizar los sistemas terrestres esenciales, con cambios climáticos bruscos y tal vez catastróficos.

Tres de los límites ya han sido transgredidos: los del calentamiento global, la extinción de especies y el ciclo del nitrógeno. Otros cuatro están cerca de caer: uso del agua dulce, conversión de bosques en cultivos, acidificación de los océanos y ciclo del fósforo. Los otros dos son la contaminación química y la carga de aerosoles en la atmósfera.

Rockström y sus 28 colegas han presentado su propuesta en *Nature*. La versión completa de su trabajo está disponible en <http://www.stockholmresilience.org/planetary-boundaries>. El

último número de la revista *Nature Reports Climate Change* recoge las críticas de siete expertos —incluido el premio Nobel Mario Molina—, y hay un debate abierto sobre la propuesta en <http://tinyurl.com/boundaries-blog>.

La idea que más se maneja para el nuevo acuerdo del clima que se negociará en Copenhague, el próximo diciembre, es la “barrera de los dos grados”: que la temperatura no suba más de dos grados por encima del nivel preindustrial. Pero los científicos no creen que ese objetivo sea suficiente, ni adecuado.

La barrera de los dos grados se basa en los modelos climáticos convencionales, que predicen un aumento de tres grados cada vez que se dobla el nivel de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. “Pero estos modelos no incluyen los procesos de *feedback* que calentarán aún más el clima”, dicen los expertos. Un ejemplo de *feedback*: el calentamiento funde los hielos, y la pérdida de superficie de hielo causa un mayor calentamiento.

Cuando estos *feedbacks* se incluyen, la duplicación del CO<sub>2</sub> atmosférico no sube la temperatura tres grados, sino seis grados, una cifra que “amenazaría los sistemas vitales del holoceno y cuestionaría gravemente la viabilidad de las sociedades humanas actuales”, según los autores.

Su propuesta es otro tipo de barrera más exigente. Se compo-

ne de dos límites. Primero, que la contribución humana al CO<sub>2</sub> atmosférico no pase de 350 partes por millón (ppm). Y segundo, que el *forzante radiativo* (el cambio de energía en la capa más alta de la atmósfera) no supere los niveles preindustriales en más de un vatio por metro cuadrado.

Los expertos afirman que “violiar esos límites incrementa el riesgo de cambio climático irre-

La idea de partida es que la temperatura no suba más de dos grados

El hombre destruye especies entre 100 y 1.000 veces más rápido de lo natural

versible, con pérdida de las principales capas de hielo, subida acelerada del nivel del mar y cambios abruptos en los sistemas forestales y agrícolas”. Una pésima noticia, porque ambos límites se han violado ya: el nivel de CO<sub>2</sub> está en 387 ppm, y el *forzante radiativo* en 1,5 vatios por metro cuadrado.

De hecho, “ya empezamos a ver evidencias de que algunos subsistemas terrestres han em-

pezado a salirse de su estado holocénico estable”, dicen los expertos. La rápida pérdida de los hielos árticos en verano, por ejemplo. También la masa menguante de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida Occidental. Y el aumento acelerado del nivel del mar en los últimos 10 años.

El 80% de la atmósfera es nitrógeno —un componente básico de nuestras células—, pero en una forma gaseosa que ni las plantas ni los animales podemos asimilar. Son las bacterias quienes lo convierten en nitratos y otras formas utilizables por las plantas. Los animales lo obtienen comiéndose a las plantas. Otras bacterias lo devuelven después a la atmósfera, cerrando el ciclo del nitrógeno.

Pero la fabricación de nitratos como fertilizantes para la agricultura, y los propios cultivos de legumbres —que sí pueden asimilar el nitrógeno de la atmósfera gracias a una bacteria simbiótica— han superado ya a todas las bacterias del planeta: *fijan* 140 millones de toneladas de nitrógeno de la atmósfera al año.

Como es más de lo que las *segundas* bacterias pueden devolver a la atmósfera, gran parte de ese nitrógeno acaba contaminando los ríos y las zonas costeras. Muchos sistemas lacustres se han vuelto turbios por esta razón, como se vuelve el mar Báltico entero de forma intermitente.

También puede volver a la atmósfera, pero no en su forma ori-



## Los límites de la propuesta

Steve Bass, del Instituto Internacional para el Entorno y el Desarrollo de Londres, duda que este límite del 15% pueda ser tomado en serio por políticos y gestores mientras no haya pruebas más elocuentes de que el cambio de uso de la tierra es perjudicial para las personas. “Si acaso”, dice Bass, “lo contrario ha sido más cierto, probablemente: convertir la tierra en cultivos o industrias ha proporcionado mucho bienestar, y las poblaciones seguirán encontrando esa utilización de la tierra deseable y tentadora”.

Bass también duda de que el porcentaje de superficie cultivada —sea el 15% u otro— sea el

mejor límite para garantizar que el uso de la tierra sea sostenible. “Por ejemplo”, dice el científico británico, “el impacto ambiental de un 15% de superficie cultivada en grandes parcelas con métodos intensivos será muy diferente del que tendría ese mismo 15% cultivado de formas más sostenibles e integradas en el paisaje”. Bass cree que un ‘límite planetario’ en la degradación del suelo sería más adecuado que el que propone el informe Rockström.

Myles Allen, físico especializado en clima de la Universidad de Oxford, discrepa de los autores. Afirma que la “cam-

paña” para establecer un límite de 350 ppm de CO<sub>2</sub> en la atmósfera tiene poco sustento científico. “Al ser uno de los avales de más alto perfil científico a favor de ese límite”, lamenta Allen, “el ensayo de Rockström y sus colegas será citado sin moderación de aquí a las negociaciones climáticas de diciembre en Copenhague, con toda certeza”.

“El problema no es si el límite de 350 ppm es demasiado o demasiado poco”, prosigue el físico de Oxford. “El problema es que ese límite no capta la idea; las acciones que se requieren las próximas dos décadas son las mismas sea cual sea el nivel

de CO<sub>2</sub> que decidamos poner como límite; proponer un ‘límite planetario’ al CO<sub>2</sub> es una distracción innecesaria”. Allen aboga por mantener la idea actual de la “barrera de los 2 grados”.

Otro límite propuesto es que la cantidad de ozono en las capas altas de la atmósfera no se reduzca más del 5% respecto a los niveles de 1964-1980. “La elección es razonable, aunque algo arbitraria”, opina el premio Nobel Mario Molina, director del Centro de Estudios Estratégicos sobre Energía y Entorno de México DF. “El límite del 5% está claramente dentro de la zona de comportamiento lineal pa-

ra la pérdida de ozono global”.

Un comportamiento lineal implica que no hay riesgo de respuestas súbitas al atravesar algún tipo de umbral. Estas respuestas “no lineales” de los sistemas terrestres son el fundamento del sistema de límites propuesto por el informe Rockström.

Molina opina que sería mejor poner un límite a las emisiones de compuestos con cloro y bromo, como los cloro-fluorocarbonos (CFC) que consumen el ozono, y no al propio grosor de la capa de ozono. Pero admite que la idea de los límites es un “concepto útil y muy interesante”.



## sociedad

Las familias cuidan a sus enfermos mentales



## cultura

Lucha por los derechos de Spiderman y Hulk



## deportes

La alegría colapsa los teléfonos en el Brasil olímpico



ginal (N<sub>2</sub>), sino como óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), uno de los principales gases de efecto invernadero junto al CO<sub>2</sub>.

Los científicos han situado el límite planetario del uso del nitrógeno en un 25% de su valor actual, o 35 millones de toneladas. Con argumentos similares, fijan un límite de 11 millones de toneladas para el fósforo que la actividad humana vierte a los océanos cada año, no muy lejos de los 9 millones actuales. El flujo natural de fósforo a los océanos ronda el millón de toneladas.

El fósforo no proviene de la atmósfera como el nitrógeno, sino de la minería, pero también se usa para fabricar fertilizantes, entre otras muchas cosas (como pasta de dientes). El registro geológico indica que un exceso de fósforo en los océanos se asocia a episodios de falta de oxígeno en el agua —“sucesos anóxi-

Una propuesta es que los cultivos no cubran más del 15% de la tierra firme

Se han violado límites que elevan el riesgo de un cambio irreversible

cos”— de tal escala que algunos científicos los consideran responsables de extinciones masivas en el pasado.

La extinción de especies es parte del juego de la vida, pero el registro fósil muestra que su ritmo natural es menor de una extinción por millón de especies al año (las estimaciones varían en-

tre entre 0,1 y 1). La tasa actual de extinción causada por el hombre es entre 100 y 1.000 veces mayor.

La frecuencia basal, desde luego, ya se había disparado en las ocasionales extinciones masivas que jalanan la historia del planeta. Pero ahora “las especies se están extinguiendo a un ritmo inédito desde la última extinción global en masa”, dicen los científicos. Se refieren al *evento K/T*, la extinción masiva que puso fin al periodo cretácico hace 65 millones de años, y con él a los dinosaurios y a la mitad de los géneros biológicos. El impacto humano aún no iguala al de un buen meteorito, pero hace méritos.

La principal causa son los cambios en el uso de la tierra, sobre todo su conversión en tierras de cultivo o zonas urbanas. También los incendios forestales, y la introducción de especies extrañas en un entorno natural.

Las cabras, por ejemplo, han hecho más daño al entorno en las islas Galápagos que los propios humanos que las llevaron allí.

El cuadro empeorará con el cambio climático. Los científicos estiman que el 30% de las especies de mamíferos, pájaros y anfibios estarán amenazadas de extinción este siglo.

La extinción de especies no es un problema sólo para los museos de ciencias naturales. Los ecosistemas pueden tolerar notables pérdidas de biodiversidad —muchas especies son *redundantes* en el sistema—, pero la pérdida de redundancia los hace muy vulnerables a cualquier cambio del entorno. Es la diversidad quien garantiza una respuesta a los imprevistos.

“La Tierra no puede sostener el actual ritmo de extinción sin una importante erosión de la resiliencia de los ecosistemas”, di-

**El nuevo acuerdo del clima se negociará en diciembre en Copenhague.** / REUTERS

cen los autores. El término *resiliencia* se ha tomado prestado de la ingeniería —donde mide la energía que puede absorber un material deformándose de manera elástica— para designar la capacidad de un ecosistema para encajar las agresiones.

Rockström y sus colegas proponen como *límite planetario* que los cultivos no cubran más del 15% de la superficie de tierra firme —ahora cubren el 12%—, pero hay científicos críticos con ese límite, y con los demás.

**+ EL PAÍS.COM**

► **Participe**

¿Contribuye usted en iniciativas que ayuden a salvar el Planeta?