

Ciencia y política pública: ¿qué papel juegan las pruebas científicas? (Segunda parte). Naomi Oreskes.

Naomi Oreskes¹

Universidad de California, Estados Unidos

Traducción de **María de los Ángeles Pérez del Amo^{2 3}**

Universidad Complutense de Madrid, España

Recibido 21 mayo 2023 · Aceptado 3 octubre 2023

La primera parte de esta traducción aparece en el número 68 de *Thémata Revista de Filosofía*.

(...)

Si bien ciertamente hay medioambientalistas que comparten el enfoque de Lomborg sobre los humanos, hay muchos que no lo hacen, y es lógicamente posible y éticamente plausible rechazar la premisa de que la vida humana es la medida de todas las cosas. Considérese el ejemplo de la biodiversidad. Muchos ecologistas han enfatizado los servicios que nos ofrecen los ecosistemas como justificación para la preservación de la biodiversidad: esa biodi-

1 noreskes@ucsd.edu

Profesora Henry Charles Lea de Historia de la Ciencia y Profesora Afiliada de Ciencias Planetarias y de la Tierra en la Universidad de Harvard.

2 maripe32@ucm.es

3 Nota de la traductora: Este artículo fue publicado originariamente en la revista *Environmental Science & Policy* 7 (2004) 369–383, *Science Direct*, editorial Elsevier.

Agradezco a la autora el permiso concedido para la realización de esta traducción, así como los consejos y correcciones facilitadas a lo largo de este proceso.

En esta traducción se han mantenido las palabras en cursiva introducidas por la autora con el fin de enfatizar o señalar algunos términos concretos.

versidad es necesaria para preservar las condiciones bajo las cuales prospera la vida humana. Pero ¿y si pudiera demostrarse que los humanos pueden vivir perfectamente en un mundo con un número muy reducido de especies, que los servicios ecosistémicos requeridos pueden proporcionarse mediante monocultivos de árboles, campos de golf, jardines delanteros y similares? ¿Aceptaríamos entonces la pérdida de biodiversidad? Según el argumento de Lomborg, la respuesta debería ser afirmativa, por lo que se ilumina una limitación fundamental de su argumento, ya que la vida es más que la suma de los servicios que los ecosistemas nos pueden ofrecer. Una flor peculiar puede ser hermosa incluso si su contribución al oxígeno atmosférico es insignificante; una venus atrapamoscas puede emocionarnos incluso si hace poco para protegernos de los mosquitos portadores de malaria.

De hecho, la misma palabra servicio revela una especie de sesgo consumista, como si la vida fuera una cuestión de comprar recursos al mundo natural.

En última instancia, la brecha entre la perspectiva que defiende Lomborg y la defendida por Carson se reduce a la distinción familiar, pero aún importante, entre cantidad y calidad. Este punto es evidente cuando consideramos que el enfoque de Lomborg no se centra solo en cualquier preocupación humana, sino en dimensiones que pueden *cuantificarse en términos de vidas humanas individuales perdidas* (o salvadas). Tales medidas obviamente no dicen nada sobre la calidad de esas vidas, sin embargo, la calidad de vida es precisamente lo que históricamente le preocupaba al conservacionismo tradicional, y lo que muchos afirmarían que está en juego en los actuales debates sobre política medioambiental.

Rachel Carson *no* era indiferente a los humanos; gran parte de su discusión versó sobre la bioacumulación y sus efectos potenciales en el suministro de alimentos humanos. Tampoco estaba claro que el uso indiscriminado de pesticidas fuera necesario para solucionar el problema del hambre en el mundo, más entonces que ahora, ni que el DDT fuera el mejor medio para erradicar la malaria. Pero mientras Carson *estaba* preocupada por los humanos, también estaba preocupada por la naturaleza no humana. Incluso si el DDT hubiera sido completamente inofensivo para las personas, el punto de Carson se habría mantenido: el DDT estaba causando un grave daño al

mundo natural. El libro anterior de Carson se titulaba *El mar que nos rodea*⁴, y *Primavera Silenciosa* podría haberse titulado *El mundo que nos rodea*. La preocupación de Carson versaba sobre la ética de erradicar especies enteras de aves, fueran o no útiles para nosotros, y de dejar a nuestros hijos un mundo ecológicamente empobrecido. Este es un punto que Lomborg parece pasar por alto, o descartar. Si bien su énfasis está en contabilizar, el argumento de Carson se refería a cosas que no se pueden contabilizar de ese modo, pero que aún cuentan.

6 • Del DDT al calentamiento global: la promesa incumplida de ATOC

Podemos ver por qué la prueba podría no ser necesaria en política si las personas se implican lo suficiente con algo y se percibe que el riesgo de inacción es grande. Pero ¿sin duda deberíamos buscar pruebas si podemos? ¿Ciertamente es mejor tener pruebas que no tenerlas, particularmente cuando la mitigación puede ser costosa? En el actual dominio altamente disputado del cambio climático, donde la mitigación probablemente requerirá cambios en los patrones de vida del mundo industrializado, podríamos pensar que los medioambientalistas agradecerían una demostración definitiva de que el cambio climático en realidad está ocurriendo, pero consideremos la ATOC—Termometría Acústica de Clima Oceánico⁵.

Las dimensiones técnicas del cambio climático global se pueden reducir a dos simples preguntas: ¿Se está calentando la Tierra? Si es así, ¿cómo se compara este cambio con la variabilidad histórica del clima de la Tierra, antes de que los humanos comenzaran a alterar sustancialmente su mundo? Informes recientes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático aceptan que ha habido un aumento en las temperaturas globales de aproximadamente 0,5 °C desde la revolución industrial, pero los datos son confusos y se han dado variaciones de temperatura mayores que han constituido una parte normal de la historia geológica (Houghton et al., 1995, 2001).

⁴ Título original: *The Sea Around Us*.

⁵ Traducido de la terminología inglesa: *Acoustic Thermometry of Ocean Climate* (ATOC).

Obtener promedios globales a partir de registros históricos involucra numerosas inferencias y suposiciones: los registros antiguos son de calidad variable y están agrupados geográficamente, y no existe un termómetro que nos permita medir directamente la temperatura media de la Tierra, que es en sí mismo un concepto altamente abstracto y construido.

Pero ¿y si realmente pudiéramos medir la temperatura de la Tierra? Esta fue la idea de un grupo de científicos a finales de la década de 1970, liderados por los oceanógrafos Walter Munk y Carl Wunsch. Aunque muchos factores generan fluctuaciones en las temperaturas atmosféricas que complican las evaluaciones de las medias y las tendencias globales, los océanos presentan una situación más manejable. La alta capacidad calorífica del agua, combinada con la circulación oceánica global, convierte a los océanos en un sólido sumidero del calor planetario. En comparación con la atmósfera, las fluctuaciones temporales se amortiguan y los patrones a largo plazo deberían evaluarse más fácilmente. Aunque las diferentes cuencas oceánicas se comportan de manera diferente, vistas colectivamente son un indicador importante de los patrones globales.

Por otro lado, el problema de cómo medir la temperatura media debe abordarse en la hidrosfera de la misma manera que en la atmósfera; uno no puede meter un termómetro en el océano para obtener una media global más de lo que se puede en el aire. Pero aquí los océanos presentan una segunda ventaja: la velocidad del sonido en el agua depende directamente de la temperatura del agua. Una transmisión de largo alcance, digamos desde La Jolla a Honolulu, proporciona una evaluación integrada de las condiciones térmicas del agua entre esos dos puntos. De esta forma, la acústica puede proporcionar información sobre la estructura térmica a gran escala de los océanos, sin verse demasiado afectada por las fluctuaciones temporales o las localizaciones geográficas. (En particular, el efecto integrador de la tomografía amortigua la escala de 10–100 km del “clima” oceánico, que domina el espectro de variabilidad de la temperatura). Realicemos mediciones en ubicaciones estratégicas en los océanos del mundo y estaremos cerca de medir la temperatura mundial de los océanos. Hagamos esto repetidamente en el transcurso de varias décadas, y es posible que tengamos una respuesta a la pregunta de si los océanos de la Tierra —y por lo tanto la Tierra— se están

calentando, independientemente de los dudosos y quizás poco fiables registros de temperatura instrumentales y modelos climáticos no verificables.

Los científicos involucrados originalmente lo llamaron “termómetro acústico del océano” (Spiesberger et al., 1983); con el tiempo se conoció como Termometría Acústica del Clima Oceánico (ATOC). Al igual que las bandas magnéticas del fondo marino revelan los movimientos de las placas, se admitió que el termómetro acústico fuera indirecto —mide la velocidad del sonido y, a partir de ahí, calcula la temperatura del agua— de esta forma, las conclusiones del mismo solo pueden ser tan buenas como la ciencia de la acústica subacuática. Pero esa ciencia era muy, muy buena. Más allá de la física nuclear, pocas materias de la ciencia física del siglo XX se habían estudiado con tanto detalle. Desde la Segunda Guerra Mundial y durante la Guerra Fría, EE. UU. (y otros países) han invertido enormes recursos en la comprensión de la transmisión de sonido bajo el agua para su uso en la guerra pro y antisubmarina. Durante la Segunda Guerra Mundial el estudio de la transmisión de sonido bajo el agua había sido una iniciativa importante del Comité de Investigación de la Defensa Nacional (National Defense Research Committee, 1944; Ewing y Worzel, 1945; Eckart, 1968; Research Analysis Group, 1969) para su uso en la ocultación y rastreo de submarinos. Con el desarrollo durante la Guerra Fría del SOSUS (Sistema de vigilancia de sonidos⁶) —el sistema acústico subacuático secreto de EE. UU. que rastreaba las actividades de los submarinos soviéticos— y los misiles balísticos lanzados desde submarinos, estos programas de investigación continuaron prosperando durante las décadas de 1950, 1960 y 1970 (Frosch, 1964; Urick, 1979; Spiess, 1997). A lo largo de casi medio siglo, los físicos oceanográficos se habían familiarizado íntimamente con la física propia de la acústica subacuática. Aunque la salinidad y las corrientes también afectan la temperatura del océano, estaba bien establecido que estos efectos eran secundarios (Munk y Wunsch, 1979). Debido a la alta capacidad calorífica del agua, el océano es una reserva de almacenamiento del calor global significativamente mayor que la atmósfera. Entonces, uno podría decir razonablemente que $\Delta T_{\text{Océano}} = \Delta T_{\text{Tierra}}$.

El vínculo con los proyectos militares no era solo en términos de conocimientos básicos; el programa ATOC también se basaría en hardwa-

⁶ Traducido del inglés: *Sound Surveillance System* (SOSUS).

re militar. La red SOSUS proporcionó el equipo necesario para detectar las transmisiones de sonido —que no eran diferentes de las transmisiones utilizadas para la vigilancia militar— y el trabajo inicial fue financiado a través de la Oficina de Investigación Naval de la Marina de los EE. UU. (Institución Oceanográfica Woods Hole MC6, 1983). Más tarde, los científicos recibieron fondos del Programa de Investigación y Desarrollo Ambiental Estratégico, creado para hacer que los sistemas militares estuviesen disponibles para la investigación científica civil (Potter, 1994). Así, al usar la red SOSUS, los científicos se apoyaron en una tecnología cuyo alcance era global, que estaba bien probada, bien mantenida y teóricamente bien entendida.

Desde el comienzo, los científicos involucrados reconocieron la relevancia de su propuesta para abordar la “gran pregunta” sobre el calentamiento global. Como el oceanógrafo de Woods Hole, John Spiesberger, le escribió al oceanógrafo Henry Stommel en 1989, “nuestra intención [era] establecer observaciones acústicas para detectar efectos hipotéticos invernadero que darían lugar al cambio climático” (Woods Hole Oceanographic Institution MC6, 1989). Las respuestas no se obtendrían rápidamente, sino que requerirían mediciones persistentes durante décadas. “Uno puede imaginar mediciones que se extienden por 100 años o más donde quizás se pueda detectar el calentamiento gradual de los océanos debido al aumento de CO₂. Así como los astrónomos han establecido observatorios donde se han tomado medidas durante cientos de años, los oceanógrafos podrían establecer un observatorio acústico como el que hemos descrito” (Spiesberger et al., 1983).

Al igual que los defensores de la Operación de Longitud Mundial, estos científicos adoptaron una visión a largo plazo, imaginando un programa de investigación en el que los oceanógrafos responderían preguntas fundamentales sobre la Tierra, al igual que los astrónomos a lo largo de los siglos habían respondido preguntas fundamentales sobre los cielos. Para los menos pacientes, Walter Munk señaló que no era necesario esperar siglos; una década de mediciones sería suficiente para detectar el efecto de calentamiento que habían previsto (Munk y Forbes, 1989). En 1991, la Prueba de Viabilidad de la Isla Heard demostró que las transmisiones podían detectarse en rangos globales y obtenerse una señal significativa (Munk et al., 1994, 1995).

El ATOC fue una propuesta inteligente, creativa y perspicaz para aplicar las bases del conocimiento científico a la hora de responder una pregun-

ta medioambiental importante, pero esta prometedora vía de investigación chocó contra un muro de controversia cuando los biólogos sugirieron que estas emisiones acústicas podían dañar a los mamíferos marinos. El ATOC permitía la solicitud de permiso para una “toma” —definida como cualquier lesión o daño— de una variedad de mamíferos marinos, incluidas ballenas, delfines, focas y tortugas marinas, abarcando varias especies amenazadas o en peligro de extinción. Potencialmente, varios cientos de miles de mamíferos marinos podrían haberse visto afectados (Potter, 1994). La palabra “tomar” en este contexto significaba cualquier efecto, por pequeño que fuera, y la solicitud insistía en que cualquier efecto sería transitorio y menor, sin embargo, algunos biólogos cuestionaron los motivos tras esta evaluación tan optimista. Louis Herman, director del Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Cuenca de Kewalo, Honolulu, señaló que la señal del ATOC se encontraba dentro de la banda de frecuencia del canto de la ballena jorobada, lo que podría hacer que el canto fuera menos detectable o incluso irreconocible (Herman, 1994). El permiso del ATOC incluía un plan para monitorear los posibles efectos sobre las ballenas jorobadas, pero reconoció que los efectos a largo plazo serían difíciles de detectar. No obstante, son precisamente estos efectos a largo plazo, como señaló Herman “los más preocupantes” (1994, p. 65).

En 1994, un consorcio formado por diferentes grupos medioambientalistas, incluido el Consejo de Defensa de los Recursos Naturales, el Fondo de Defensa Ambiental y la Sociedad Protectora de Animales de los Estados Unidos⁷, presentó una demanda para detener el proyecto. Los demandantes acusaron a los investigadores de violar la Ley de Política Ambiental Nacional, la Ley de Protección de Mamíferos Marinos y la Ley de Especies en Peligro de Extinción. Los científicos, que se veían a sí mismos abordando una cuestión medioambiental importante, fueron presentados por sus oponentes como villanos ambientales. A medida que se difundió la noticia del proyecto, creció la oposición entre biólogos marinos, conservacionistas y, especialmente, aficionados a las ballenas. Como dijo un conservacionista, “los amantes de las ballenas se volvieron locos” (Rose, 2001). Dirigidos por el biólogo Hal Whitehead de la Universidad de Dalhousie, los opositores al proyecto re-

⁷ Traducido del inglés: *Natural Resources Defense Council, Environmental Defense Fund, and Humane Society of the United States.*

currieron a Internet, apoyándose en una lista de personas interesadas en los mamíferos marinos (marmam@uvvm.uvic.ca), que tenía más de 1,500 suscriptores. (Una búsqueda en este sitio web el 16 de enero de 2001 arrojó 1,937 mensajes bajo el título “ATOC”). El tema se volvió candente cuando esta historia fue recogida por los periódicos de California, y las senadoras estadounidenses Dianne Feinstein y Barbara Boxer le pidieron, al entonces secretario de Comercio, Ronald Brown, que bloqueara la aprobación de los permisos necesarios para llevarse a cabo.

La publicidad negativa fue abundante e intensa. Mientras los medios continuaban con la historia, los comunicados de prensa de la Institución Scripps de Oceanografía negaron que las transmisiones dañaran la vida marina y señalaron que el sonido del proyecto sería solo una adición marginal al ruido que ya llenaba los océanos. En lugar de aplacar a los opositores, estos comunicados de prensa los enardecieron, ya que parecían descartar las preocupaciones de los conservacionistas como irracionales, mientras justificaban más daños sobre la base de los daños pasados. Si bien los físicos oceanográficos involucrados en el proyecto insistieron en que no se hacía ningún daño, algunos biólogos comenzaron a cuestionar si los físicos oceanográficos estaban calificados para hacer ese juicio. Las propuestas de los oceanógrafos para monitorear los efectos durante las transmisiones del ATOC parecían estar equivocadas ya que: si se detectó daño, entonces se habría hecho daño.

Después de 18 meses de intensa controversia, los demandantes y los demandados acordaron un acuerdo extrajudicial, estableciendo un Programa de Investigación de Mamíferos Marinos⁸ (MMRP) para probar que, efectivamente, las transmisiones no afectarían a los mamíferos marinos, supervisado por una junta asesora independiente conformada por expertos en este tipo de mamíferos. En la primavera del año 2000, se publicó un Borrador de la Declaración de Impacto Ambiental⁹ (DEIS) para ser comentada públicamente, y el Consejo Nacional de Investigación (*National Research Council*) emitió un informe revisando el estado del proyecto. El informe del NRC indicó que el MMRP no había encontrado efectos estadísticamente significativos, pero no fue posible determinar si esto se debió a que no hubo efectos o porque no hubo datos suficientes para detectar efectos (National Research Council,

⁸ Traducido del inglés: *Marine Mammal Research Program*.

⁹ Traducido del inglés: *Draft Environmental Impact Statement (DEIS)*.

2000). Mientras tanto, algunos biólogos marinos continuaron oponiéndose al proyecto. En septiembre del año 2000, después de la expiración del período de comentario público del DEIS, el biólogo canadiense Paul K. Anderson escribió una mordaz denuncia que hizo pública a través de Internet. Acusando efectivamente a los partidarios del ATOC de deshonestidad, escribió:

Tanto el DEIS como la solicitud de permiso de toma pequeña afirman que el Proyecto de Investigación de Mamíferos Marinos de Termometría Acústica del Clima Oceánico disipó efectivamente cualquier preocupación sobre el efecto que estos sonidos tienen en los mamíferos marinos. [E]l ATOCMMRP no solo no demostró efectos a largo plazo, sino que... fracasó a la hora de investigar adecuadamente las respuestas a corto plazo. La propuesta de continuación del ATOC se basa en [premisas] falsas (Anderson, 2000)

Si bien los científicos continuaron tratando de abordar los problemas medioambientales a lo largo de la década de 1990, a finales de dicha década el proyecto se detuvo. En 1999, los permisos iniciales no se renovaron y los científicos se vieron obligados a retirar su instrumentación. El proyecto terminó con una nota trágica en agosto del 2000, cuando se estaba recuperando una fuente ATOC de Pioneer Seamount cerca de Half Moon Bay, CA. Si bien no se sabe que haya muerto ninguna ballena durante el curso del proyecto, un hombre sí falleció: un operador de cabrestante llamado Ron Hardy, fue golpeado en la cabeza por una pieza del equipo mientras intentaba retirar un transmisor de 12,000 libras del fondo del mar (Worchester, 2000).

6.1. ¿Por qué los medioambientalistas se opusieron a ATOC?

Los científicos del ATOC se quedaron atónitos ante la oposición de los ecologistas, a quienes consideraban equivocados y mal informados. Los oceanógrafos sintieron que los medioambientalistas habían malinterpretado el proyecto, que los riesgos habían sido groseramente exagerados, y que los medios de comunicación habían tergiversado el lenguaje del permiso de “toma” para que significara “matar” (Potter, 1994; Munk, 2003). La mayoría sintió que los medioambientalistas deberían *dar la bienvenida* al proyecto,

porque estaba motivado por una preocupación medioambiental. ¿Por qué los ecologistas no lo vieron así?

Una razón es clara: la mayoría de los medioambientalistas ya aceptaban que el calentamiento global era real. No necesitaban más información para estar convencidos, y por lo tanto no estaban interesados en aceptar riesgos para obtener esa información (Potter, 1994). Además, mientras que los científicos estaban orgullosos del aspecto de los proyectos de “espadas en arados”, para muchos ecologistas la asociación militar era motivo de sospecha. En palabras del oceanógrafo Stanley Flatte, “la gente pensó que era una especie de proyecto secreto de la Marina” (Flatte, 2000). Incluso si el proyecto fuera lo que decía ser, el ejército de los EE. UU. no es reconocido por su historial de sensibilidad ambiental, y en el pasado ha estado exento de muchas regulaciones ambientales y ha sido indemnizado por litigios. Para los activistas ambientales, la Marina de los EE. UU. como administradora del medioambiente simplemente no era plausible.

Un argumento en defensa del proyecto fue que la Marina de los EE.UU. había estado usando este tipo de transmisiones acústicas durante décadas, pero esto hizo poco para satisfacer a los medioambientalistas, para quienes tal argumento simplemente demostraba el punto: que la Marina estaba acostumbrada a operar sin control medioambiental. Naomi Rose, bióloga de la Humane Society, lo expresó de esta manera. “Los oceanógrafos preguntaron: ‘¿Por qué pensarían siquiera que dañaríamos el medio ambiente?’ y los ecologistas respondieron: ‘¿Por qué pensaríamos que no lo harían?’” (Rose, 2001). Desde la perspectiva de los ecologistas, los científicos estaban alineados con un Goliat que había pisoteado el medioambiente en el pasado y probablemente lo haría de nuevo en el futuro.

¿Y si el ATOC “probara” que no había señal climática? ¿entonces qué? Dicho de otra manera, ¿por qué alguien debería aceptar una línea de evidencia en particular como una carta de triunfo científica? Después de todo, ¿existe realmente algo así como evidencia científica directa, o es simplemente que las ambigüedades inherentes a algunas formas de evidencia son más evidentes que en otras? ¿Que algunas formas de producción de datos son más transparentes que otras?

Consideremos nuevamente a la Operación de Longitud Mundial. Esta última fue promovida como la medida directa del movimiento continental

y, por lo tanto, menos ambigua que los diversos argumentos indirectos, en gran parte históricos, que habían utilizado los partidarios de la deriva. Si el proyecto hubiera continuado sin interrupciones por la guerra mundial (aunque no logró detectar el movimiento continental) ¿qué habrían concluido los científicos? ¿qué la deriva no había ocurrido? Entonces, ¿habrían considerado refutada la otra evidencia de la deriva? ¿O podrían haber cuestionado el experimento, preguntándose si habría un error en alguna parte? Ambas opciones habrían sido posibles, porque la Operación Longitud, como todos los experimentos científicos, se basaba en ciertas premisas, ciertas suposiciones de fondo. En este caso, dichos supuestos incluían, entre otros asuntos, premisas sobre cómo las ondas de radio viajan a través de la atmósfera: para que el experimento hubiera funcionado, esas rutas de viaje no deberían haber sido afectadas por la fluctuación ionosférica. Hoy sostenemos que las rutas de viaje de las ondas de radio se ven afectadas por las fluctuaciones ionosféricas. Además, la Operación se basó en suposiciones sobre la tasa de deriva (decenas de metros por año) que resultó ser demasiado alta. En retrospectiva, la Operación Longitud estaba condenada al fracaso, con o sin la Segunda Guerra Mundial.

El ATOC se promocionó de manera similar como una medida directa de la temperatura cambiante del océano, más confiable que los registros climáticos históricos. Pero, como en la Operación de Longitud Mundial, la propuesta involucró varias suposiciones: sobre las rutas de viaje del sonido, sobre la precisión del procesamiento de la señal y sobre la confiabilidad y consistencia de la instrumentación. No importa cuán buena sea la ciencia, siempre hay incertidumbres.

Las premisas experimentales pueden ser defectuosas, limitadas o incompletas. Es posible que los instrumentos no sean lo suficientemente sensibles para detectar señales débiles. Los entendimientos teóricos pueden resultar erróneos. Un artículo independiente que evaluó la viabilidad del enfoque ATOC concluyó que, cuando se consideraron todas las incertidumbres, había una “posibilidad realista de detectar el calentamiento esperado inducido por el efecto invernadero en el océano a nivel mundial” (Mikolajewicz et al., 1993). Uno podría igualmente concluir de tal lenguaje que la posibilidad de no detectar la señal esperada también era “realista”. Los científicos involucrados en el ATOC enfatizaron lo bien que se entendía

la física básica, pero un proyecto como este nunca es simplemente una cuestión de física básica. Los ecologistas nunca lo dijeron explícitamente, pero razonablemente podrían haber visto al ATOC como un caballo de Troya, un problema disfrazado de regalo.

Finalmente, el ATOC encalló, simplemente porque las personas hacen todo lo posible para proteger las cosas que aman. Como dijo Paul Anderson: “Es una desgracia para los grafistas físicos oceanográficos que el mar contenga organismos culturalmente valorados y ecosistemas y poblaciones de importancia ecológica y económica” (Anderson, 2000). Desde la perspectiva de los oceanógrafos, las objeciones al ATOC pueden haber parecido irracionales, sin embargo, considere a una madre osa que ataca a un excursionista solitario. El excursionista no tiene un arma ni la intención de lastimar a sus cachorros, pero ella no lo sabe. Desde su perspectiva, ella no tiene otra opción. Lo que puede presentarse como un problema científico, una cuestión de hechos técnicos, se revela como una pregunta sobre qué riesgos particulares estamos dispuestos a correr.

7 • ¿Qué sucede cuando los científicos no están de acuerdo?

La mayoría de nosotros nos damos cuenta de que la prueba, al menos en un sentido absoluto, es un ideal teórico, disponible en las clases de geometría, pero no en la vida real. Sin embargo, muchos de nosotros todavía nos aferramos a la idea de que algún conjunto de hechos —algún cuerpo de conocimiento— resolverá nuestros problemas y aclarará cómo debemos proceder. La historia sugiere lo contrario: la sabiduría científica anterior ha sido anulada, las generaciones anteriores de expertos han cometido errores. Esto es tan cierto en física y química como en biología y geología. Los criterios que se suelen invocar en defensa de la fiabilidad del conocimiento científico —cuantificación, replicabilidad, falsabilidad— no han demostrado ser una garantía.

Además, los expertos no siempre están de acuerdo. Incluso cuando no existe una dimensión política, social o religiosa transparente en un debate, las personas honestas e inteligentes pueden llegar a conclusiones diferentes frente a la “misma” evidencia, porque han centrado sus ojos en diferentes

dimensiones de la misma, enfatizando diferentes elementos de un paisaje evidente. Incluso cuando una comunidad científica llega a un consenso sobre un tema previamente discutido — como lo hicieron los científicos de la tierra en la década de 1960 sobre el movimiento de los continentes— siempre hay dimensiones que permanecen sin explicación. En el futuro, la tectónica de placas sin duda será modificada, tal vez anulada por completo. De hecho, hay un puñado de científicos hoy en día que abogan por la expansión de la Tierra para explicar la separación continental y, por supuesto, están ansiosos por detallar las limitaciones de la teoría de la tectónica de placas (e.g. Shieds, 2003). Sin embargo, por ahora la tectónica de placas sigue siendo el consenso de la mayoría de los científicos de la tierra: nuestra mejor base para comprender nuestro planeta.

Contrariamente a la teoría ampliamente aceptada de Thomas Kuhn, las anomalías siempre rondan, incluso en la “ciencia normal”. El consenso científico es un proceso complejo —que involucra una matriz de consideraciones sociales, políticas, económicas e históricas junto con las epistémicas— y la historia muestra que su logro generalmente requiere mucho tiempo: años, décadas e incluso siglos. Pero incluso cuando se logra un consenso estable, no se elimina la incertidumbre científica. Más bien, una vez que hemos considerado los problemas restantes como “menores” —es decir, insuficientemente grandes como para justificar una preocupación mayor— simplemente vivimos con ellos (Engelhardt y Caplan, 1987). Además, los motivos por los que las comunidades científicas han llegado a la conclusión de que la evidencia es “suficientemente buena” para justificar vivir con las incertidumbres, han variado enormemente a lo largo de la historia. Un individuo determinado puede optar por perseguir estas manchas inciertas, y esa determinación puede desestabilizar con éxito el consenso anterior. En un debate “puramente” científico, esa determinación surgiría, idealmente, únicamente de las demandas de la evidencia empírica, pero ningún debate es “puramente” científico, dado que, como mínimo, la credibilidad, la reputación y, tal vez, la futura financiación están en juego.

Cuando hay una dimensión política en un debate científico, podemos esperar que tal determinación sea común, ya que los científicos se ocupan de cuestiones cuya importancia se mide en un contexto de la relevancia política, mientras los medios centran su atención en los “inconformistas” y

en tanto el dinero fluye en la investigación científica procedente de partes interesadas en los resultados. Louis Pasteur notó este fenómeno hace mucho tiempo, escribiendo en el siglo XIX sobre los apasionados debates del siglo XVIII sobre la realidad de la generación espontánea: “Entonces, como ahora, surgieron controversias muy animadas entre científicos, controversias más vivas y apasionadas en tanto tienen su contrapartida en la opinión pública, dividida siempre, como saben, entre ... grandes corrientes intelectuales” (Geison, 1995). Por el contrario, cuando hay una dimensión científica en un debate político, podemos esperar que la ciencia se utilice como base para afirmaciones políticas o morales en competencia (Nelkin, 1995; Herrick y Sarewitz, 2000; Jamieson, 1996; Sarewitz, 2004).

¿Cómo podemos evaluar afirmaciones científicas cuando los propios científicos no están de acuerdo? No hay una respuesta buena a esta pregunta, pero ciertas perspectivas pueden ayudarnos a juzgar la información que estamos recibiendo. Primero podemos preguntarnos: ¿Quiénes son los expertos relevantes? O mejor, ¿para qué es relevante su experiencia? En el caso del DDT, los científicos de los alimentos estaban cualificados para hablar sobre los beneficios agrícolas del DDT, y los biólogos de la vida silvestre estaban en mejores condiciones para hablar sobre los daños. En este sentido, ambos lados tenían razón en lo que afirmaban, pero estaban equivocados en lo que negaban y, en última instancia, la pregunta no era tanto quién tenía “razón”, sino qué conjunto de preocupaciones —un mayor suministro de alimentos para los humanos o una mayor protección de la vida silvestre— sería considerado más apremiante.

Sobre el caso ATOC se puede hacer un comentario similar. Los físicos oceanográficos son expertos en la composición, el comportamiento y las propiedades del océano, así como de las masas de agua, pero no del agua como morada para la vida. Podían discutir los resultados potenciales del experimento ATOC, pero los biólogos expertos en cetáceos estaban mejor calificados para considerar los efectos potenciales en las ballenas. Si la pregunta en juego era: ¿el experimento ATOC proporcionará información útil sobre el clima global?, los oceanógrafos eran los expertos relevantes para responder esa pregunta. Si la pregunta era: ¿cuál será el efecto del experimento ATOC en las ballenas?, entonces los biólogos eran los expertos relevantes.

Los biólogos no mapean la distribución del riesgo de terremotos, los endocrinólogos no pronostican el clima y a los químicos no se les permite realizar cirugías cardíacas. Hay buenos motivos para que esto sea así. Los marcadores tradicionales de pericia —capacitación, experiencia, nombramientos académicos y honores— no son garantía de la honestidad, integridad o sabiduría de un experto, pero, *ceteris paribus*, tiene sentido confiar en aquellas personas cuya competencia es más cercana a la problemática en cuestión. ¿Por qué apoyamos colegios, universidades e institutos de investigación si no es para desarrollar y mantener la experiencia que creemos que es valiosa?

Por supuesto, la pericia o experiencia puede verse comprometida e incluso comprada por completo, por lo que también debemos preguntarnos: ¿cuáles son los intereses no epistémicos de los expertos? ¿cómo podrían estar afectando a los resultados científicos? Todas las partes de los debates tienen intereses que condicionan sus respuestas a la evidencia y sus argumentos, por lo que es legítimo investigar esos intereses (Etzkowitz, 1996). El reciente crecimiento del patrocinio corporativo de la investigación científica en los campus universitarios ha planteado la pregunta de cómo los intereses financieros están dando forma actualmente no solo al tema de la investigación científica, sino también a los resultados.

Un área patente y bien estudiada es la investigación sobre el tabaco, que, a través de su obvedad, destaca un punto que puede ser menos obvio, pero aún relevante en otros lugares. Una investigación realizada por científicos de la Universidad de California, San Francisco, ha mostrado las formas en que la industria tabacalera ha tratado de generar incertidumbre sobre el tema del humo ambiental, o humo de segunda mano, mediante el patrocinio directo de estudios científicos cuyo propósito es desestabilizar el consenso existente. Es mucho más probable que estos estudios no encuentren evidencia de efectos nocivos que los estudios no financiados por la industria tabacalera (Hong y Bero, 2002; Shamasunder y Bero, 2002; Montini et al., 2002; Bero, 2003; Bryan-Jones y Bero, 2003). En una revisión general de los efectos propios de la investigación patrocinada por la industria, Boyd y Bero (2000) concluyen que la investigación documenta claramente “una asociación entre el patrocinio de investigación clínica de una sola fuente y la publicación de resultados que favorecen el producto del patrocinador” (ver

también Stelfox et al., 1998; Angell, 2000). El punto crítico no es el hecho de que la investigación haya sido financiada por la industria, porque toda la ciencia está financiada por alguna institución, grupo o individuo, y no está claro que el patrocinio industrial sea intrínsecamente más problemático que el apoyo de un príncipe, una fundación, un servicio armado, o una agencia gubernamental. Más bien, el problema es que la investigación está respaldada por un patrocinador que quiere un resultado *particular* —un resultado *epistémico* particular— y los investigadores saben de antemano cuál es ese resultado, lo que produce un conflicto de intereses explícito que socava la integridad de la investigación realizada.

Esta cuestión nos lleva al que puede ser el punto más importante de este documento: la prueba científica rara vez es lo que está en juego en un asunto ambiental o de salud controvertido. El enfoque de Bjørn Lomborg se centra en los humanos —en las medidas cuantitativas de las condiciones de vida de la mayoría de las personas del planeta— y dada esta perspectiva, muchas de sus afirmaciones seguramente son correctas. Actualmente las personas viven más, comen más calorías y tienen techos más gruesos sobre sus cabezas que en el pasado. Pero muchas de las afirmaciones ambientales no hacen tanto referencia a la cantidad de vida como a su calidad. Se trata de elecciones estéticas y morales. Se trata de equidad y ética. Sin duda, los humanos hemos mejorado nuestras vidas al controlar, disminuir e incluso erradicar ciertas formas de vida no humana, y pocas personas defenderían los derechos virales o bacterianos. Pero cada vez más nuestras acciones están impactando en la Tierra de maneras que afectarán a las generaciones futuras, quienes no habrán tenido voz en esas acciones y elecciones y quizás no puedan deshacerlas. En el pasado, las acciones humanas tendían a ser locales y reversibles, pero cada vez más nuestras acciones parecen ser globales e irreversibles. Como astutamente señaló Roger Revelle hace casi 50 años, hablando de la contribución humana de CO₂ a la atmósfera, estamos realizando un “gran experimento geofísico” en nuestro planeta sin el consentimiento ni el conocimiento de las generaciones futuras, y este no se puede revertir. (Revelle y Suess, 1957).

Constantemente, los científicos en sus especialidades debaten cuestiones epistémicas y metodológicas sin resolver, pero rara vez reciben el escrutinio público. La falta de consenso se convierte en un problema comunita-

rio cuando hay un interés público, lo que supone una apuesta moral, política o económica. En tales casos, las Ciencias Naturales pueden desempeñar un papel al proporcionar opiniones informadas sobre las posibles consecuencias de nuestras acciones (o inacciones) al monitorear los efectos de nuestras elecciones (Herrick y Sarewitz, 2000). Las Ciencias Sociales pueden hacer lo mismo. Pero no hay necesidad de esperar pruebas, no hay necesidad de exigir las y no existe una base para esperarlas.

Referencias

- Allard, D.C., 1978. Spencer Fullerton Baird and the U.S. Fish Commission. Arno Press, New York.
- Anderson, 2000. E-mail communication to MARMAM@uvvm.uvic.ca.
- Angell, M., 2000. Is academic medicine for sale? (Editorial). *N. Engl. J. Med.* 342 (20), 1516–1518.
- Bero, L.A., 2003. Implications of the tobacco industry documents for public health and policy. *Annu. Rev. Public Health* 24, 267–288.
- Boyd, E.A., Bero, L.A., 2000. Assessing financial relationships with industry. *J. Am. Med. Assoc.* 284, 2209–2214.
- Bryan-Jones, K., Bero, L.A., 2003. Tobacco industry efforts to defeat the occupational safety and health administration indoor air quality rule. *Am. J. Public Health* 93 (4), 585–592.
- Canham, C.D., Cole, J.J., Lauenroth, W.K., 2003. *Models in Ecosystem Science*. Princeton University Press, Princeton.
- Carson, R., 2002. *Silent Spring*, 40th Anniversary ed. Houghton Mifflin, Boston.
- Christodoulidis, D.C., Smith, D.E., Dunn, P.J., Klosko, S.M., Kolenkiewicz, R., Torrence, M.H., 1985. Observing tectonic plate motions and deformations from satellite laser ranging. *J. Geophys. Res.* 90 (B11), 9249–9264.
- Clark, T.A., Corey, B., Davis, J., Elgered, G., Herring, T., Hinteregger, H., Knight, C., Levine, J., Lundqvist, G., Ma, C., Nesman, E., Phillips, R., Rogers, A., Ronnang, B., Ryan, J., Schupler, B., Shaffer, D., Shapiro, I., Vandenberg, N., Webber, J., 1985. Precision geodesy using the Mark-

- III very-long-baseline interferometer system. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* GE23, 438–449.
- Cox, A., 1973. *Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals*. W.H. Freeman, San Francisco.
- Dick, S.J., 2003. *Sky and Ocean Joined the U.S. Naval Observatory, 1830–2000*. Cambridge University Press, New York.
- Dunlap, T.R., 1981. *DDT: Scientists, Citizens, and Public Policy*. Princeton University Press, Princeton.
- Dupree, H.A., 1957. *Science in the Federal Government: A History of Policies to 1940*. Harvard University Press, Cambridge.
- Eckart, C., 1968. *Principles and Applications of Underwater Sound*. Originally issued as Summary Technical Report of Division 6, vol. 7. National Defense Research Committee. Washington, DC. Reprinted by Department of the Navy.
- Engelhardt Jr., H.T., Caplan, A.L., 1987. *Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Debates in Science and Technology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Environmental Protection Agency, 2003. *History: DDT Ban Takes Effect*. U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/history/topics/ddt/01.htm>.
- Etzkowitz, H., 1996. Conflicts of interest and commitment in academic science in the United States. *Minerva* 34, 259–277.
- Ewing, M., Worzel, J.L., 1945. *Long Range Sound Transmission, Interim Report No. 1*. Contract Nobs-2083, 25 August, declassified 12 March 1946.
- Flatte, S., 2000. Personal communication.
- Frankel, H., 1979. Why continental drift theory was accepted by the geological community with the confirmation of Harry Hess' concept of sea-floor spreading. In: Schneer, C.J. (Ed.), *Two Hundred Years of Geology in America*. The University of New England Press, Hanover, NH, pp. 337–353.
- Frankel, H., 1982. The development, reception, and acceptance of the Vine–Matthews–Morley hypothesis. *Historical Stud. Phys. Biol. Sci.* 13, 1–39.

- Frankel, H., 1987. The continental drift debate. In: Engelhardt Jr., H.T., Caplan, A.L. (Eds.), *Resolution of Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 203–248.
- Frosch, R.A., 1964. Underwater sound: deep-ocean propagation. *Science* 146, 889–904.
- Galison, P.L., 1997. *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. University of Chicago Press, Chicago.
- Geison, G.L., 1995. *The Private Science of Louis Pasteur*. Princeton University Press, Princeton.
- Graham Jr., F., 1970. *Since Silent Spring*. Houghton Mifflin Co., Boston.
- Greene, M.T., 2004. *Alfred Wegener and the Origins of Modern Earth Science*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore (in press).
- Hallam, A., 1973. *A Revolution in Earth Sciences*. Oxford University Press, Oxford.
- Herman, L.M., 1994. Hawaiian Humpback Whales and ATOC: a conflict of interests. *J. Environ. Dev.* 3 (2), 63–76.
- Herrick, C., Jamieson, D., 2001. Junk science and environmental policy: obscuring public debate with misleading discourse. *Philos. Public Policy Q.* 21, 11–16.
- Herrick, C., Sarewitz, D., 2000. Ex post evaluation: a more effective role for scientific assessments in environmental policy. *Sci. Technol. Hum. Values* 25 (3), 309–331.
- Herring, T., Shapiro, I., Clark, T., Ma, C., Ryan, J., Schupler, B., Knight, C., Lundqvist, G., Shaffer, D., Vandenberg, N., Corey, B., Hinteregger, H., Rogers, A., Webber, J., Whitney, A., Elgered, G., Ronnang, B., Davis, J., 1986. Geodesy by radio interferometry: evidence for contemporary plate motion. *J. Geophys. Res.* 91, 8341–8346.
- Hobbes, T., 1969. *Leviathan, 1651*, Facsimile reprint of first ed., London. Printed for Andrew Croke, 1651. Menston, Scolar P.
- Hong, M., Bero, L.A., 2002. How the tobacco industry responded to an influential study of the health effects of secondhand smoke. *Br. J. Med.* 325 (7377), 1413–1416.
- Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callender, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., Maskell, K., 1995. *Climate Change, The Science of Climate Change*

- Contribution of Working Group I to the Second Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Xiaosu, D., 2001. Climate Change, The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge.
- Jackson, J.B.C., Johnson, K.G., 2001. Measuring past biodiversity. *Science* 293, 2401–2404.
- Jamieson, D., 1996. Uncertainty and risk assessment: scientific uncertainty and the political process. *Ann. Am. Acad. Pol. Social Sci.* 545, 35–43.
- Kerr, R., 1985. Continental drift nearing certain detection. *Science* 229, 953–955.
- Kevles, D.J., 1978. *The Physicists*. Random House, New York.
- Kuhn, T.S., 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Latour, B., 1987. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Harvard University Press, Cambridge.
- Laudan, R., 1980. The Method of Multiple Working Hypotheses and the Discovery of Plate Tectonic Theory. In: Nickles, T. (Ed.), *Scientific Discovery: Case Studies*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, pp. 331–343.
- Le Grand, H.E., 1988. *Drifting Continents and Shifting Theories*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Le Pichon, X., Francheteau, J., Bonnin, J., 1973. *Plate Tectonics*. Elsevier Scientific, Amsterdam.
- Lear, L.J., 1992. Bombshell in Beltsville: The USDA and the challenge of ‘Silent Spring’. *Agric. History* 66 (2), 151–170.
- Levitus, S., Antonov, J.I., Boyer, T.P., Stephens, C., 2000. Warming of the World’s ocean. *Science* 287, 2225–2229.
- Lomborg, B., 2001. *The Skeptical Environmentalist*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Maienschein, J., 1991a. *Transforming Traditions in American Biology, 1880–1915*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Maienschein, J., 1991b. Epistemic Styles in German and American Embryology. *Sci. Context* 4 (2), 407–427.
- Marvin, B., 1973. *Continental Drift: The Evolution of a Concept*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- McEvoy, A.F., 1986. *The Fisherman's Problem: Ecology and the Law in the California Fisheries, 1850–1980*. Cambridge University Press, New York.
- MacKenzie, D., 1990. *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*. MIT Press, Cambridge.
- Mikolajewicz, U., Maier-Reimer, E., Barnett, T.P., 1993. Acoustic detection of greenhouse-induced climate changes in the presence of slow fluctuations of the thermohaline circulation. *J. Phys. Oceanogr.* 23, 1099–1109.
- Miller, C.A., Edwards, P.N., 2001. *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*. MIT Press, Cambridge.
- Montini, T., Mangurian, C., Bero, L.A., 2002. Assessing the evidence submitted in the development of a workplace smoking regulation: the case of Maryland. *Public Health Rep.* 117 (3), 291–298.
- Munk, W.H., Wunsch, C., 1979. Ocean acoustic tomography: a scheme for large scale monitoring. *Deep Sea Res.* 26A, 439–464.
- Munk, W.H., Forbes, A.M.G., 1989. Global ocean warming: an acoustic measure? *J. Phys. Oceanogr.* 19, 1765–1777.
- Munk, W.H., Spindel, R.C., Baggeroer, A., Birdsall, T.G., 1994. The heard island feasibility test. *J. Acoustical Soc. Am.* 96 (4), 2330–2342.
- Munk, W.H., Worcester, P., Wunsch, C., 1995. *Ocean Acoustic Tomography*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Munk, W.H., 2003. Personal communication.
- Munk, W.H., Oreskes, N., Muller, R., 2004. “Gordon J.F. MacDonald” *National Academy of Sciences Biographical Memoirs* 84, 3–26.
- National Defense Research Committee, 1944. *Prediction of Sound Ranges from Bathythermograph Observations: Rules for Preparing Sonar Messages*. Bureau of Ships. Navy Department, National Defense Research Committee, Washington, DC.
- National Research Council, 2000. *Marine Mammals and Low-Frequency Sound*. National Academy of Sciences, Washington, DC.

- Nelkin, D., 1995. Science controversies: the dynamics of public disputes in the United States. In: Jasanoff, S., Markle, G.E., Petersen, J.C., Pinch, T. (Eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*. Sage Publications, Thousand Oaks, pp. 444–456.
- Oreskes, N., 1999. *The Rejection of Continental Drift: Theory and Method in American Earth Science*. Oxford University Press, New York.
- Oreskes, N., Belitz, K., 2001. Philosophical Issues in Model Assessment. In: Anderson, M.G., Bates, P.D. (Eds.), *Model Validation: Perspectives in Hydrological Science*. John Wiley and Sons Ltd., London, pp. 23–41.
- Oreskes, N., Le Grand, H., 2003. *Plate Tectonics: An Insider's History of the Modern Theory of the Earth*, 2nd ed. Westview Press, Boulder.
- Oreskes, N., 2004. Consensus in Science: How Do We Know We're Not Wrong? AAAS George Sarton Memorial Lecture. Seattle, Washington, February.
- Pickering, A., 1984. *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Pielke Jr., R.A., 2001. Room for doubt. *Nature* 410, 151.
- Pielke Jr., R.A., 2002. Better sorry: does the precautionary principle provide a useful guide to action? A Book Review of Harremo, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B., Guedes Vaz, S. (Eds.), *The Precautionary Principle: Late Lessons from Early Warnings*, Earthscan. *Nature* 419 (6906), 434–435.
- Potter, J.R., 1994. ATOC: sound policy or enviro-vandalism? Aspects of a modern media-fueled policy issues. *J. Environ. Dev.* 3 (2), 47–62.
- President's Science Advisory Committee, 1963. *Use of Pesticides*. The White House, Washington, DC.
- Price, D.K., 1962. *Government and Science*. Oxford University Press, New York.
- Price, D.K., 1965. *The Scientific Estate*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Research Analysis Group, 1969. *Physics of Sound in the Sea*. Originally issued as Summary technical report of Division 6, NDRC, vol. 8. Washington, DC, 1946. Department of the Navy, Headquarters Naval Material Command, Washington.

- Revelle, R., Suess, H.E., 1957. Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO₂ during the past decades. *Tellus* 9 (1), 18–27.
- Richter, C.F., 1958. *Elementary Seismology*. W.H. Freeman, San Francisco.
- Rose, N., 2001. Personal communication.
- Rudwick, M.J.S., 1985. *The Great Devonian Controversy: The Shaping of Knowledge Among Gentlemanly Specialists*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Russell, E.P., 1999. The strange career of DDT: experts, federal capacity, and environmentalism after World War II. *Technol. Culture* 40 (4), 770–796.
- Sarewitz, D., 2004. How science makes environmental controversies worse. *Environ. Sci. Policy* 7, 385–403.
- Scalera, G., Karl-Heinz, J., 2003. *Why Expanding Earth: A Book in Honour of Ott Christoph Hilgenberg*. INGV Publisher, Rome.
- Shamasunder, B., Bero, L.A., 2002. Financial ties and conflicts of interest between pharmaceutical and tobacco companies. *J. Am. Med. Assoc.* 288 (6), 738–744, and discussion and reply in *idem*. 288 (23), 2973..
- Shapin, S., 1994. *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth Century England*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Shieds, O., 2003. Is Plate Tectonics Withstanding the Test of Time? In: Scalera, G., Karl-Heinz, J. (Eds.). *Why Expanding Earth? A Volume in Honour of Ott Christoph Hilgenberg*. INGV Publisher, Rome, pp. 117–128.
- Smith, B.L.R., 1990. *American Science Policy Since World War II*. The Brookings Institution, Washington, DC.
- Smith, T., 1994. *Scaling Fisheries: The Science of Measuring the Effects of Fishing, 1855–1955*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Snow, C.P., 1960. *Science in Government*. Harvard University Press, Cambridge.
- Spiesberger, J.L., Birdsall, T.G., Metzger, K., 1983. *Acoustic Thermometer Proposal*. Submitted to the Office of Naval Research, 3 May. Woods Hole Oceanographic Institution, MC6 Papers of Henry Stommel, Box 3, Folder: Correspondence.

- Spieß, F.N., 1997. Seeking Signals in the Sea. SIO Reference No. 97-5. San Diego, California 92093, University of California, San Diego, Marine Physical Laboratory of the Scripps Institution of Oceanography.
- Stelfox, H.T., Chua, G., O'Rourke, K., Detsky, A.S., 1998. Conflict of interest in the debate over calcium-channel antagonists. *N. Engl. J. Med.* 338 (2), 101–106.
- Urick, R.J., 1979. Sound Propagation in the Sea. Defense Advanced Research Projects Agency. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Wang, Z., 1997. Responding to Silent Spring: scientists popular science communication, and environmental policy in the Kennedy years. *Sci. Commun.* 19 (2), 141–163.
- Wegener, A.L., 1912. Die Entstehung der Kontinente. *Geologische Rundschau* 3, 276–292.
- Wegener, A.L., 1915. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Friedr. Viewig, Braunschweig.
- Wegener, A.L., 1924. *The Origin of Continents and Oceans*, third ed. Translated by Skerl, J.G.A. Methuen, London.
- Wegener, A.L., 1929. *The Origin of Continents and Oceans*, fourth edition. Translated by Biram, J. Dover Publications, reprinted New York, 1966.
- Woods Hole Oceanographic Institution MC6, 1983. Papers of Henry Stommel, Box 3, Folder: Correspondence 1983, In: Spiesberger, J.L., Birdsall, T.G., Metzger, K., “Acoustic Thermometer Proposal”. Submitted to the Office of Naval Research, 3 May, Archives of the Woods Hole Oceanographic Institution.
- Woods Hole Oceanographic Institution MC6, 1989. Box 3, Folder: Correspondence 1983, handwritten note from Spiesberger, J.L. to Stommel, H. on cover letter to Spiesberger et al., 3 May, Archives of the Woods Hole Oceanographic Institution.
- Worchester, P., 2000. E-mail Communication to “all-at-SIO”.
- Wynne, B., 1992. Uncertainty and environmental learning: reconceiving science and policy in the preventive paradigm. *Global Environ. Change* 2, 111–127.