

La inteligencia artificial de la geoingeniería

La Teoría del Caos propone que el aleteo de una mariposa en Brasil podría ocasionar un huracán en Texas¹. La Teoría de la Complejidad agrava el caos añadiendo efectos de tipo cuántico como podrían ser la modificación del genoma de la mariposa o las contradicciones en modelos de supercomputadoras. Ahora, los geoingenieros pretenden multiplicar la complejidad con política. El resultado es una forma de inteligencia artificial extrema.

Gaia es complicada. Desde las corrientes estratosféricas hasta los ríos submarinos —y de las emisiones y captura del plancton hasta las palmeras— la cuantificación, la cualificación y calibración de los sistemas planetarios es al menos tan difícil como lograr entender los genes y las neuronas. Pese a décadas de modelación, no estamos ni cerca de predecir cuál es el mejor día para un picnic el próximo mes o anticipar las tendencias de nuestro ADN, o localizar el lugar físico de la memoria en nuestro cerebro. Hemos aprendido, no sin cierta frustración, a mapear y manipular genomas, geografías y memorias, pero no podemos controlar las consecuencias.

La distinción entre una manipulación y un modelado preciso es vital. Los científicos y los gobiernos requieren una mejor comprensión sobre lo que nos estamos haciendo a nosotros mismos. Reducir las emisiones de gases con efecto de invernadero (GEI) es complicado. No reducirlas es más complicado. El posible desplazamiento de miles de millones de personas desde las llanuras costeras a terrenos más elevados resultará complicado. Responder a eventos hidrotérmicos extremos (como inundaciones, sequías, huracanes, etc.) será increíblemente difícil. Determinar correctamente qué cultivos pueden crecer y en qué lugar del planeta, será sumamente crítico y complejo. El hecho de que todas estas decisiones también sean políticas complejiza el problema. Cada opinión política afirmará fundamentarse en “una ciencia cierta”. Como hemos visto en Copenhague, Cancún, Durban y Doha, la verdad y la transparencia son ya las víctimas de las negociaciones irresponsables hechas en torno al cambio climático. Ahora, los geoingenieros dicen que pueden ayudar a los gobiernos a hacer frente al cambio climático a través de la manipulación de los sistemas planetarios. Esto incrementa la complejidad en varios órdenes de magnitud y hace que la política de la gobernanza climática se vuelva menos transparente.

La geoingeniería tiene la apariencia de ser un Plan B prudente hasta que entendemos cómo incrementa la complejidad. Nuestra histórica desmesura científica en relación con los sistemas complejos debería volvernos más humildes. Consideremos nuestras experiencias inmediatas con la Inteligencia Artificial (IA) y el análisis del genoma humano...

La IA emergió en 1956² cuando muchos científicos pensaron que estaban a punto de construir computadoras y robots que igualarían las capacidades intelectuales del cerebro humano. He aquí algunos paralelismos interesantes: se estima que nuestro cerebro realiza 100 billones de sinapsis; la supercomputadora más avanzada tiene 100 billones de bytes y puede realizar algunas operaciones 100 millones de veces más rápido que nuestro cerebro.³ Sin embargo, cada una de nuestras 100 billones de neuronas pueden, en lo individual, alternar “estados” de 10 a 100 veces por segundo usando tan poca energía como una bombilla de luz de 20 watts. La supercomputadora requiere 200 mil watts⁴ y tiene una capacidad creativa nula. Aunque la ciencia sabe hoy mucho más de la IA y mapeo del cerebro de lo que sabía en la década de los 50, estamos aún muy lejos de poder modelar nuestras mentes.

La ciencia no ha corrido con mejor suerte con ese otro dechado de complejidad: el genoma humano. Watson y Crick descubrieron el ADN a principios de los 50 —más o menos por las mismas fechas que se comenzaba a hablar sobre inteligencia artificial. Desde entonces hemos aprendido que nuestro genoma tiene 3 mil millones de pares base pero apenas 22 mil genes. Hace 10 o 20 años, investigadores en genómica dieron por hecho que nuestro genoma tenía de 100 mil a 120 mil genes y que el 97% de nuestro ADN era “basura”.⁵ Ahora teorizamos sobre el hecho de que casi el total de nuestro ADN tiene un propósito,⁵ pero ya no tenemos la certeza sobre cómo funcionan nuestros ADN y ARN. En 2012, la ciencia descubrió que existen 6 moléculas, además del ADN, que pueden almacenar y transmitir información genética.⁶ Hace 10 años completamos el primer mapa del genoma humano, pero nuestra comprensión de lo que debemos hacer con él no abre las perspectivas futuras que esperábamos.

En el mejor de los casos, estamos frente a Gaia justo donde estábamos hace 60 años con la inteligencia artificial y la genómica. Ciertamente, la gran diferencia es que las manipulaciones experimentales de un genoma o un cerebro pueden llevarse a cabo, más o menos, una a la vez. Las manipulaciones experimentales de Gaia pueden cambiarlo todo para todos.

La Geoingeniería requiere de una comprensión no sólo de los sistemas terrestres sino también de los impactos antropomórficos. A finales de 2011, los climatólogos decían que habíamos alcanzado niveles de 390.9 partículas por millón (ppm) de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), pero durante el verano pasado, en algunos lugares del Ártico se alcanzaron niveles superiores a 400 ppm. Es necesario que sepamos en dónde se ubicarán los GEI si es que continuamos en la dinámica económica actual, pero también necesitamos

saber con precisión los múltiples niveles de tolerancia de Gaia a estos niveles de gases. Las preguntas son ¿el límite máximo seguro de concentración de gases con efecto de invernadero es de 450 o 500 ppm? ¿debemos reducir las emisiones a 350 ppm o alcanzar niveles pre-industriales de 280 ppm? A mayor número de variables y mayor complejidad, mayor será el desacuerdo de los científicos. En última instancia, los climatólogos ofrecerán parámetros —es decir, estimaciones mínimas y máximas— que darán a los políticos el espacio de maniobra necesario para determinar los niveles de intervención planetaria que pueden ejercer (por medio de la reducción de emisiones o geoingeniería) y que pueden ser considerados políticamente aceptables como para llevar al planeta (o quizá solo a ellos) a un lugar más seguro.

He aquí una muestra de algunas de las más grandes sorpresas de complejidades, predominantemente políticas, con las que se toparon los climatólogos en 2012:

- De manera consistente, China ha presentado subregistros respecto a sus emisiones de GEI en aproximadamente 20%, lo que significa que las emisiones globales reales son 5% mayores de lo que el mundo pensaba.⁷
- La presunta reducción en 14% de las emisiones de GEI del Reino Unido entre 1990 y 2008 se cancela con el incremento de 20% en las emisiones por la transferencia de manufacturas británicas al continente asiático, lo que significa un incremento neto de 6% en sus emisiones⁸.
- India sobreestimó su cobertura forestal en alrededor de 10% lo que significa que su captura de CO₂ es menor de lo que se había pensado.⁹
- El sistema carretero del estado de Rondonia, al oeste de Brasil redujo la tasa de deforestación, sin embargo inadvertidamente aceleró la pérdida de biodiversidad¹⁰.
- El PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) descubrió que hasta el 30% del total de las exportaciones de madera son controladas por la mafia y que el 90% de la deforestación en los trópicos obedece a un comercio ilegal, lo cual significa que todas las estimaciones sobre el comercio forestal son probablemente erróneas.¹¹
- Estados Unidos ha reducido sus emisiones de GEI a los niveles de 1992 gracias a su producción y consumo de gas natural, pero esto se anula con el incremento en sus exportaciones de carbón a Asia.¹²
- Las Academias Nacionales Científicas de Estados Unidos predijeron que para 2020 el número de satélites estadounidenses que monitorean el clima podría caer de 23 a 6, lo que *The Economist* califica como una “ceguera deliberada”¹³.
- La capacidad de los científicos para monitorear el clima en el subcontinente indio¹⁴ y en el hemisferio Sur ha disminuido, por lo que menos, desde 1992.¹⁵

Sin embargo, durante 2012, los climatólogos también enfrentaron numerosas realidades ambientales imprevistas...

- El probable aumento de la temperatura, suponiendo la duplicación de las emisiones, debió ajustarse al alza de un rango de entre 1.5°C - 4.5°C a otro de entre 2°C - 4.5°C;¹⁶
- La severidad de las sequías por el aumento de la temperatura es cada día más difícil de calcular por la gran diversidad de instrumentos de medición con que trabajan los científicos;¹⁷
- Los cálculos sobre el deshielo del Ártico (previsto para finales de este siglo) están siendo revisados. Se prevé ahora que el deshielo total ocurrirá mucho antes, posiblemente dentro de una década.¹⁸
- El ciclo global del agua se intensificó en 4% entre 1950 y 2000, contribuyendo a una mayor presencia de eventos climáticos extremos, es decir, el doble de lo esperado a partir de los actuales modelos del clima global;¹⁹ la intensidad de la lluvia se ha incrementado en todo un orden de magnitud con respecto a proyecciones anteriores;²⁰
- Las predicciones que apuntaban a que un incremento de 1.5°C en la temperatura mejoraría el rendimiento de los cultivos en zonas templadas, resultan hoy insostenibles y los científicos opinan que el aumento de la temperatura en 0.8°C ya ocasionó pérdidas de entre 1 y 3% en los rendimientos;²¹
- Se esperaba que la elevación del nivel del mar ocasionada por el derretimiento de las capas de hielo de Groenlandia y el Antártico fuera de 0.3 m por año, sin embargo la elevación es ya de 1.3 m. En lugar de las predicciones hechas para el 2100 de que el nivel del mar se elevaría en 1 m, el incremento real podría oscilar entre 2 y 3 m;²²
- Las emisiones de CO₂ del permafrost podrían elevar las temperaturas entre 0.25 y 1° C para el final de este siglo, algo que no se ; Previamente no se había considerado.²³

La gran noticia sobre las sorpresas políticas y ambientales de 2012 es que las políticas para reducir las emisiones de GEI —independientemente de los errores de cálculo— todavía podrían ser constructivas; a la inversa, y a la luz de estas sorpresas, las iniciativas de la geoingeniería habrían exacerbado enormemente nuestro problema.

Los científicos han agravado la complejidad del dilema al impulsar la geoingeniería como una postergación al cambio climático, o incluso como parte de la solución, al sugerir que la geoingeniería podría cortar la brecha entre dos objetivos altamente intercambiables: 1) los niveles máximos de emisiones seguras; y 2) la probabilidad de que los gobiernos cumplan con sus objetivos de niveles de emisiones. Los compromisos nacionales sobre emisiones (y su cálculo) serán manipulables.

En resumen, el nivel de intervención de la geoingeniería será determinado por nuestro conocimiento incierto de Gaia, agravado por nuestros cuestionables cálculos (políticos y científicos) y por el nivel de compromiso en la reducción de emisiones.

Lo absurdo de la situación ha llevado a los geoingenieros a proponer estrategias alternas. Primero, la geoingeniería en niveles globales podría ser inducida gradualmente con el fin de evaluar reacciones del ambiente a cualquier posible desinformación o error de cálculo. Esto significa una especie de intervención elástica o “vertical” que supone que se podrían hacer tantos ajustes como sean necesarios relativamente rápido.

Sin embargo, el manejo de la radiación solar (MRS), área de la geoingeniería que hoy recibe mayor atención por parte de los científicos y políticos, requiere de la colocación continua de sulfatos como bloqueadores o reflejantes solares que permanecerían a 20 km de altura durante alrededor de 2 años. Una vez colocados en la estratosfera bajarlos no será fácil. Si se emplean materiales que descienden más rápidamente, el costo podría ser mucho mayor que el sulfato mismo y/o tendremos todos que usar casco.

En segundo lugar, la geoingeniería plantea que no sólo sería posible un nivel de intervención vertical globalmente elástico, sino que la geoingeniería podría ser introducida de manera selectiva u “horizontal”, es decir, regionalmente.

La geoingeniería regional añade nuevas complicaciones. Con el fin de obtener intervenciones regionales eficaces, cada región tendría que suponer que las otras regiones permanecerán estáticas en sus niveles de emisión o por lo menos que sus emisiones son predecibles. Adicionalmente, los gobiernos de las regiones que apliquen las tecnologías de geoingeniería deberán persuadir a los gobiernos de las otras regiones de que sus intervenciones no tendrán un efecto de contagio o puedan ser interpretadas como actos de agresión.

No obstante, existe otra diferencia sustancial sobre la geoingeniería regional. La geoingeniería a escala global necesitaría, moral y políticamente hablando, una gobernanza también global. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) tendría que comprender y aceptar las consecuencias de las propuestas hechas. La probabilidad de que los 193 miembros de la ONU acepten esta propuesta es minúscula. Recientemente Estados Unidos votó contra la firma del Tratado sobre los Derechos de los Discapacitados porque este Tratado era visto como una amenaza a su soberanía a pesar del hecho de que el Tratado estaba basado en la propia legislación estadounidense, esto es, en la Ley sobre Estadounidenses con Discapacidad.²⁴ ¿Alguien cree que el gobierno de Estados Unidos permitirá un tratado internacional que regule la geoingeniería?

La geoingeniería deja de lado las obligaciones morales y legales por las que la ONU se rige. Una alianza integrada por ejemplo por Estados Unidos, Canadá, China y Rusia podría construir una zona Polar independiente y estratégica de geoingeniería. Si corren con suerte, podrían reducir o retrasar sus propias “emergencias” climáticas sin tener que enfrentar las crisis y consecuencias que su industrialización le ha ocasionado al resto del mundo. En caso contrario, ellos mismos podrían, unilateralmente, devastar al planeta.

Pero, si por ejemplo Norteamérica colocara una sombrilla sobre el continente para proteger su ambiente ¿qué impediría que China hiciera lo mismo? ¿o India subsecuentemente respondiera a China...o a Brasil de la misma forma? Los vientos y el clima del mundo rebotarían entre sombrillas como un juego de pinball.

¿Serían capaces los gobiernos de actuar tan unilateralmente? La “Guerra Caliente” del cambio climático no es tan distinta de la “Guerra Fría” que dominó la política mundial de 1945 a 1991. Durante ese periodo, países como Estados Unidos, Rusia, China, Reino Unido, Francia, India, Israel y Paquistán se sentían con la calidad moral como para poner en peligro, unilateralmente, la seguridad planetaria, arriesgándonos así a una guerra nuclear al hacer explotar más de 450 dispositivos nucleares atmosféricos (principalmente en aguas internacionales) que en última estancia, estaba comprobado, causarían un riesgo a la salud y el bienestar no sólo de sus ciudadanos sino del mundo entero.²⁵ El complejo político-científico negó en un principio los peligros que involucraban las pruebas nucleares atmosféricas, tiempo después intentó minimizar sus riesgos hasta que se vieron obligados, décadas después, a firmar un tratado de prohibición de pruebas nucleares.

Así pues, la pregunta es si los partidarios de la “Guerra Caliente” de hoy aprendieron de las experiencias de la “Guerra Fría” de ayer. La respuesta es no. Con este nivel de complejidad nuestra inteligencia sigue siendo artificial. Es momento de una prohibición a las pruebas de geoingeniería.

Los Geoingenieros nos presentan hoy el manejo de la radiación solar y otro tipo de manipulación en los sistemas terrestres como un casi inevitable “Plan B” provocado por un contundente fracaso de los gobiernos en la reducción de los niveles de emisión de GEI. El nivel de complejidad 1 describe algunas de las distorsiones en las actuales negociaciones sobre el cambio climático encabezadas por la ONU.

Nivel de Complejidad 1.

Reducción de emisiones negociada en la ONU:

A través de negociaciones llevadas a cabo en la ONU, los gobiernos acuerdan reducir sus niveles nacionales de emisiones hasta un nivel seguro. La complejidad aumenta cuando los gobiernos:

- Financiarizan la reducción de emisiones por medio de esquemas de comercio de carbono que complican (o distorsionan) la medición y el monitoreo;
- Manipulan los cálculos (intencionalmente o no) en el ciclo de vida completo de las emisiones de las supuestas “tecnologías verdes” tales como los biocombustibles;
- Exportan emisiones (por ejemplo, de carbón o manufactura) distorsionando sus emisiones internas y/o supuestos “beneficios al consumidor”.
- Violan los estándares y abusan de las herramientas de mediciones para distorsionar sus emisiones base y proyecciones de las mismas.

Entonces, a pesar de los consensos en la ONU, la fuerza económica y militar más poderosa del mundo (Estados Unidos) rehúsa unirse y un segundo país del G8 (Canadá) reniega del acuerdo. A la fecha, los pobres compromisos emanados de la cumbre de Doha sólo fueron firmados por la Unión Europea y Australia (que representan el 14% de las emisiones globales de GEI).

Nivel de Complejidad 2.

Colocación de la sombrilla global para el Manejo de Radiación Solar:

A pesar de la desconfianza de los geoingenieros hacia los gobiernos (y sin prescindir de ninguna de las reales y potenciales distorsiones del Nivel de complejidad 1), los geoingenieros proponen elevar la complejidad en un orden de magnitud a través del manejo de radiación solar global. Esto les permite a los gobiernos:

- Debilitar los esfuerzos por reducir las emisiones de GEI porque existe una compostura técnica relativamente barata (y completamente teórica) para ser aplicada como Plan B;
- Dejar de lado los compromisos hechos con otros países, bajo el argumento de que el Manejo de la Radiación Solar representa un beneficio global;
- Manipular todavía más las mediciones y objetivos de emisiones a través de la variación de los montos de Manejo de radiación solar y/o sus impactos predecibles.

Lo más importante, en términos gobernanza, es que los costos y la naturaleza de alta tecnología de la geoingeniería desplazan su control de manos de los consensos en la ONU sobre políticas ambientales hacia los mismos gobiernos que se opusieron o renegaron o distorsionaron sus obligaciones internacionales en el Nivel de complejidad 1.

Nivel de complejidad 3.

Emplazamiento de múltiples sombrillas para el Manejo de la Radiación Solar:

Mientras la experiencia reciente de la Guerra Fría en el mundo hace evidente que los gobiernos, en lo individual, están preparados para tomar el control de los sistemas planetarios y para tomar decisiones sobre la vida y la muerte de la población mundial, la política de implementación de una sombrilla global para el Manejo de la Radiación Solar es profundamente indecorosa e incluso, algunos gobiernos poderosos (según los geoingenieros) preferirían colocar sus propias sombrillas regionales, lo cual generaría una menor resistencia. Incluso la teoría de las sombrillas regionales incrementa masivamente la complejidad más allá de los niveles 1 y 2. Por ejemplo:

- La distinción entre las intervenciones regionales y globales para el manejo de la radiación solar puede quedar sujeta a interpretación;
- Las naciones más poderosas pueden evitar los compromisos de adaptación y mitigación global ante otras naciones arguyendo un beneficio internacional del Manejo de la Radiación Solar;
- Si se admite una iniciativa regional del Manejo de la Radiación Solar, pueden entonces posibilitarse más intervenciones regionales multiplicando así las distorsiones;
- La militarización del MRS es inevitable; la implementación defensiva de una iniciativa regional de MRS puede actuar por ejemplo, para neutralizar los impactos de una iniciativa aplicada por otra región.

Lo más alarmante es que la aceptación de la implementación de una iniciativa regional de MRS permite a los gobiernos eludir la necesidad de consenso en la ONU. Con el Nivel de Complejidad 3, la geoingeniería otorga mayor poder a aquellos gobiernos que ocasionaron, y que hasta ahora han fracasado para hacer frente al cambio climático.

Respuestas realistas:

El reconocimiento de que la eficacia de la geoingeniería es, en el mejor de los casos incierta y que permite eludir responsabilidades, hace posibles las siguientes iniciativas:

- La prohibición de la geoingeniería;
- El reconocimiento de que los gobiernos nacionales ocultan sus niveles de emisión (y probablemente lo seguirán haciendo) y que mienten sobre sus compromisos, permite proponer la creación de un organismo supervisor independiente con apoyo generalizado y representativo de la sociedad civil (o una especie de Tribunal Russell ambiental) con el derecho, aceptado por los gobiernos, para intervenir en todas las etapas y aspectos de las negociaciones intergubernamentales sobre el cambio climático;
- Poner fin a la financiarización del control de emisiones a través del comercio, los subsidios y el outsourcing;
- Disminuir las emisiones de GEI de manera directa y profunda;
- El fortalecimiento de la medición y el monitoreo de los sistemas planetarios por medio de satélites y bases terrestres;
- El fortalecimiento de la transparencia global y local de todos los programas, mediciones y tecnologías relacionadas con el clima por medio de un organismo para la evaluación tecnológica, vinculado a la ONU, tal como se propuso en Rio+20.
-

Las guerras por el MRS:

Las iniciativas globales y regionales (unilaterales todas) de geoingeniería, constituyen una amenaza directa a la seguridad mundial e invitan (e incluso exigen) a los otros gobiernos a dar respuestas. Especialmente porque las intervenciones por manejo de radiación solar (MRS) y oceánica, empezaran a incrementar su escala de experimentación meteorológica y podrían rápidamente salirse de control. La experimentación en geoingeniería es una

transgresión de la Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles de los años 70 (ENMOD) por lo que los gobiernos y/o las Naciones Unidas deberían llevar inmediatamente el asunto ante la Corte Internacional de Justicia. Igualmente, en concordancia con la moratoria a la geoingeniería adoptada por los gobiernos miembros de la Convención sobre Diversidad Biológica de Naciones Unidas en 2010 y hasta que la Corte haya emitido su decisión, ningún experimento fuera de los laboratorios debe ser permitido.

Notas

-
- ¹ Jon Agar, *Science in the* , Polity Press, 2012. Esta teoría circuló primero hacia 1979..
- ² Peter Norvig, "Artificial Intelligence – Early Ambitions", *New Scientist*, 3 de noviembre de 2012. *Ibid.*
- ³ *Ibid.*
- ⁴ *Ibid.*
- ⁵ Alok Jha. "Breakthrough study overturns theory of 'junk DNA' in genome", *The Guardian*, 5 de septiembre de 2012.
- ⁶ Michale Marshall, "Move over DNA: Six new molecules can carry genes", *New Scientist*, 19 de abril de 2012.
- ⁷ Dabo Guan, Zhu Liu, Yong Geng, Sören Lindner & Klaus Hubacek, "The gigatonne gap in China's carbon dioxide inventories", *Nature Climate Change*, v. 2, 2012, pp. 672-675, 10 de Junio de 2012. Disponible en Internet: doi:10.1038/nclimate1560
- ⁸ Ulrich Hoffmann, "Some Reflections on Climate Change, Green Growth Illusions and Development
- ⁹ Natasha Gilbert, "India's forest area in doubt: Reliance on satellite data blamed for over-optimistic estimates of forest cover", *Nature*, v. 489, n. 7414, 4 de septiembre de 2012.
- ¹⁰ Gilead Amit, "Landsat captures impact of deforestation in Brazil", *New Scientist*, 3 de septiembre de 2012
- ¹¹ Sara Reardon y Rowan Hooper, "How the mafia is destroying the rainforests", *New Scientist*, 6 de octubre de 2012.
- ¹² Michael Marshall, "Lowest US carbon emissions won't slow climate change", *New Scientist*, 25 de agosto de 2012
- ¹³ "Something to watch over us: The Earth should be monitored more carefully", *The Economist*, edición impresa, 12 de mayo de 2012.
- ¹⁴ "India's climate. Monsoon, or later. A looming drought is manageable. Long-term changes to the monsoon might be catastrophic", *The Economist*, 28 de julio de 2012
- ¹⁵ Paul N. Edwards, "A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming", MIT Press, 2010, pp. 290-291.
- ¹⁶ El IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) comenzó a utilizar el rango más alto en su Cuarto Informe de Evaluación (2007)
- ¹⁷ John Sullivan, "Link between warming and past droughts questioned", *News at Princeton*, 3 de enero de 2013. Disponible en Internet: <http://www.princeton.edu/main/news/archive/S35/72/30Q24/index.xml?section=topstories>.
- ¹⁸ Suzanne Goldenberg, "Arctic lost record snow and ice last year as data shows changing climate", *The Guardian*, 5 de diciembre de 2012.
- ¹⁹ Comunicado de prensa de CSIRO, "Earth's water cycle intensifying with atmospheric warming", 26 de abril de 2012. Disponible en Internet: <http://www.csiro.au/en/Portals/Media/Earths-water-cycle-intensifying-with-atmospheric-warming.aspx>.
- ²⁰ Michael Le Page, "Climate downgrade: Extreme weather", *New Scientist*, 14 de noviembre de 2012.
- ²¹ Michael Le Page, "Climate downgrade: Food production hit" *New Scientist*, 14 de noviembre de 2012.
- ²² Michael Le Page, "Climate downgrade: Sea level rise", *New Scientist*, 14, de noviembre de 2012.
- ²³ Michael Le Page, "Climate downgrade: Planetary feedbacks", *New Scientist*, 14 de noviembre de 2012.
- ²⁴ Jim Abrams, "Republican opposition downs UN disability treaty", Associated Press, 4 de diciembre de 2012. Disponible en Internet: <http://bigstory.ap.org/article/republican-opposition-downs-un-disability-treaty>.
- ²⁵ Toshihiro Higuchi, "Atmospheric Nuclear Weapons Testing and the Debate on Risk Knowledge in Cold War America, 1945-1963" en R. McNeill y Corinna R. Unger (editores), *Environmental Histories of the Cold War*, Cambridge University Press, 2010