

Hacia una  
**antropología  
atmosférica** y del  
**cambio climático**

**Teogonía, modelación,  
controversias y  
economía atmosféricas**

**Antonio Arellano  
Michel Callon  
Hervé Douville  
Bruno Latour**



Hacia una  
**antropología**  
**atmosférica** y del  
**cambio climático**

Teogonía, modelación,  
controversias y  
economía atmosféricas



Hacia una  
**antropología**  
**atmosférica** y del  
**cambio climático**

**Teogonía, modelación,  
controversias y  
economía atmosféricas**

**Antonio Arellano  
Michel Callon  
Hervé Douville  
Bruno Latour**



MÉXICO

**MAPorrúa**  
librero-editor • México

2017

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,  
se privilegia con el aval de la institución coeditora.

304.25  
H117

Hacia una antropología atmosférica y del cambio climático : teogonía, modelación,  
controversia y economía atmosférica / por Antonio Arellano, Michel Callon, Hervé Douville y  
Bruno Latour -- 1ª ed. -- México : Universidad Autónoma del Estado de México : Miguel  
Ángel Porrúa, 2017

123 p. : il. ; 17 × 23 cm

ISBN 978-607-524-131-9

1. Antropología -- Aspectos ambientales. 2. Meteorología. 3. Cambios climáticos.

Primera edición, mayo del año 2017

© 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

© 2017

Por características tipográficas y de diseño editorial  
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Derechos reservados conforme a la ley  
ISBN 978-607-524-131-9

En cumplimiento a la normatividad sobre el acceso abierto de la investigación científica, esta obra se pone a disposición del público en su versión electrónica en el repositorio de la UAEMex (<http://ri.uaemex.mx>) para su uso en línea con fines académicos y no de lucro, por lo que se prohíbe la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de esta presentación impresa sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de GEMAPorrúa, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

LIBRO IMPRESO SOBRE PAPEL DE FABRICACIÓN ECOLÓGICA CON BULK A 80 GRAMOS

[www.maporrúa.com.mx](http://www.maporrúa.com.mx)

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón 01000, CDMX

## Prólogo

¿Qué relaciones existen entre las imágenes de una deidad atmosférica olmeca-mexica denominada Tláloc, con una antigüedad de tres mil años; la obra *Meteorológicas*, escrita por Aristóteles (1474) en el año 350 antes de nuestra era; el libro *Los meteoros*, publicado por Descartes en 1637;<sup>1</sup> los *escenarios climáticos* elaborados a principios del siglo XXI con las más potentes y veloces computadoras del mundo; las actuales polémicas sobre el calentamiento climático entre los científicos y sus detractores; y los experimentos contemporáneos para establecer mercados de carbono? Al menos dos: la primera es que se trata de algunos aspectos de los fenómenos atmosféricos; la segunda es que son acusaciones expresadas en conceptos, algoritmos, acciones políticas y económicas, constituyentes de la impronta cognitiva de la experiencia atmosférica del hombre.<sup>2</sup>

Este libro se orienta a partir de una noción según la cual la antropología consiste en la teoría del conocimiento del hombre y la antropología de la atmósfera se refiere al estudio de los saberes inscritos acerca de los fenómenos que ocurren en la aerosfera.

En el primer capítulo, Antonio Arellano elabora una propedéutica analítica para una antropología atmosférica, que permitirá encuadrar los estudios sobre la elaboración e instrumentación del conocimiento atmosférico, y evitar una lectura aislada de los grafos y pinturas, modelos computacionales, movimientos políticos y mercados con respecto a la matriz antropológica en la que todos ellos se sitúan.

En el segundo capítulo, el mismo autor presenta los resultados de su análisis sobre las representaciones de la entidad conocida como Tláloc, inscritas en

<sup>1</sup>Al respecto, y en la línea programática de una antropología de la atmósfera, el lector puede recurrir al capítulo “Meteorología y epistemología: de meteorológicas aristotélica a los meteoros cartesianos”, en Antonio Arellano, *Cambio climático y sociedad*, México, Miguel Ángel Porrúa-UAEM, 2014a.

<sup>2</sup>Término sin connotación peyorativa de género, empleado en su acepción de género humano.

una escultura, en un folio de un libro prehispánico y en una lámina de un libro poshispánico. Las interpretaciones de las dos primeras representaciones muestran el contenido mezclado de esta deidad entre entidades naturalísticas y humanas. El autor considera que Tláloc sería una deidad atmosférica que daba cuenta de los conocimientos sobre los fenómenos climáticos y meteorológicos, y, simultáneamente, sobre la cultura mexicana misma. Además, presenta la interpretación textual, e iconográfica y textual sahumiana de Tláloc y la consecuente depotenciación teogónica, cosmogónica y empírica de las nociones atmosféricas. Finalmente, hace un análisis de la deidad como una contribución a la antropología de la atmósfera y a una interpretación de Tláloc como el conocimiento mexicano de la atmósfera y como el conocimiento de la atmósfera por los mexicanos.

Por su parte, Hervé Douville presenta otra faceta de la inscripción de conocimientos, esta vez en la forma de modelos numéricos sobre la atmósfera, utilizados para la comprensión del clima y de su posible evolución en el largo plazo. El autor explica que los modelos numéricos de circulación general atmosférica pudieron elaborarse sólo después de los años 1950 y, desde entonces, éstos constituyen la principal herramienta de la ciencia del clima. Douville aborda las principales tendencias de la práctica de la investigación climática sustentada en medios informáticos y comparte su inquietud por reflexionar en torno a la transparencia científica y a ciertos debates que dividen a la comunidad de modeladores confrontados a los retos sociales que plantea el cambio climático. El autor plantea la necesidad de que los modeladores mismos contribuyan al análisis de su propia disciplina, no sólo en cuanto a sus contenidos, sino también con respecto a los desafíos geopolíticos del cambio climático.

Bruno Latour presenta la controversia política y científica sobre el denominado cambio climático que opone a los científicos del clima y a sus detractores. El texto es de contenido antropológico, en tanto el autor señala cómo, por una parte, al establecer una relación causal entre la acción humana y la transformación del clima, los investigadores hacen política, pues modifican las asociaciones clásicas de lo social; y, por otra parte, puesto que introduce una noción de cosmopolítica (o diálogo entre politología y estudios sociales de ciencias) en la que todos los seres se encuentran vinculados. La controversia analizada por Latour es un debate asimétrico de carácter epistémico: por un lado, los clima-

toescépticos intentan paralizar a los investigadores con las armas del positivismo clásico y de la politización de las negociaciones sociocientíficas que ocurren en el seno de la actividad científica; por otro lado, los científicos no han podido explicar ni la nueva episteme positivista (relacionada con el uso de la modelación numérica, como se verá en el capítulo de Douville) ni la cosmopolítica de su actividad social. La puerta de escape que ve Latour en esta situación es que los científicos del clima tomen en serio su papel cosmopolítico en vez de defenderse con una episteme positivista y, por lo tanto, con una ciencia imposible de alcanzar.

Michel Callon plantea un estudio de ciencias sobre la performatividad de la disciplina económica, de modo específico sobre la reciente experimentación sociotécnica de establecimiento de mercados de carbono. Desde una perspectiva constructivista y tratando a los mercados como artefactos sociotécnicos, Callon extiende los estudios ciencia-tecnología-sociedad a la disciplina económica. Considera que “un número creciente de mercados son el resultado de genuinos procesos de experimentación” y que los mercados de carbono prefiguran lo que podrían ser las redes de experimentación sobre mercados futuros. A juicio del autor, el experimento de los mercados de carbono puede ser descrito como un proceso triple de problematizaciones articuladas en cuyo final se logra distinguir cuáles problemas serán tratados por los mercados, las instituciones políticas o las instituciones científicas, respectivamente. Callon concluye que un mercado —y lo que éste puede hacer— es el resultado de procesos experimentales y de una serie de pruebas de fuerza cuyos resultados no son predecibles, tal como no es posible calificar de científico o político un proceso en curso.

Este libro ha contado con el apoyo del proyecto de investigación de Antonio Arellano Hernández, Claudia Ortega Ponce y Laura María Morales Navarro (2009), *La construcción social de conocimiento y de tecnología sobre el medio ambiente: el caso del cambio climático en México y Centro América*, clave 101876, en la convocatoria cb-2008-01 del fondo SEP-Conacyt.

Agradezco a Michel Callon, Bruno Latour y Hervé Douville, colegas y amigos, todos ellos la recepción positiva de la idea de integrar sus textos a esta iniciativa antropológica, así como la disponibilidad para revisar sus originales y publicarlos en esta obra.



La traducción de los textos del francés y del inglés al español, la corrección de estilo de los capítulos y el cuidado editorial se debe a León Arellano Lechuga, sin su amable colaboración no habría sido posible la publicación de este libro.

ANTONIO ARELLANO HERNÁNDEZ

# Propedéutica para una antropología atmosférica y del cambio climático

Antonio Arellano Hernández

Los capítulos que integran este libro dan cuenta de la rica experiencia humana desarrollada en interacción con la atmósfera, expresada en la diversidad de conocimientos climáticos y meteorológicos que han sido inscritos a lo largo de la historia. Cada capítulo contiene razonamientos y demostraciones orientados a dar cuenta de manera crítica de varias de estas acuñaciones cognitivas. El libro presenta, por lo tanto, una arista de trascendencia antropológica, ya que cada capítulo hay que leerlo a partir del análisis de las trazas de las prácticas eruditas y científicas del hombre en el mundo. En otra arista, de trascendencia epistemológica, se presentan los formatos cognitivos (deificadas, matemáticas, políticas y económicas), el alcance demostrativo de las positivities<sup>1</sup> atmosféricas y las formas cognitivas que les sustentan.

Desarrollando ambas aristas simultáneamente, en esta obra se avanza en el conocimiento de algunos estudios de caso sobre la impronta de los conocimientos atmosféricos de antiguos intelectuales olmeca-mexicas, expresada en obras estéticas representativas de deidades capaces de acción en el mundo (segundo capítulo), las tendencias recientes en la formulación de modelos numéricos del clima por parte de una comunidad de científicos que elaboran escenarios y pronósticos climáticos globales (tercer capítulo), las controversias detonadas por un puñado de eruditos activistas que contestan las predicciones futuras del cambio climático y el origen de sus causas, elaboradas por los climatólogos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (cuarto capítulo) y el diseño y experimentación de mercados de bióxido de carbono por una multitud de agentes económicos y de economistas (quinto capítulo).

En este capítulo propedéutico de una antropología de la atmósfera y del cambio climático, se expondrá una secuencia de argumentos que interrelacio-

<sup>1</sup>El término positividad proviene de la epistemología foucaultiana y alude a los conocimientos elaborados a partir de evidencias empíricas.

nará las distintas contribuciones y que dirigirá el conjunto hacia una antropología atmosférica. El encuadre antropológico de estos estudios sobre la elaboración e instrumentación del conocimiento atmosférico permitirá evitar una lectura aislada de los grafos y pinturas, modelos computacionales, movimientos políticos y mercados con respecto a la matriz antropológica en la que todos ellos se sitúan. En primer lugar, se tratará el tema de la antropología como teoría del conocimiento del hombre y como estudio reflexivo de los conocimientos. En segundo lugar, se abordará con el tema de la antropología de los conocimientos, entendida como el estudio del conocimiento acuñado o inscrito, y presentada bajo la forma de epistemología social.<sup>2</sup> En tercer lugar, se expondrán los elementos para elaborar una *antropología de la atmósfera*, incluyendo el cambio climático.

Con respecto al primer tema, la idea de una antropología entendida como teoría del conocimiento del hombre fue acuñada por Kant cuando consideró que:

El objeto más importante respecto al que el hombre puede en el mundo hacer uso de su experiencia, es el hombre, [...] él es a él-mismo su propio y último fin. El conocimiento del hombre, de su especie, como criatura terrestre dotada de razón, es entonces el conocimiento del mundo por excelencia (Kant, 1863: 371).

Para Kant, el estudio del conocimiento humano era, pues, “el fondo de la verdadera antropología” (Foucault, 2009). En efecto, en el pasaje de la *Antropología* en el cual Kant argumentaba el vínculo entre la teoría del conocimiento y el estudio del ser humano tal y como éste se hace a sí mismo,<sup>3</sup> consideraba que la antropología debía ser el estudio sistemático del hombre a partir del estudio de su conocimiento (Kant, 1863), lo cual supone el conocimiento del hombre y del mundo.

La idea kantiana plasmada en la expresión “teoría del conocimiento del hombre” (Kant, 1863: 371) fue retomada por Foucault cuando relacionó el tema de la antropología con el de la arqueología para explicar la escenificación de la disciplina antropológica. A juicio de Foucault, el hombre, definido como

<sup>2</sup>Para una mejor comprensión de los dos últimos apartados, el lector puede remitirse al libro de Antonio Arellano, *Epistemología de la Antropología: conocimiento, técnica y hominización*, México, UAEM, 2015.

<sup>3</sup>Por antropología pragmática, Kant entiende una antropología que estudia al ser humano tal y como éste se hace a sí mismo, a partir de su libre voluntad. En oposición, la antropología fisiológica se circunscribiría al estudio de las causas físicas del hombre (Kant, 1863).

espacio general de conocimiento y como figura de saber posible, se desprende de las positivities abiertas por los modelos biológico, económico y filológico, vinculados a las dimensiones cognitivas expresadas en los conceptos de norma, regla y sistema, respectivamente. Según él, la antropología se inicia cuando las prácticas discursivas<sup>4</sup> descentran el tema de la fundación metafísica del hombre y lo definen como un ser dotado de vida, de trabajo y de lenguaje (Foucault, 1966). Específicamente, esta dotación conceptual del hombre se corresponde con las prácticas discursivas derivadas de la biología que, sustentando la psicología, permitieron dar cuenta de las funciones y normas de los humanos: de las emanadas de la economía, que constituyen la socialidad de los humanos y posibilitan dar cuenta de los conflictos y reglas sociales; y de las procedentes de la lingüística y de los estudios del lenguaje en general, que muestran los significados y de los sistemas lingüísticos de los humanos.

Por su parte, Habermas reconstruye, a partir del análisis de la obra marxiana, el problema que vincula la teoría del conocimiento con la teoría de la sociedad; señala la negación marxiana del papel crítico de la filosofía en la autorreflexión de la historia de la especie humana, en el momento en que la teoría del conocimiento de alcance antropológico fue sustituida por la teoría y la metodología de las ciencias de corte positivista. A su juicio, la teoría del conocimiento debe retomar su papel crítico en la elaboración de la teoría de la sociedad a partir de la siguiente consideración:

Una crítica del conocimiento radicalizada sólo puede llevarse a término en forma de una reconstrucción de la historia de la especie humana; y que, inversamente, una teoría de la sociedad desde el punto de vista de una autoconstrucción de la especie humana en el medio del trabajo social y de la lucha de clases, sólo es posible como autorreflexión de la conciencia cognoscente (Habermas, 1982: 73).

Para Habermas, la reconstrucción de la historia de la especie humana debe contemplar las dimensiones del trabajo y la interacción, entendidas como acción instrumental y acción comunicativa, respectivamente.

<sup>4</sup>Las prácticas discursivas se entienden en Foucault como las prácticas de escritura científicas (Foucault, 1966). En este ensayo, es posible extender la aplicación de esta noción a las prácticas de escritura eruditas en general, lo que permitiría pensar en términos heurísticos que las prácticas de inscripción cognitiva, como las que permitieron a los intelectuales precortesianos la representación de Tláloc, pudiesen ser comprendidas como prácticas discursivas.

Según lo anterior, la práctica del conocimiento humano, la autorreflexión de la consciencia cognoscente, la crítica del conocimiento, la gnoseología y las prácticas discursivas se corresponden, respectivamente, con las teorías de la filosofía antropológica, la arqueología antropológica y la sociología política, y transmiten la idea de un vínculo entre antropología y teoría del conocimiento.

Sin embargo, ante el alineamiento de las ideas kantianas, foucaultianas y habermasianas sobre el vínculo entre antropología y teoría del conocimiento, proponemos enfáticamente que esta relación puede ser puesta en una perspectiva epistemológica; a partir de ésta, parece congruente visualizar un programa de trabajo antropológico basado en una epistemología del saber en el que la crítica epistemológica desembocaría en una “epistemología social de alcance antropológico” (Arellano, 2015: 118). Con el giro epistemológico que se propone en este libro, el trabajo de la antropología consistiría en la epistemología del conocimiento de la experiencia del hombre en el mundo, mismo que podría ilustrarse mediante el estudio de los conocimientos de los colectivos (Arellano, 2015) y expresarse como antropología de los conocimientos.

Ahora bien, estos tres autores no sólo trazaron los vínculos entre la antropología y la teoría del conocimiento del hombre; también delimitaron, según sus propios criterios, las dimensiones matriciales en las que se despliega el fenómeno humano y, con ello, la posibilidad de implementar un programa de estudio antropológico a partir de los diferentes conocimientos del hombre. Así, para Kant, el hombre vive organizado en sociedades; gobierna las cosas mediante disposiciones técnicas, pragmáticas y morales; se expresa lingüísticamente y articula palabras gracias a su capacidad de razonamiento; forma sociedades civiles reguladas por normas morales; y se autoconforma como género humano debido a sus orientaciones morales propias. Para Foucault, el ser humano es un ser dotado de vida, de trabajo y de lenguaje puesto en escena demiúrgicamente en la Modernidad. Y para Habermas, la reconstrucción de la historia de la especie humana incluye la acción instrumental y la acción comunicativa, ambas de carácter social.

En cualquiera de las formulaciones anteriores se destaca una matriz mínima de aspectos definitorios del fenómeno humano, de modo que, en términos kantianos (el hombre es capaz de expresarse lingüísticamente, de organizarse social y moralmente, y de gobernar las cosas técnicamente), foucaultianos (el

ser humano está dotado de vida, de trabajo y de lenguaje) o habermasianos (la especie humana se despliega en acciones instrumentales y comunicativas), la experiencia humana está constituida por un haz de acciones sociales, técnicas y lingüísticas. De estas acciones se desprenderían los conocimientos respectivos, que compartirían una base epistémica común.

En este ensayo la importancia de la antropología estriba en dar cuenta empíricamente del alcance de los conocimientos de los colectivos, en reflexionar sobre éstos a la luz de la conformación de teorías cognitivas y humanas, así como en explorar sus características epistemológicas. Estos tres quehaceres antropológicos se orientan a la búsqueda de los elementos cognitivos que conforman a los colectivos humanos, en lugar de pretender imponer definiciones nomológicas sobre el hombre. Dicho a la inversa, se trata menos de intentar establecer un concepto general del hombre que de explorar los vectores matriciales de la experiencia humana en el mundo. Esta tarea antropológica es la piedra angular de la epistemología antropológica como teoría del hombre.

La antropología de los conocimientos se desprende de las tres formulaciones anteriores, más el giro epistemológico que aquí se propone, de lo cual resulta fortalecida la formulación sintética de la antropología como teoría del hombre basada en una epistemología del conocimiento.

Haciendo un paréntesis sobre la integración de este libro, se debe señalar que la idea de este giro fue el argumento central por el que los autores acordaron publicar sus capítulos respectivos, pues consideraron que los ejemplos presentados daban material para mirar la puesta en escena de las diferentes epistemes en torno a la construcción del conocimiento atmosférico en distintos momentos y formas de apropiación de la atmósfera.

Continuando con la argumentación, la evidencia del vínculo significativo entre teoría del hombre y epistemología de los conocimientos proviene del hecho según el cual el único conocimiento erudito existente en el mundo es el humano. El alcance antropológico de esta afirmación reside en que la conjetura principal sobre el ser humano consiste en su capacidad de inscribir su experiencia colectiva del mundo bajo la forma de saberes. En este sentido, el conocimiento no es sólo un resultado de la acción humana; es, en sí mismo, la acción propia y distintiva de los seres humanos con respecto a las de las otras entidades del mundo (Arellano, 2015).

Luego de haber sostenido que la antropología consiste en la teoría del hombre en tanto epistemología de los saberes, la implementación y el desarrollo de la antropología de los conocimientos requiere precisar la caracterización antropológica de la cognición para tener claro su objeto de estudio. Esta tarea no es tan sencilla de cumplir si se toman en cuenta que existen tantas definiciones de conocimiento así como de disciplinas y subdisciplinas científicas; pero tal vez el principal desafío consiste en la persistencia de identificar el conocimiento exclusivamente como saber conceptual y, por lo tanto, de ubicarlo acuñado como corpus, teorías, cosmogonías, teogonías, palabras, lenguas y toda clase de formas lingüísticas.

Aunque ocurre igual con otras formas de saber, así la tecnicidad se restringe a significarla como los artefactos, los gestos o los procedimientos mecánicos habituales que los hombres interponen en sus tratos con la naturaleza (Leroi-Gourhan, 1988); del mismo modo, la organización social se conceptualiza en la institucionalización de la vida de los colectivos o como los hechos sociales a los que los individuos deben obligatoriamente supeditarse (Durkheim, 1895). En ambos casos, no necesariamente se reconoce estar frente a tipos de inscripción cognitiva eruditas acuñadas en formas no lingüísticas.<sup>5</sup>

Esta idea que convierte en sinónimo los conceptos al conocimiento no es injustificada, pero es limitativa para los fines de una antropología de los saberes. Por ello, vale la pena precisar que, más allá de su identificación con la sola elaboración de significaciones, el conocimiento inscrito referido se registra en formas conceptuales, artefactuales, intersubjetivas e institucionales, y es registrado en algún medio lingüístico, gesticulatorio, artefactual u organizativo.

Por conocimiento inscrito por el hombre aquí se hace referencia a la materialización del saber bajo la forma de acuñaciones o inscripciones (Goody, 1979). Según Goody, la actividad intelectual de cualquier cultura está determi-

<sup>5</sup>Hay autores que visualizan la tecnicidad como forma de conocimiento. Así, Polanyi reconoce en su teoría de la innovación la existencia de conocimientos formales codificados lingüísticamente como patentes, manuales operativos, etcétera; destaca la importancia de los saberes tácitos que son inscritos en los gestos técnicos de los operarios y en las innovaciones incrementales incorporadas en las operaciones manufactureras y en las máquinas (Polanyi, 1967). También existen autores que reconocen en la organización social formas de conocimiento, como Lévi-Strauss que ha visto en las relaciones de parentesco de los grupos humanos formas de conocimiento social sobre las relaciones que deben mantener las personas que conforman algún colectivo (Lévi-Strauss, 1969).

nada por la tecnología intelectual con la que se inscriben y registran los conocimientos. De acuerdo con él, la noción de tecnología intelectual debe entenderse como las prácticas que involucran las capacidades cognitivas, las disponibilidades materiales y las formas sociales para acuñar el mundo. Las tecnologías intelectuales constituyen formas que contribuyen a la domesticación del pensamiento y se expresan en los procesos de elaboración de inscripciones o de escrituras, en un sentido general. La instrumentación de la categoría de tecnología intelectual permite revelar que el intelecto tiene una tecnicidad y que toda tecnicidad comprende un intelecto.

La noción de tecnología intelectual permite omitir la fractura entre los saberes considerados abstractos provenientes de culturas modernas y los conocimientos apreciados como concretos producidos por culturas no modernas (Lévi-Strauss, 1962) para dar paso a una división analítica basada de modo exclusivo en las tecnologías y medios de inscripción de los grupos humanos (Goody, 1979). Esta nueva división pone de manifiesto que las diferencias entre la “racionalidad moderna” y las “lógicas de los grupos no modernos” son sólo el resultado de diferentes procesos de instrumentación técnica de la inscripción cognitiva.

Aunado a lo anterior, desde el punto de vista empírico, el conocimiento y sus inscripciones pueden ser asequibles observacional y etnográficamente. Esto significa que, en principio, el campo de observación antropológica se extiende a toda la diversidad de conocimientos elaborados por los colectivos humanos, así como a los colectivos portadores de esos conocimientos; de este modo, la disertación sobre la elaboración de los conocimientos de cualquier colectivo, lugar y época deviene en medio para avanzar en el programa de la antropología de los conocimientos, que no es otro que el de la antropología.

La antropología de los conocimientos sustenta el estudio de la autoconstitución humana, como se constata al considerar la siguiente situación epistémica: los productores de conocimientos y de técnicas en muchas ocasiones pasan por alto la explicitación de los mecanismos y procesos por los cuales han elaborado sus conceptos y artefactos, pero para los antropólogos de los conocimientos, estas actividades cognitivas e instrumentales se deberían presentar como ineludibles objetos de investigación epistemológica (Arellano, 2015). Para mejorar la comprensión de los procesos de elaboración de conocimientos, artefactos y



colectividades, los antropólogos de los conocimientos pueden incluso conducir sus tareas reflexivas a las formas en que ellos mismos construyen sus saberes sobre el conocimiento conceptual, la técnica y la organización de los colectivos. Lo deseable es que este ejercicio reflexivo sea una tarea sobre la autocomprensión humana, en lugar de la ejecución de rutinas descriptivas de los conocimientos de los colectivos.

Los estudios empíricos realizados por antropólogos y sociólogos de las ciencias y las técnicas en las últimas décadas han mostrado que las acuñaciones simbólicas, la artefactualidad y la organización colectiva constituyen fenómenos exclusivos de los humanos, se ubican en condiciones históricas específicas, se enmarcan en instituciones concretas, son empleados de manera específica y son reproducidos y transmitidos en marcos lingüísticos circunstanciales. Estas experiencias fortalecerán sin duda el desarrollo de un programa antropológico de los conocimientos, en general, y de la atmósfera y del cambio climático, en particular.

Se ha sostenido aquí que, desde una óptica epistemológica, la antropología puede ser entendida como la teoría del hombre en tanto epistemología del conocimiento. Esto significa que el análisis del conocimiento inscrito y de su proceso de elaboración constituyen los elementos empíricos observacionales que posibilitan el estudio de los contenidos del conocimiento y de su organización colectiva. Aunado a lo anterior, la antropología de los conocimientos declinada en sus aspectos epistemológicos puede ser evocada como epistemología social<sup>6</sup> o aun como antropología de la epistemología, como el estudio de las epistemes colectivas que soportan la elaboración del conocimiento social.

En suma, la antropología de los conocimientos estudia todo tipo de colectivos a través de sus manifestaciones cognitivas actuales o por los vestigios de éstas, en el entendido de que los conocimientos constituyen no sólo los objetos de la teoría del conocimiento, sino de la teoría misma del hombre. Ésta es la idea de la antropología entendida como epistemología del conocimiento del

<sup>6</sup>Esta propuesta es compatible con la de Descola, según la cual, la misión de la antropología y de otras ciencias es contribuir, “según sus propios métodos a rendir inteligible la manera según la cual los organismos de un tipo particular se insertan en el mundo, adquiriendo una representación estable y contribuyendo a modificarlo, tejiendo con él, y entre ellos, relaciones constantes y ocasionales de una diversidad remarcable pero no infinita” (Descola, 2001).

hombre; mediante ella es factible estudiar la experiencia humana como autorreflexión y como epistemología social. La antropología de los conocimientos también puede ser entendida como antropología de la ciencia y de la tecnología para desplegar dos dimensiones del estudio del conocimiento: como antropología de la tecnociencia, si desea presentarse como el estudio integrado de conocimientos conceptuales y técnicos, o como antropología de la epistemología, si desea enfatizarse el estudio de los procedimientos y metodologías que sustentan la elaboración cognitiva.

Hasta este punto se ha tratado la idea de la epistemología antropológica como teoría del conocimiento del hombre y de la antropología del conocimiento como epistemología social. A partir de estos fundamentos, se deriva la posibilidad de avanzar hacia una antropología de la atmósfera, del clima y del cambio climático. A continuación se propondrían algunos elementos que podrían conducirnos a tal objetivo.

En cuanto al tema de la antropología atmosférica, puede decirse que las nociones atmósfera, clima, tiempo, cambio climático, etcétera, han sido elaboradas y reelaboradas en la interacción entre la acción humana y lo que ahora denominamos ambiente atmosférico; asimismo, el alcance empírico de la instrumentalización de estas entidades establece el umbral para actuar sobre ellas y apropiárselas. Dicho sintéticamente, los resultados cognitivos alcanzados con la parafernalia de la investigación construida durante siglos para elaborar representaciones conceptuales y realizar observaciones empíricas han permitido derivar acciones prácticas que sustentan la organización de colectivos en torno a los fenómenos climático-atmosféricos.

La vida del ser humano y lo que se denomina por lo común naturaleza integran una unidad indisoluble; así, el llamado factor antrópico<sup>7</sup> interactúa con las pulsiones naturales e integra fenómenos heterogéneos. En el caso que aquí se trata, el hombre y los fenómenos atmosféricos han generado una síntesis causal interpretada como la vivencia climática del hombre en el mundo. Esta

<sup>7</sup>Al aceptar la experiencia humana como la interacción de las fuerzas del planeta con la acción humana, no existe razón para considerar que vivimos en una interacción novedosa, como en ocasiones se promueve en ciertos discursos sobre la influencia de la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera; en cambio, esto presenta motivos para estudiar las formas específicas de las interacciones hombre-entorno.

interacción se remonta a los primeros humanos, cuando representaban e inscribían sus conocimientos climáticos en gestos tan simples como la búsqueda de abrigo y refugio ante las inclemencias del tiempo.<sup>8</sup> Desde entonces, la incesante reinscripción de la interacción hombre-atmósfera consiste en una permanente resignificación de ambas entidades. Por lo tanto, las nociones sobre el clima, cualquiera que sea su nombre local o temporal, representan el alcance cognitivo “de los fenómenos que ocurren en el entorno atmosférico y su capacidad de instrumentalizarlos” (Arellano, 2014a: 128). El proceso de generación de conocimiento climático es entonces la elaboración de una mediación entre los hombres, y entre éstos y su entorno atmosférico.

En la idea programática de elaborar una antropología de la atmósfera como objeto de estudio del conocimiento de la experiencia humana del clima y de los meteoros, habría que tener presente que el conocimiento humano sobre la atmósfera y el clima no es sólo el conocimiento sobre esas entidades, sino también conocimiento sobre el hombre mismo.

En el análisis de los objetos de estudio atmosférico es posible entender el alcance del conocimiento humano sobre los fenómenos climáticos y meteorológicos, así como la ubicación y la acción estratégicas del hombre en el mundo atmosférico. En los casos que se tratan en este libro, es posible considerar que la epistemología social sobre el conocimiento atmosférico pudiera ser el tronco común de entendimiento sobre el conocimiento conceptual, la tecnicidad, la socialidad y la intersubjetividad que median la relación de los hombres entre sí, y entre ellos y su entorno atmosférico.

La propuesta esbozada en las líneas anteriores puede ser formulada como se propuso en el libro *Cambio climático y sociedad* (Arellano, 2014a):

El tema de los procesos atmosféricos es una fuente de trabajo generalizado acerca de la antropología de las epistemologías, en el que deben estudiarse las prácticas humanas que han permitido a los grupos humanos acordar sus conocimientos, negociar sus métodos y evidenciar sus positividads sobre la atmósfera en general. El estudio de las afirmaciones y causas explicativas de estos grupos [...] serían las principales hipótesis y las rutas de investigación etnográfica

<sup>8</sup>Nos referimos al estado del tiempo atmosférico y a la ocurrencia de meteoros en una situación específica.

fica e histórica, así como la indagación epistemológica desde el origen de los tiempos humanos y continuados hasta nuestros días.

Si se vincula la cita anterior con el tema que aquí se trata, es legítimo pensar que la historia de la apropiación de la atmósfera por el hombre forma parte intrínseca de su propia historia; se trata de una historia de autoapropiación o autodomesticación humana, y de domesticación de lo que se denomina naturaleza atmosférica.

La antropología de la atmósfera y del cambio climático es un programa de trabajo que puede desarrollarse paso a paso con la exploración de determinadas dimensiones de las prácticas que involucran la producción de conocimientos atmosféricos. Para esbozar el dominio cognitivo de una antropología de la atmósfera y del cambio climático, se abordarán en cuatro casos ejemplares de acuñaciones de los fenómenos atmosféricos de diferentes épocas y regiones, a partir de los cuales se sugiere la posibilidad de establecer una amplia antropología de la atmósfera que ayude a mejorar la comprensión de la producción de conocimientos sobre los temas climáticos, meteorológicos, del cambio climático y de la sociedad misma.

Las cuatro formas de conocimiento atmosférico y humano que se tratan en este libro parten de los siguientes objetos de análisis antropológico: Antonio Arellano interpreta las representaciones de la antigua deidad del Anáhuac conocida como Tláloc, indagando los saberes climático-meteorológicos y epistemes acuñados, tenidos como conocimientos atmosféricos de los pueblos precortesianos y como acceso al conocimiento de esos pueblos. Al explicar las tendencias contemporáneas de la modelística numérica del clima aplicadas a la predicción del clima futuro, Hervé Douville estudia la acuñación de modelos climáticos numéricos como una forma de conocimiento climático y como un método de estudio de los fenómenos atmosféricos, destacando la importancia de los desafíos geopolíticos asociados al conocimiento climático. Al analizar un movimiento político de militantes eruditos que intentan desarticular ciertas teorías científicas sobre el clima, Bruno Latour ilustra la inherente politización y las ineludibles controversias cognitivas subyacentes en la elaboración de los conocimientos climáticos inasibles por una política cognitiva modernista y portadores de una auténtica cosmopolítica. Finalmente, Michel Callon plantea

que los experimentos de los mercados de carbono tienen alcance civilizatorio en la medida en que prefijan modelos de experimentación de mercados de alcance civilizatorio.

Desde luego, sería desproporcionado tratar de construir toda una antropología de la atmósfera, entendida como teoría del conocimiento del hombre, a partir de la sola presentación de los casos de conocimientos atmosféricos incluidos en este libro; esta tarea es mucho más amplia y sólo podría realizarse mediante un programa de estudios antropológicos e históricos sobre la atmósfera y sobre el conocimiento climático de todas las épocas y sitios. Sin embargo, no hay duda de que podría debatirse sobre un posible esquema de este programa antropológico a partir de la propuesta epistemológica y los casos empíricos aquí presentados.

#### FUENTES CONSULTADAS

- ARELLANO HERNÁNDEZ, Antonio (2014a), *Cambio climático y sociedad*, México, Miguel Ángel Porrúa-UAEM.
- (2014b), “Epistemología de las ciencias del cambio climático: entre recalcitrancia y ortodoxia”, en Pablo Kreimer, Hebe Vesuri, Lea Velho y Antonio Arellano, *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad*, México, Siglo XXI-FCCYT-OEI, pp. 269-281.
- (2015), *Epistemología de la Antropología: conocimiento, técnica y hominización*, México, EON-UAEM.
- ARISTÓTELES (1474), *Meteorológicas*, Padua, Laurentius Canozius für Johannes Philippus Aurelianus et fratres.
- DESCARTES, René (1637), *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, plus la dioptrique, les météores et la géométrie qui sont des essais de cette méthode*, París, A Leyde de l’imprimerie de Jean Maire.
- DESCOLA, Philippe (2001), *Chaire d’Anthropologie de la nature, leçon inaugurale, París*, París, Collège de France, pp. 7-8.
- DURKHEIM, Emile (1895), *Les règles de la méthode sociologique*, París, Félix Alcan Éditeur.
- FOUCAULT, Michel (1966), *Les mots et les choses*, París, Gallimard.
- (2009), *Introducción a la Antropología en sentido pragmático de Kant*, México, Gallimard/Siglo XXI Editores.

GOODY, Jack (1979), *La raison graphique: la domestication de la pensée sauvage*, París, Les Éditions de Minuit.

HABERMAS, Jürgen (1982), *Conocimiento interés*, Buenos Aires, Taurus.

KANT, Emmanuel (1863), *Anthropologie. Suivie des divers fragments du même auteur relatifs aux rapports du physique et du moral et au commerce des esprits d'un monde à l'autre*, París, Librairie Philosophique de Ladrance.

KIRCHHOFF, Paul (1960), "Mesoamérica, sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales", Suplemento *Revista Tlatoani*, México, ENAH.

LEROI-GOURHAN, André (1988), *El hombre y la materia. Evolución y técnica I*, Madrid, Taurus.

LÉVI-STRAUSS, Claude (1969), *La pensée sauvage*, París, Plon.



# Tlálloc: teogonía, cosmogonía y empiricidad atmosférica precortesianas\*

Antonio Arellano Hernández

## INTRODUCCIÓN

Si se acepta que la historia de la apropiación del mundo por el hombre es parte intrínseca de la autoconformación humana, que este doble proceso de apropiación y autoconformación representa la experiencia del hombre en el mundo y que la experiencia humana se evidencia en la acuñación colectiva de conocimientos conceptuales, técnicos y organizativos, entonces se dice que la antropología de los conocimientos podría ser una estrategia idónea para conocer al hombre mediante el acceso a su conocimiento.

En el presente trabajo se trata del conocimiento inscrito en la deidad de origen olmeca-mexica<sup>1</sup> denominada Tlálloc. Este conocimiento se corresponde en gran medida con el de los fenómenos atmosféricos, como se les llama de modo común en la sociedad occidental. El tomar como caso de estudio determinadas inscripciones tlaloquianas permitirá realizar avances en la antropología de la atmósfera y en el conocimiento del hombre precortesiano.<sup>2</sup>

Todas las culturas han acuñado su experiencia en el mundo de modo específico y lo mismo ocurre en cuanto a sus vínculos con esto que en la cultura occidental se denomina atmósfera.<sup>3</sup> La impronta de la experiencia de las cultu-

\*El presente capítulo contiene información que formará parte del libro de Antonio Arellano Hernández, *Tlálloc: teogonía, cosmogonía y empiricidad atmosférica precortesianas*, UAEM-Colofón, 2017.

<sup>1</sup>Cuando se alude a la cultura olmeca-mexica se está haciendo un agregado temporal de una tradición de epistemología política que se inicia con la acuñación de la erudición del pueblo Olmeca, en lo que ahora es el Golfo de México y que se continúa a lo largo de varios miles de años bifurcándose y enriqueciéndose en otras culturas de lo que ahora es México y Centroamérica hasta llegar a la cultura mexica, interrumpida violentamente por la conquista de México-Tenochtitlán.

<sup>2</sup>El término precortesiano alude al largo periodo de elaboración cultural que nace con la cultura olmeca y culmina con la conquista de los mexica por el ejército de Hernán Cortés en 1521.

<sup>3</sup>Por ejemplo, en la sociedad occidental, las acuñaciones sobre la atmósfera provienen de la cultura griega, se afianzan a finales del medioevo y se consolidan en la modernidad. En efecto, el primer tratado de meteorología, *Meteorológicas*, es obra de Aristóteles (1474) y consistía en la



ras de matriz olmeca con la atmósfera fue expresada en materiales iconográficos diversos que tratan de una entidad deificada<sup>4</sup> alusiva a fenómenos atmosféricos. Tláloc es el nombre de esta entidad atmosférica reportada con amplitud en la iconografía olmeca y difundida bajo el nombre inequívoco de Tláloc a la de la cultura nahua, como *Chaac* (o *Chaahk*) entre los mayas (De la Garza, 2009), *Cocijo* (o *Cociyo*) entre los zapotecos, *Dzau* (o *Savui*) entre los mixtecos y *Tajín* (o *Aktsini*) entre los totonacas (Contel, 2009; Ladrón, 2009). La iconografía de Tláloc proviene de las deidades del panteón olmeca que data de 1200 antes de nuestra era (el periodo Preclásico en la historiografía del Anáhuac)<sup>5</sup> y se prolonga hasta el año 1521 (año de la conquista española de los mexicas). En este ensayo se recurre sobre todo a inscripciones sobre Tláloc correspondientes a la última etapa del desarrollo cultural precortesiano, referida entre los especialistas como el periodo Posclásico Mesoamericano.

La comprensión poscortesiana de las acuñaciones representadas por Tláloc se inició con las primeras historias de los conquistadores de los mexicas y se continúa hasta nuestros días. Numerosos y destacados historiadores, antropólogos, lingüistas, estudiosos del arte y culturalistas de México y de otros países han estudiado las imágenes de Tláloc como una de las representaciones de alcance metafísico más ricas de las culturas del Anáhuac. En torno al estudio de esta deidad se han institucionalizado bibliotecas, seminarios, revistas y una comunidad de intelectuales de alta visibilidad internacional.

---

aplicación de su filosofía de la naturaleza a la atmósfera. Dos siglos después, Descartes (1637) trata el tema de la atmósfera en su versión meteorológica como un objeto particular de estudio del *Discurso del método* (*Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, plus la dioptrique, les météores et la géométrie qui sont des essais de cette méthode*), lo que corresponde a una aplicación de la filosofía natural al estudio de la atmósfera. Finalmente, en la actualidad la investigación climática y meteorológica representa la mayor parafernalia científica del mundo. En el devenir del conocimiento occidental de la atmósfera, *Meteorológicas* fue en la práctica proscrita por el movimiento escolástico, *Los meteoros* fue en poco tiempo ignorada por la corriente positivista y la investigación climática contemporánea está orientada al conocimiento del calentamiento climático (Arellano, 2014).

<sup>4</sup>Se emplea aquí el término deidad en lugar de Dios o dios, como es de uso corriente en las interpretaciones de las culturas precortesianas. La noción de dios es más apropiada para culturas monoteístas y la de deidad para sociedades politeístas, como era el caso de las culturas precortesianas (véanse definiciones de la RAE).

<sup>5</sup>Anáhuac es el término que empleaban los moradores de la parte central de lo que ahora es México. El término es polisémico, pero se diferencia con claridad de la idea de Mesoamérica proveniente de Kirchhoff (1960). Mesoamérica significa retrotraer el concepto colonial América a un tiempo en el que los españoles no habían conquistado los territorios de lo que, efectivamente, después vino a denominarse continente americano.

Las interpretaciones teogónicas y cosmogónicas de Tláloc más aceptadas parecen haber llegado a un plafón cognitivo. Desde la perspectiva teogónica, es muy estable la narrativa filial según la cual Xochiquetzal, deidad de las flores, la fertilidad, las artes manuales y el tejido, fue la primera esposa de Tláloc, antes de que Tezcatlipoca la raptara (Muñoz, 1896). Más adelante, Tláloc se casó con Matlacueye, deidad montaña, Diosa Madre ligada a la tierra, al agua y a la fertilidad (Muñoz, 1896). Desde la perspectiva cosmogónica, los atributos de Tláloc son muy cercanos a los de Chalchiuhtlicue, deidad femenina de los lagos y corrientes de agua, así como a los de Huixtocihuatl, deidad del agua salada o marina.

Bonifaz (1996) compiló numerosas referencias a Tláloc provenientes de los estudios de Nicholson (1983), Von Winning (1987), Krickeberg (1961), Soustelle (1982) y otros autores que, según él, enfatizan todos la cosmovisión agrícola predominante de esas culturas. Sin embargo, él encuentra en la imagen de Tláloc elementos que evidencian el alcance de las refinadas elaboraciones metafísicas producidas por esos pueblos (Bonifaz, 1996). Estamos de acuerdo con la revalorización intelectual de la significación filosófica de Tláloc realizada por Bonifaz y consideramos, aún más, que las acuñaciones ejemplares en torno a esta deidad permiten avanzar en el conocimiento de la epistemología política de la cultura olmeca-mexica.

El enfoque del presente estudio sobre Tláloc proviene de la antropología de los conocimientos, por lo cual interpreta la impronta de esta deidad del mismo modo en que hemos tratado ciertas representaciones producidas en las prácticas científicas y eruditas contemporáneas. El objeto de estudio de este trabajo está constituido por varias inscripciones iconográficas (Bastide, 1985) precortesianas de Tláloc<sup>6</sup> que se analizarán para indagar sobre el conocimiento atmosférico acuñado en la deidad, de modo que permita vislumbrar una brecha hacia el conocimiento de la experiencia atmosférica del hombre precortesiano.

En el ejercicio analítico propuesto en este capítulo se ensaya la conjetura de que en las representaciones ideográficas de la deidad Tláloc se expresan conocimientos teogónicos, cosmogónicos y empíricos que fueron producidos en la

<sup>6</sup>La idea es evitar los debates en torno a la aculturación de las fuentes, tal como lo ha señalado Aguilera (1997).

interacción entre la atmósfera y del hombre precortesiano. En este sentido, el objetivo es dar cuenta del conocimiento de los fenómenos climático-meteorológicos alcanzado por los pueblos precortesianos para conocer en forma simultánea a estos mismos pueblos.

En este trabajo, se ensayará un primer análisis de algunas obras plásticas, pictogramas e ideogramas de Tláloc para interpretar el conocimiento atmosférico acuñado en la iconografía de esta deidad y para vislumbrar un acceso a la episteme que sustentaba la construcción simbólica de la cosmovisión de los pueblos precortesianos.

Para avanzar en la demostración se presentarán en primer lugar, algunos elementos que encuadran la interpretación de las imágenes tloloquianas producidas por las culturas precortesianas. A continuación, se mostrarán algunos rasgos del dispositivo intelectual precortesiano que performan la acuñación ideográfica de Tláloc. Enseguida, se interpretará una representación escultórica de la deidad a partir de sus elementos intrínsecos para evidenciar el contenido mezclado de entidades naturalísticas, artefactuales y humanas que la definen. Por lo tanto, se analizarán las cualidades expresivas de la epistemología heterogénea practicadas por los autores de un folio del *amoxtli* conocido como Códice Laud, para mostrar el conocimiento del desempeño de Tláloc en el mundo y la atmósfera. Seguidamente, se presentará la depotenciación teogónica, cosmogónica y empírica de Tláloc operada por Sahagún en el plano de la iconografía y de nociones atmosféricas. Por último, se plantearán algunas consideraciones finales sobre el estudio de las imágenes de Tláloc en la perspectiva de contribuir al desarrollo de una antropología de la atmósfera.

#### ENCUADRAMIENTO INTERPRETATIVO DE LAS IMÁGENES PRECORTESIANAS DE TLÁLOC

Todas las versiones de la conquista de México describen cómo la nobleza mexica fue diezmada por la guerra y las enfermedades durante ese proceso (León-Portilla, 2003). Bonifaz (1996) explica que, luego de haber sido destruida la comunidad religiosa original, los primeros historiadores y cronistas de la Conquista fueron incapaces de comprender los significados contenidos

en los testimonios escultóricos e ideográficos de los artefactos que tenían ante sí, lo cual explica de modo parcial los subsiguientes escollos en la interpretación de los *amoxtli*. De ahí en adelante, las dificultades interpretativas de los objetos culturales devenidos vestigios arqueológicos pueden además explicarse por la pérdida de sentido que ocurre en la traducción de cualquier objeto —sobre todo, como indica McCarty (2008), cuando se trata de obras artísticas o literarias.

La interrupción de la reproducción de la cultura mexicana fue definitiva e irreparable; sin embargo, la persistencia de las obras culturales rescatadas adquiere dos valores: por un lado, se refuerza la evidencia empírica del contenido cognitivo incorporado por sus autores; por otro, accede al conocimiento de las tecnologías intelectuales que permitieron su creación. En efecto, tanto por la sedimentación de los significados advertida por McCarty como por la flexibilidad interpretativa de los vestigios arqueológicos, estamos frente a una gran posibilidad interpretativa acerca del conocimiento de las culturas prehispánicas<sup>7</sup> sustentada en los *amoxtli*, las obras en cerámica, los monumentos y las edificaciones arquitectónicas arqueológicas (León-Portilla, 2003).

Para acercarse al estudio de las deidades mexicas se cuenta con tres capas arqueológico-cognitivas principales. La primera abarca los objetos escultóricos, cerámicos y los *amoxtli* escritos antes de la Conquista que se conservan sin grandes alteraciones. La segunda consiste en las interpretaciones realizadas poco tiempo después de la derrota de los mexicas por los europeos que estuvieron en contacto directo con algunos ancianos, sabios, escribas e hijos de exgobernantes mexicas y tlatelolcas; interesa en particular la obra de Sahagún por ser el pionero en la interpretación del entramado simbólico de la cultura mexicana. La tercera está constituida por las numerosas interpretaciones y reinterpretaciones de las capas anteriores realizadas por importantes intelectuales desde el siglo XVI hasta la actualidad.

Con respecto a las propias interpretaciones de este ensayo, se deben precisar ciertos asuntos: por una parte, se reconoce la imposibilidad de mantener

<sup>7</sup>A propósito de la interpretación de la cultura religiosa, afirmaba Geertz (1987) que la religión no es sólo metafísica, pero que la física tampoco es sólo una práctica despojada de valores. Este aforismo está implícito en este trabajo en forma de interpretación epistemológica de la cultura.

separadas todas estas capas interpretativas pues el acceso a las obras originales sólo es posible a partir de los elementos rescatados, conservados y reformulados por las posteriores capas; por otra parte, se reconoce que la interpretación no escapa a las situaciones temporales y culturales correspondientes a cada iconografía y se asume la diversidad de espacios de sedimentación que se encuentran en los objetos; por último, se reconoce que tales interpretaciones se realizan, como cualquier otra interpretación, en el encuentro entre la proyección de la propia episteme del autor y la incorporada en el objeto de estudio.

Ante las dificultades para confiar en las interpretaciones poscortesianas de la segunda y tercera capas, como lo ha mostrado Bonifaz,<sup>8</sup> la necesidad de referirse de primera mano a las imágenes, esculturas, cerámicas y *amoxtli* es doble: en efecto, por una parte, debido a la duda acerca de las interpretaciones carentes de base empírica y, por otra, las interpretaciones sobre el conocimiento atmosférico prehispánico son en la práctica inexistentes.

Al analizar las imágenes de Tláloc desde la estética predominante, la mayor parte de los autores han proyectado una episteme disciplinaria modernista que los conduce a considerar de modo separado los componentes de la deidad y de su entorno. A ello se deben las interpretaciones aditivas de Tláloc que lo consideran como deidad de la lluvia, del agua, del relámpago, de los vientos y de las provisiones, o como portador de artefactos (máscaras, vasijas, serpientes, cráneos, cabezas de caimanes, flores, anteojeras, orejeras o aditamentos alusivos a otras entidades).

En este trabajo interpretativo se intentará suspender la epistemología modernista y evitar utilizarla para la explicación de los objetos de estudio. En vez de ello, se pondrá en comunicación la interpretación de la composición de las imágenes de Tláloc con las suposiciones epistémicas que les dieron sustento. Sin embargo, como se señaló párrafos arriba, cabe reconocer que también se proyecta aquí un aparato epistemológico de interpretación sobre los objetos de estudio. Se trata de una hipótesis epistémica, desarrollada a partir de la obser-

<sup>8</sup>Bonifaz (1996) se apoya en la idea de la distribución del trabajo lingüístico de Putnam para desacreditar las interpretaciones sustentadas en cualquier elemento que no tenga como soporte último las imágenes prehispánicas originales. A partir de ciertos señalamientos de Alva Ixtlilxóchitl, León y Gama, Chavero, Spence y Piña Chan con respecto a la debilidad empírica de la literatura sobre el mundo prehispánico, Bonifaz se declara escéptico de las interpretaciones que no tengan fuente arqueológica.

vación atenta de la iconografía precortesiana, según la cual las entidades están constituidas por un contenido epistémico heterogéneo e interpenetrado. En este sentido, el objetivo interpretativo consiste en analizar las mezclas de las entidades involucradas en las imágenes tlaloquianas, mismas que corresponderían a una cosmovisión exenta de las fracturas naturalística y cultural propias de la epistemología modernista. Asimismo, es importante aclarar que el estudio se ceñirá a la interpretación del contenido disponible de primera mano de objetos e imágenes arqueológicos en lugar de ensayar la interpretación lírica al estilo Jansen (1997).

## EL DISPOSITIVO INTELLECTUAL EN TORNO A TLÁLOC

Las culturas precortesianas elaboraron un vasto dispositivo intelectual<sup>9</sup> integrado por complicadas tecnologías<sup>10</sup> y materiales intelectuales, estratificadas comunidades intelectuales sintonizadas mediante símbolos y epistemes intelectuales (Arellano, en prensa).

Los artefactos arqueológicos en los cuales se representa a Tláloc constituyen los vestigios de la impronta de tal dispositivo intelectual. En las representaciones de Tláloc, las culturas precortesianas inscribieron complicadas construcciones metafísicas expresadas teogónicamente, ricos contenidos cognitivos cosmogónicos provenientes de la reflexión colectiva, así como consistentes positividades<sup>11</sup> producto de la obtención de referencias empíricas de la atmósfera, de los astros, de la agricultura, del medio ambiente y de la acción humana.

Las tecnologías intelectuales empleadas para alcanzar estas representaciones abarcaban un amplio abanico de prácticas especializadas, como la escritura pictográfica, la escultura, la arquitectura, la cerámica, etcétera, cuyo ejercicio implicaba, a su vez, una precisa parafernalia organizada en la vastedad de sus territorios.

<sup>9</sup>Se entiende la noción de dispositivo intelectual como arreglos de tecnologías, conocimientos y epistemes del intelecto compartidas por comunidades de intelectuales.

<sup>10</sup>Término derivado de la antropología de la escritura de Goody (1979); al respecto, referirse a la Propedéutica para una antropología atmosférica y del cambio climático en la presente obra.

<sup>11</sup>Se emplean los términos positivo y positividades en un sentido que se deriva de la epistemología foucaultiana para aludir al conocimiento sistematizado de base empírica.

Las entidades sociales implicadas en la práctica de estas tecnologías incluían: una extensa comunidad de gobernantes demandantes de historias e interpretaciones del mundo para el funcionamiento de sus pueblos y territorios; una comunidad intelectual compuesta por *tlatimime*,<sup>12</sup> *tlacuiloque*,<sup>13</sup> *temachtiani* y *machtiani*,<sup>14</sup> y todo un pueblo coordinado con la cadencia conceptual y empírica acuñada en diferentes objetos artísticos elevados al rango de deidades.

El dispositivo intelectual al cual se ha hecho referencia incluía un componente epistémico —el cual se expresaba en todo el entramado simbólico del panteón precortesiano— consistente en la elaboración de innumerables mezclas y mutaciones de cualidades integradas en las imágenes de las deidades. En el caso de Tláloc, puede constatarse cómo ciertos de sus atributos se encuentran asociados a los de otras deidades e, inversamente, cómo ciertas cualidades de otras deidades se hallan asociadas a las de Tláloc.

Luego de presentar el encuadre interpretativo y la noción de dispositivo intelectual, se analiza con propiedad la obra sobre Tláloc. Se inicia con el análisis de la constitución heterogénea de Tláloc a partir de obras plásticas cuya tridimensionalidad facilitará la demostración. Se continuará con la descripción analítica de un folio del *amoxtli* Códice Laud alusivo a Tláloc, que nos permitirá interpretar la capacidad atmosférica y humana expresada en esta deidad. Como contraejemplo de la episteme precortesiana, se concluirá con el análisis de las representaciones de Tláloc y sus *tlaloques* en la obra de Sahagún.

## LA CONSTITUCIÓN HETEROGÉNEA DE TLÁLOC

Numerosas interpretaciones han hecho de Tláloc una entidad humana deificada que porta una máscara de serpiente (Caso, 1966), cual un hombre

<sup>12</sup>Término náhuatl que significa en sentido literal “los que saben algo” o “los que saben cosas”.

<sup>13</sup>Los *tlacuiloque* eran profesionales y maestros de la técnica pictórica, la aplicación de pigmentos y el correcto uso de los materiales. Dominaban el manejo del espacio, la narrativa, la composición y el color, y también conocían la tradición y la cultura (Muñoz, 2006).

<sup>14</sup>*Temachtiani* es un término náhuatl que significa “el que hace que los otros sepan” y *machtiani* “el que aprende”.

enmascarado. Otras la consideran una entidad con anteojeras (Peñañiel, 1979; Seler, 1963), como si la deidad requiriera de estos artefactos simbólica o físicamente. Otras más refieren que tiene una bigotera (Paszatory, 1983; Vaillant, 1960; Matos, 1979), como si las mandíbulas de las fauces de las dos serpientes integradas a la deidad necesitasen de bigotes para poder empotrar los colmillos. También le atribuyen colmillos felinos (Von Winning, 1976), que lo desvinculan de su naturaleza serpenteoide, o tener la nariz trenzada, a pesar del entrelazamiento de las dos serpientes que forman su nariz.

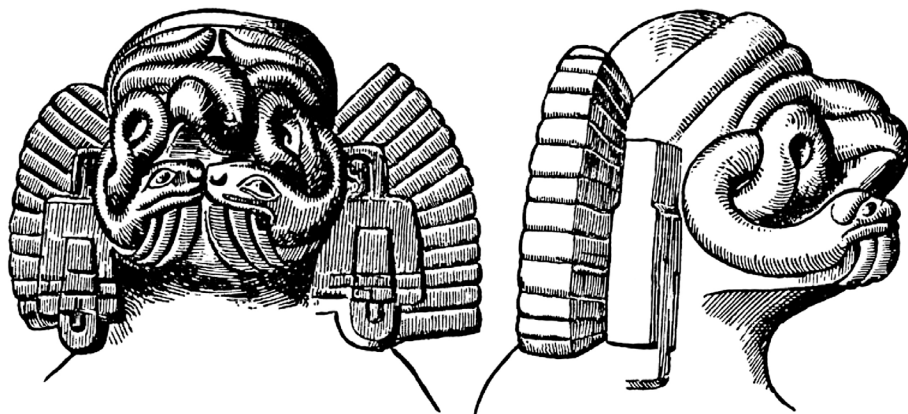
En todo caso, tales interpretaciones han estabilizado la adición de artefactos metafóricos que han impregnado a Tláloc de una parafernalia moderna extraña a las imágenes originales de fuente arqueológica. La proyección epistemológica y conceptual de los estudios estándar reflejada en la artefactualidad con la que han envuelto a Tláloc parece ser una redundancia de los corpus modernos occidentales, más que un descubrimiento de conocimientos y sistemas conceptuales de las culturas precortesianas.

Bonifaz significó las imágenes de Tláloc como una entidad humano-natural, siguiendo la interpretación de Seler de una escultura precortesiana alusiva a Tláloc conservada en el Museo Etnológico de Berlín; realizó una decisiva identificación del contenido estructural de esta entidad, en la que la define como un hombre sentado con el rostro formado por dos serpientes enroscadas: sus cuerpos forman los ojos, sus cuerpos entrelazados forman la nariz y sus caras confrontadas con las fauces abiertas dan lugar a la boca, de la que salen dos grandes colmillos (véase figura 1).

Se está de acuerdo con la definición tlaloquiiana de Bonifaz (1996) que señala el contenido humano-serpenteoide de la estatua. Enriqueciendo esta definición, se encuentra en esa estatua que las serpientes enroscadas humanizan el rostro de Tláloc y el cuerpo humano “enserpienta” el conjunto; su mezcla no corresponde a un hombre enmascarado por serpientes ni a unas serpientes corporeizadas en un ser humano, Tláloc es la representación de una entidad de contenido heterogéneo compuesto por contenidos de serpiente y de hombre, de naturaleza material (roca, en este caso) y de cultura (los hombres que la elaboraron).



FIGURA 1  
IMAGEN NATURAL-HUMANOIDE DE TLÁLLOC



Fuente: De Santillana y Dechend (1997: 290).

Bonifaz<sup>15</sup> no hace referencia a ciertos elementos incorporados a la deidad que completarían su definición. En la escultura citada, se hallan inscripciones de conocimientos atmosféricos e hidrológicos expresados bajo la forma de agregados artefactuales como el *amacuexpalli* (o doble abanico plegado y sostenido por la nuca), visible en ambos lados de la cabeza de Tláloc, que simboliza las nubes o las orejeras rectangulares alusivas al agua corriente.

Con base en los tres tipos de contenido mencionados con anterioridad, la imagen de Tláloc es producto de la mezcla e interpenetración de atributos de entidades originarias (ontológicas) y su definición, dependiente de su contenido, es serpentoide-humanoide-artefactual. Esta definición es, por lo tanto, muy distinta de la idea dualista que numerosos autores encuentran en la filosofía y la cosmogonía precortesianas de origen olmeca-mexica (León-Portilla, 2005).

Existen representaciones de Tláloc con aún más caracteres y atributos que los descritos en la anterior escultura. Tal es el caso de una vasija que lo representa y que forma parte de las piezas arqueológicas de la ofrenda 21 del Templo Mayor

<sup>15</sup>Quesada (2009) se ha inspirado en Bonifaz para estudiar la imagen de Chaac, lo cual ha enriquecido el conocimiento de las deidades atmosféricas y contribuido al análisis serpentoide-humanoide de la iconografía precortesiana.

(véase figura 2). En esta pieza mexicana de cerámica ritual, se verifica con nitidez la naturaleza humano-serpentoide integrada en la definición de Tláloc y se identifican también las evocaciones artefactuales de elementos atmosféricos e hidráulicos que aquí se han señalado presentes en la escultura conservada en Berlín. A partir de este mínimo de elementos, se puede evocar una definición tentativa de primer orden de Tláloc como una entidad serpentoide-humanoide-atmosférica-hidráulica.

Conceptualmente, esta vasija es importante porque conserva colores y texturas de origen que fueron utilizadas para manifestar los atributos de Tláloc. Por ejemplo, el color verde turquesa se utilizó para representar el agua (cara y cabeza de la figura) y el blanco o café, para las nubes (el tocado); además, el rojo fue empleado en elementos complementarios, como los colmillos de las serpientes o bandas horizontales de las orejeras, entre otros.

La riqueza simbólica de este recipiente ritual se amplifica aún más al considerar el contexto arqueológico en el cual se encontró la pieza. La vasija formaba parte de una ofrenda mortuoria, estaba colocada en posición horizontal, con la cara de Tláloc hacia abajo, y en su interior se encontraron *chalchihuites*<sup>16</sup> (piedras de jade verde), por lo que quizá representaba una fuente de la que manaba agua.

Lo anterior viene a reforzar la idea, también evocada en la interpretación de la estatua de Tláloc en Berlín, de que la deidad está compuesta por el trinomio naturaleza-humanidad-cultura y no por el binomio naturaleza-humanidad de Bonifaz.

Sin embargo, es necesario reconocer que la aceptación epistemológica de este binomio mezcla de entidades naturalísticas y humanas, no deja de ser un importante avance comprensivo de la episteme olmeca-mexica. Y en el mismo sentido, la omisión de la identificación del elemento artefactual-cultural tendría, incluso, la paradójica virtud de evidenciar las dificultades que surgen de modo inevitable en la pesquisa de la episteme precortesiana.

Ahora bien, las interpretaciones devienen más sutiles y profundas cuando no sólo se consideran los aspectos visibles de las dimensiones naturalísticas,

<sup>16</sup>Etimológicamente, *chalchihuites* proviene del náhuatl *chalchihuitl* que significa turquesa o jade verde. Era una piedra preciosa empleada de modo teogónico y ritual por las culturas precortesianas; algunos nobles portaban collares de *chalchihuites* y también se usaban para decorar edificios y esculturas.

FIGURA 2  
LA IMAGEN DE TLÁLOC EN LA OFRENDA 21 DEL TEMPLO MAYOR



Fuente: Foto de vasija ritual de Tláloc, ofrenda 21, Templo Mayor.

humanoides y artefactuales de las representaciones de Tláloc, sino cuando se incorpora el uso simbólico que se hacía de ellas. A pesar de la ausencia de evidencia empírica del uso simbólico de éstas, la interpretación es que tales construcciones fueron elaboradas y empleadas con fines teogónico-religiosos. Por ejemplo, la existencia de imágenes tloquianas en los edificios públicos, como el templo de Quetzalcóatl, sugiere un masivo uso dedicado al culto de lo sagrado. Dicho en otras palabras, Tláloc no es sólo una entidad atmosférica sino una deidad atmosférica mezclada con unas representaciones sobre los fenómenos climático-meteorológicos.

## CAPACIDAD ATMOSFÉRICA Y HUMANA EXPRESADA DEIFICADAMENTE

La pintura ideográfica constituía el principal registro de la apropiación simbólica del mundo del Anáhuac (Muñoz, 2006). Las unidades intelectuales, denominadas por esos pueblos *amoxtli*<sup>17</sup> (o libros),<sup>18</sup> tenían un repositorio físico, y una organización erudita, denominado *xiuhamoxtli* (bibliotecas). La arista institucional de esta tecnología intelectual estaba constituida por un conjunto de sacerdotes y sabios (*tlamatinime*) intérpretes de los *amoxtli*, profesionales de la pictografía (*tlacuiloque*) y escuelas (*calmecac*). Como se constatará más adelante, los *amoxtli* no eran sólo objetos pictográficos distintos a los libros escritos en alfabeto latino; ellos portan una episteme original, propia de la cultura olmeca-mexica.

Los *amoxtli* y códices mexicanos han sido analizados a partir de numerosos enfoques y escuelas de pensamiento. Las tendencias principales han interpretado estos objetos a partir de consideraciones astronómicas (Seler, 1963), históricas (Caso, 1967), calendáricas<sup>19</sup> (Villaseñor, 2012; Prem, 2008) y adivinatorias (Nowotny, 2005).

Para descubrir la trama cosmogónica, teogónica y filosófica de los pueblos precortesianos, numerosos autores han complementado sus interpretaciones con datos y argumentos obtenidos de las narrativas españolas posteriores a la Conquista, de monografías etnohistóricas y de relatos etnográficos de grupos étnicos contemporáneos. El problema metodológico de tales estrategias reside en la débil conexión entre argumentos provenientes de inconmensurables y asincrónicas narrativas.

<sup>17</sup>El término *amoxtli* se refiere aquí a la obra producida en tiempos precortesianos y libros, para la obra posterior a la Conquista. En el dominio del análisis de estos documentos está generalizado el término Códice, palabra que aquí se emplea por razones de identificación bibliográfica.

<sup>18</sup>De acuerdo con León-Portilla, Sahagún notó que existían varios tipos de obras: había *xiuhámatl* (anales), *tonalámatl* (libros de los días y destinos), *temicámatl* (sobre los sueños), *cuicámatl* (de cantos), *tlacamecayoámatl* (de linajes), *tlalátal* (de tierras) y *titici* (médicos) (León-Portilla, 2013).

<sup>19</sup>Varios autores identifican las siguientes cuentas temporales: el *tonalpohualli* (*tonalámatl*) o calendario de 260 días, *xiuhpohualli* (*tonalpohualli*) o ciclo de 365 días y el *xiuhmolpilli* o ciclo de 52 años (Paso y Troncoso, 1980; Nowotny, 1974; Meza, 1985; Batalla, 1994). Véase también Prem (2008) y Broda (2004).

Las recientes tendencias interpretativas de las acuñaciones precortesianas de los *amoxtli* se han enfocado de modo multidisciplinario, pero subsisten lecturas epistemológicas modernistas que presentan, de manera aislada, versiones sobre deidades, relaciones matemático-calendáricas, referencias empíricas, causas divinas y causas naturales. Lo anterior se expresa en la perplejidad que sigue causando en los intérpretes la multiplicidad de mezclas de entidades contenidas en los *amoxtli*, como se constata en los trabajos de Anders, Jensen y Cruz (1994) y de Díaz, Rogers *et al.* (1993) sobre diferentes códices y *amoxtli* y, de Byland (1993) sobre la restauración del Códice Borgia.

Para mostrar el alcance del despliegue epistémico heterogéneo en la acuñación de Tláloc se interpretará aquí el folio 23<sup>20</sup> del *amoxtli* conocido como Códice Laud (véase figura 3). De acuerdo con Anders, Jensen y Cruz (1994), Tláloc aparece como el señor de los días, señalando su omnipresencia temporal y espacial en el mundo prehispánico. Sobre el mismo folio, Nowotny lo considera como el “dueño de los signos calendáricos, el que determina el carácter de los días” (Anders, Jensen y Cruz, 1994: 255).

El contenido central del personaje consiste en su carácter humano-serpentoide-artefactual, como se señaló en el apartado anterior. El color turquesa es el tinte dominante con el que fueron pintados el vestido y los ornamentos de Tláloc, así como el cuerpo de animales y otros elementos alusivos a la presencia del agua en diferentes estados (biológico, líquido y gaseoso). En su cabeza tiene un tocado adornado con *chalchihuites* y una pluma preciosa de ave. Porta un casquete de cabeza de ocelotl, lo que significaría trasladarle atributos de fiereza y astucia de esta entidad a la deidad; el casquete mismo tiene un adorno pendiente de su oreja alusivo a los rayos solares que le da un sentido relativo a la potencia de la irradiación.

Su vestimenta es fastuosa, porta exquisitos aretes y toda clase de tocados en el cuerpo, a la usanza del vestido y ornamentos de la nobleza. Todo ello correspondería a una circulación de significados metafóricos entre deidades y nobleza. Porta en diferentes lugares elementos y adornos de *chalchihuites* alusivos al agua.

<sup>20</sup>Numeración corregida de acuerdo con Del Paso y Troncoso (1980).

En una mano sujeta un hacha con cabeza de *quetzal*; de su pico salen glifos<sup>21</sup> de sonido, lo que simbolizaría el trueno emitido por el ave. En esta situación existiría una relación recíproca entre la capacidad de actuar de la deidad, del *quetzal* y del trueno, mediada por mezclas de elementos animales y artefactuales. La asociación de la mano con el hacha-*quetzal* muestra una interacción entre deidad y entidades para intervenir a través del sonido del ave preciosa en la producción del trueno. El trueno es una interpenetración de la capacidad de Tláloc y del ave de devenir sonido poderoso capaz de engendrar actos atmosféricos, como interactuar con el rayo, la lluvia y el resto de elementos participantes del folio del *amoxtli*.

En la otra mano sostiene una serpiente incandescente, representativa de un rayo, situación que puede apreciarse gracias a la pintura de los glifos de flama saliendo de su cuerpo. La asociación de la mano de la deidad con la serpiente incandescente señala una interacción entre la capacidad de Tláloc de intervenir en el medio ambiente a través de una serpiente y la de la serpiente a través de su incandescencia, en la elaboración del rayo: el significado sintético sería que el rayo es una interpenetración del poder de comandar de Tláloc y de la serpiente de devenir incandescente, transfiriéndose entre ambos sus capacidades de acción.

Ahora bien, si el interés en esta última asociación surge a partir del “fenómeno rayo” y del “fenómeno trueno” en lugar de iniciar por Tláloc, se observa en el primer caso una mezcla sintética de tres entidades: “serpiente incandescente-fuego serpentoide-mano de Tláloc”. Lo mismo ocurre con el fenómeno trueno, consistente en la mezcla de cuatro entidades: se trata de un “ruido-pico de *quetzal*-hacha-mano de Tláloc”.

De la boca de Tláloc salen advocaciones que comunican, mediante el glifo día *ocelotl*, con un rayo ascendente (ver la dirección de las flamas), mismo que, a través del glifo día *calli*, las comunica con las gotas de lluvia y éstas con las nubes. Este esquema de relaciones quizá simbolizaría una plegaria que toma forma de rayo y que se relacionaría con la generación de la lluvia.

<sup>21</sup>En el contexto de los *amoxtli*, glifo tiene el alcance de un concepto, de modo que un glifo se despliega como pictograma, ideograma y fonograma. De conformidad con el sitio Tlachia: “Caracterizar un glifo consiste en preguntarse por las particularidades de los glifos en los que figura el elemento constitutivo buscado. Estos rasgos se encontrarán en el dibujo, en sus relaciones con los otros elementos, en sus lecturas, o incluso, en sus sentidos de lectura” (Tlachia, disponible en <http://tlachia.iib.unam.mx/terminologia>, consultado el 31 de octubre de 2015).

En estas asociaciones, Tláloc manipula con sus manos a entidades animales-fuerzas naturales desplegando el rayo, el trueno y la lluvia; demanda con su voz a entidades artefactuales (glifo día *calli* y glifo día *ocelotl*) la acción de la lluvia y formación de las nubes. También comando indirectamente, la interacción con otras entidades implicadas en los fenómenos atmosféricos. Su capacidad de acción directa, en forma de rayos, truenos, nubes y lluvia, está ligada a su cuerpo de divinidad y a los artefactos y animales que porta como mediadores; la capacidad indirecta se expresa en forma de ríos (banda inferior), disponibilidad de animales, así como abundancia en la producción agrícola (abajo a la derecha).

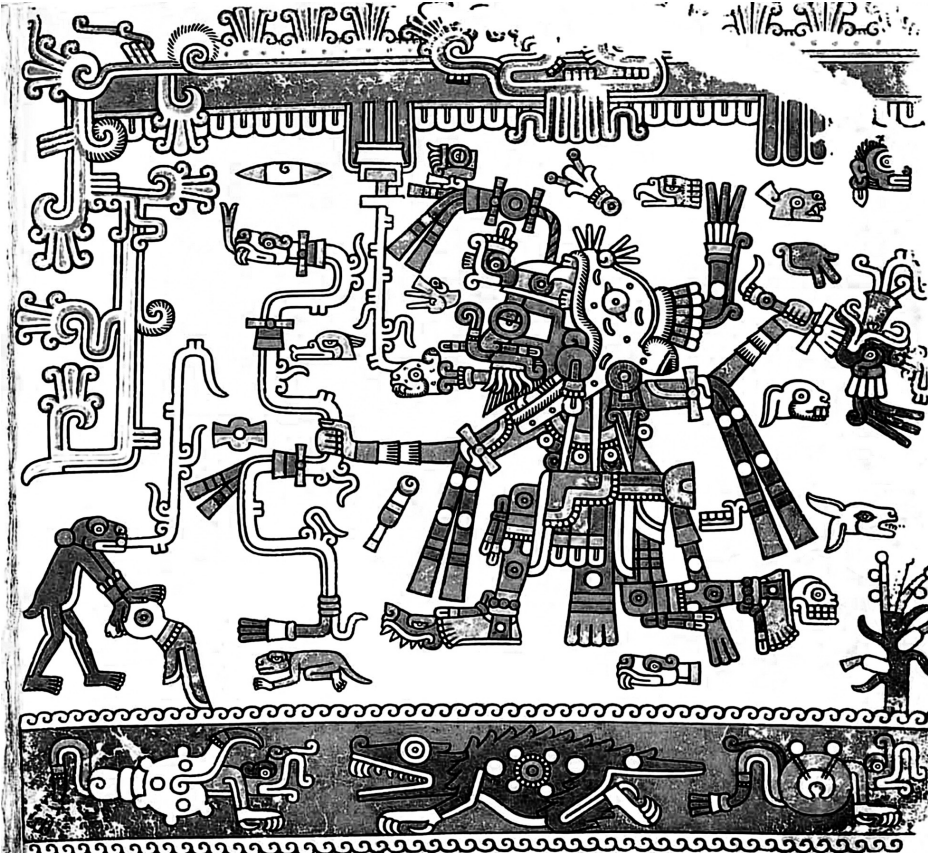
Pero no sólo Tláloc tiene tales tipos de capacidad de acción; también el batracio, en tanto entidad compuesta de propiedades animal-humanoides (ubicado abajo a la izquierda del folio), genera una especie de plegaria-trueno, como un croar que se eleva hacia las nubes, quizá demandando lluvia para rellenar de agua su vasija y continuar con su tarea de regar el suelo; simultáneamente y con sus manos humanoides, manipula un recipiente irrigando el suelo. Como en el caso de Tláloc, en la acción del batracio pueden apreciarse de nueva cuenta los vínculos entre las entidades y los elementos atmosféricos.

Otros elementos importantes en el *amoxtli* son los glifos de los 20 días del mes precortesiano; los símbolos diarios tienen una ubicación estratégica de acuerdo con diferentes lecturas (Boone, 1983; Anders, Jansen y Cruz, 1994). Algunos símbolos están adheridos a la deidad en tanto que otros se encuentran en el ambiente. Es probable que la ubicación y posición de los glifos diarios significasen algún vínculo calendárico con los fenómenos climático-meteorológicos.

Los símbolos diarios ligados a la deidad son el día *ocelotl*, en el aliento de su boca; es posible que simbolizaran la capacidad de advocación oral de Tláloc; el día *quiahuitl* está adjunto al penacho de plumas preciosas, simbolizando quizá la lluvia; el día *cipactli*, en el pie ubicado al frente, vinculado a la tierra; y el día *miquiztli*, en la planta del pie trasero, vinculado a la muerte depositada en la tierra.

El resto de símbolos diarios distribuidos en torno a Tláloc simbolizaría relaciones calendáricas con la ocurrencia de fenómenos meteorológicos y climáticos. En otros *amoxtli* del tipo Laud es común que en las páginas iniciales se

FIGURA 3  
EL DESPLIEGUE DE TLÁLLOC EN EL MUNDO



Fuente: Códice Laud, folio 23. Disponible en <http://content.lib.utah.edu/cdm/ref/collection/Aztec/id/25>

presenten las veintenas de días, en las cuales cada día aludía de manera simultánea a una cronología y una espacialidad. Esto hace suponer que la distribución de los días del folio 23 estaba asociada a ciertas nociones espacio-temporales y climático-meteorológicas.

Si se vuelve a la imagen de Tláloc en el folio, éste se ubica entre el agua de las nubes y la que escurre por la tierra. Él es el mediador atmosférico que está imbuido de agua en estado gaseoso, como nubes —en color blanco y rojo— y en estado líquido, como capa central de las nubes y como escurrimientos sobre la



tierra en forma de ríos —ambos en color turquesa, del mismo tono que los cuerpos de Tláloc y del batracio.

En este folio se describe el comportamiento del agua en la atmósfera y sus vínculos con el rayo, el trueno y otras entidades: el ambiente está repleto de agua en estado gaseoso que forma nubes de diferentes características. Las nubes están formadas por tres capas (tres bandas superiores en el *amoxtli*); la central está pintada de color turquesa (color continuo) simbolizando una capa de agua líquida. La superior formada por torbellinos, misma que se evapora formando vórtices en su límite superior, lo que hace suponer constante movimiento voraginoso. La capa inferior está simbolizada por gotas de lluvia desprendiéndose de la capa central de agua líquida como tipos de precipitaciones. Al centro (en la parte deteriorada del folio), podría haber una montaña, vinculada con la formación de nubes.

La secuencia relacional podría iniciarse con las advocaciones de Tláloc en forma de rayo que salen de su boca y los truenos que salen del pico del ave y se despliegan en toda la atmósfera; ambos elementos se comunican con las nubes formadas por tres capas, de nubes de vapor, de agua líquida color turquesa y de lluvia propiamente dicha. La lluvia irriga el suelo —alimentando al maíz— y una parte alícuota forma ríos donde se alojan animales acuáticos. El batracio recibe parte de esa lluvia en su vasija y la vierte al suelo.

El maíz es otra entidad natural-humana inscrita en el propio rediseño de la fisiología y anatomía de la planta (Arellano, 1996). Toda esta secuencia estaría vinculada entre sí y comandada por la acción de Tláloc.

En la franja inferior del folio se halla una corriente de agua habitada por tres entidades animales. En sus extremos se ubican un caracol y un artrópodo, animales de costa marina, y al centro un adornado *cipactli*, animal de los manglares y pantanos. Por otra parte, la banda de agua está escurriendo y aludiría a una situación riverense debido al oleaje que se aprecia en sus orillas; esta franja no representa al mar, como se ha sugerido en otras interpretaciones, pues además de existir en el folio indicios que aluden a una porción de agua entre dos orillas, no existe constancia de una vida marítima como tal entre los pueblos precortesianos, si acaso una vida costera.

Encima de esta franja inferior, en el suelo, a la derecha, se halla una planta de maíz con dos mazorcas. El gran tamaño de las mazorcas y el hecho de que sean “cuateras”, como dicen los agricultores, significa una buena productividad de la cosecha.

A estas alturas de la interpretación, es claro que atmósfera es el término que se ha impuesto como cuerpo analítico para acceder a la reinterpretación del ambiente de Tláloc, en el cual, por supuesto, él estaba involucrado.

En este folio del *amoxtli*, Tláloc actúa como entidad natural-humanoide-divina en un mundo interpenetrado de contenidos humanos, naturales, metafísicos y físicos; se trata de un mundo humanizado-naturalizado-deificado en el que todas las entidades interactúan, son activas y están conectadas entre sí. En resumen, se trataría de la representación de una epistemología en la que todos los elementos se interpenetran en sus acciones.

La escritura-lectura de los *amoxtli* funcionaría como instrumento de coordinación de la vida de los hombres, puesto que éstos acuñaban, en estos medios de comunicación, los esquemas de funcionamiento de sus representaciones del mundo. De este modo, la acuñación conceptual-ideográfica tlaloquiiana era obra de los hombres que elaboraban así las definiciones de su experiencia en el mundo.

Tláloc es la acuñación, en una versión deificada, del conocimiento teogónico, cosmogónico y atmosférico del propio hombre precortesiano, así como una representación deificada del hombre precortesiano. No se trata de una representación absurda ni desenfrenada, sino de la acuñación de las operaciones de Tláloc y su ambiente pintadas en el folio; así, se trataría de la representación exacta de los conocimientos que habían alcanzado las comunidades epistémicas precortesianas y que se deseaban transmitir a las masas de sus pueblos.

TLÁLOC: ENTIDAD DESACRALIZADA,  
DESNATURALIZADA Y DESHUMANIZADA

Poco tiempo después de la destrucción del imperio mexica se iniciaron los trabajos que condujeron a los primeros análisis culturales de la sociedad conquistada y a la suplantación de los dispositivos intelectuales mexicas por los intro-

ducidos por los españoles. Bernardino de Sahagún jugó un papel determinante en este trabajo.

Se sabe que entre 1558 y 1562, Sahagún fue puesto en contacto con informantes de Tetepulco y Tlaltelolco para recopilar sus testimonios y conocimientos de la cultura precortesiana (Jiménez, 1938). De este trabajo de recopilación, escribió la *Historia general de las cosas de la Nueva España (Historia)*; luego de censuras religiosas y manipulaciones, fueron confiscados los tres ejemplares en 1577 y fue hasta 1829 cuando fue publicada por la intervención de Carlos María de Bustamante (Simeon, 1880).

Sahagún era un erudito de la lengua náhuatl y la *Historia* era una obra tanto ideográfica como alfabética, con textos en castellano, náhuatl y latín. Ello supuso un gran cambio en las tecnologías intelectuales: por una parte, la fonética de la lengua náhuatl fue transcrita al alfabeto latino; por otra, la componente ideográfica fue realizada por antiguos *tlacuiloque* con nuevos instrumentos, materiales y elementos pictóricos cuya combinación resultó en una mezcla de escritura estilo *amoxtli* con leyendas en castellano estilo libro. De los tres ejemplares realizados en 1577, uno de ellos se encuentra en la Biblioteca Medicea Laurenciana de Florencia y ahora se conoce como Códice Florentino.

El trabajo interpretativo de Sahagún correspondía con la episteme institucionalizada de la época, caracterizada y regulada por el clero. Su escritura seguía una organización de la argumentación, un encadenamiento de las ideas y una consecución de normas discursivas —diría Foucault en su *Arqueología del saber* (1970)—. La *Historia* seguía en su exposición una ontología que distinguía dimensiones divinas, sociales y naturales,<sup>22</sup> en la cual la argumentación católica de lo divino fundamentaba las otras dos dimensiones.

La *Historia* de Sahagún comenzaba por la descripción de las dimensiones divinas, en la que reseñaba el panteón mexica, los sacrificios y honores a las deidades y el origen de los dioses; enseguida describía la dimensión de la astro-

<sup>22</sup>La *Historia general de las cosas de la Nueva España* tiene 12 libros, a saber: Libro I. De los dioses adorados, Libro II. Fiestas y sacrificios, Libro III. Del origen de los dioses, Libro IV. De la astrología judicial, Libro V. De los augurios y pronósticos, Libro VI. De la retórica, la filosofía moral y la teología, Libro VII. De la astrología natural, Libro VIII. De los reyes y gobierno, Libro IX. De los comerciantes y artesanos, Libro X. De las virtudes y vicios, Libro XI. De los animales, hierbas y metales, Libro XII. De la conquista de la Nueva España (Sahagún, 1880: 896).

logía judicial,<sup>23</sup> el sistema de pronósticos, adivinaciones y augurios, la retórica y la filosofía náhuatl. En la dimensión social, Sahagún habla de la historia de la organización de las sociedades precortesianas, de la industria y mercado, de las virtudes y vicios. En la dimensión de la naturaleza, narra las especies vegetales, animales y minerales de la Nueva España. Al final da su versión de la conquista española (Sahagún, 1938).<sup>24</sup>

También, en la sección de la dimensión divina y de modo más específico en el capítulo IV del libro I, presenta la nueva imagen y descripción de Tláloc (véase figura 4). La nueva representación de Tláloc está desposeída de los atributos cognitivos mexicas y su denominación, escrita por los ayudantes de Sahagún en la página 10, reza: “Tláloc Tlamacazqui dios de las lluvias”, que es el término reproducido desde entonces hasta la actualidad.

Sahagún describe en los siguientes términos a Tláloc:

Este dios llamado Tláloc; tlamacazqui era el dios de las lluvias. Tenían que él daba las lluvias para que regasen la tierra; mediante la lluvia se criaban todas las yerbas, árboles y frutas y mantenimientos, también tenían que él enviaba el granizo y los relámpagos y rayos y las tempestades del agua, y los peligros de los ríos y del mar. En llamarse Tláloc tlamacazqui quiere decir que el dios que habita el paraíso terrenal, y que da a los hombres los mantenimientos necesarios para la vida corporal (Sahagún, 1938: 17).

Fuera de esta escueta descripción, Sahagún se refiere de manera aislada y dispersa a Tláloc; algunas de las referencias son las siguientes (Sahagún,

<sup>23</sup>Cabe recordar que en la época de la Conquista los sacerdotes españoles utilizaban almanaques, como el de Johannes Regiomontanus de 1475 (Regiomontanus, 1498) y no es sino hasta tiempos de Kepler, en el siglo XVII cuando la astrología se desprendió en definitiva de la astronomía (para apreciar mejor la elaboración kepleriana de esta separación, como puede consultarse el tomo II de astronomía, *Opera omnia* (Kepler, 1858-1871). En efecto, a Kepler se debe la especificación de la astronomía consagrada al estudio de los astros cuando fundamentó de modo matemático el movimiento de los planetas alrededor del Sol y con ello extendió la posibilidad de comprender con rigor el movimiento de todos los astros; la astrología quedó delimitada como el estudio de la influencia de los astros en la vida de los hombres.

<sup>24</sup>Sahagún entendía que su trabajo presentaba, por una parte, una vertiente cognitiva dirigida al conocimiento del mundo precortesiano para influir en su reideologización católica; por otra parte, una vertiente lingüística, cercana al trabajo de Calepino para inscribir la lengua náhuatl y mejorar la traducción castellano-náhuatl, y una vertiente narrativa explicativa del mundo precortesiano ante el mundo europeo de la época.

1880): “Estaba asociado a la formación del granizo, de los relámpagos, true nos, trombas, de manantiales y de ríos” (p. 15). “Chalchiuhtlicue diosa del agua —sería la hermana de Tláloc— reinaba los mares y los ríos” (p. 21). “Tláloc, también se entendía como ser de tierra. *Tlalli* (tierra) y *onoc* (ser), Tláloc” (p. 21). Las montañas podrían ser evidencias de Tláloc pues según Sahagún, serían el punto de partida de las nubes y las lluvias: “los *Tlaloques* serían nubes distintas” (p. 347 evocación desprendida de una plegaria recopilada por Sahagún) y Ehécátl sería un híbrido de hombre y pato, “representando al dios del viento o invisible” (p. 344). “La diosa Chicomecóatl sería la diosa de la agricultura” (p. 344).

FIGURA 4  
LA IMAGEN SAHAGUNIANA DE TLÁLOC



Con la obra de Sahagún se forma la nueva interpretación de Tláloc, pero también de sus “ayudantes”, los *tlaloques*. En el capítulo XI del Libro I, se introduce a una de éstas, Chalchiuhtlicue; efectivamente, se le presenta como diosa del agua corriente y de los mares, hermana de Tláloc y como una *tlaloque*. Otro *tlaloque* mencionado es Opochtli, un “dios” menor del panteón mexica asociado a los habitantes del “paraíso terrestre” y al cual se le atribuía haber inventado las artes de pesca.

En términos filosóficos, Sahagún presenta algunas narrativas a propósito de las deidades precortesianas y de Tláloc en particular. Así, en el capítulo VII, del Libro VI, rescata:

El lenguaje y los efectos que usaban cuando oraban al dios de la lluvia nombrado Tláloc, el cual tenían que era el señor y rey del paraíso terrenal, con otros muchos dioses y sujetos que llamaban Tlaloques y su hermana Chicomecóatl; la diosa Ceres. Esta oración la usaban los sátrapas en tiempos de seca para pedir agua a los de arriba dichos. Contiene muy delicada materia; están espesos en ella muchos de los errores que antiguamente tenían (Sahagún, 1938: 72, TII).

También rescata de algún informante que “el verdadero fruto de la substancia de los dioses Tlaloques, son las nubes que traen consigo y siembran sobre nosotros la lluvia” (Sahagún, 1938: 76, TII).

En su descripción de la naturaleza de la Nueva España, Sahagún no puede evitar referir la deificación con que sus informantes comprendían los fenómenos. En el capítulo V del Libro VII afirma, por ejemplo, que “los mexicanos aplicaron varios nombres al relámpago, al trueno, que ellos atribuyen a los dioses Tlaloque o Tlamacazque. Se decía que eran ellos quienes fabricaban las centellas y los truenos, mismos que caían sobre quien querían” (Sahagún, 1880: 484). En el capítulo VI del Libro VII, sobre las nubes, Sahagún citaba que:

Las nubes y las pluvias atribuíanlas a estos naturales a un dios que llamaban Tlalocantcutli, el cual tenía muchos otros debajo de su dominio a los cuales llamaban Tlaloque y Tlamacazque. Éstos pensaban que criaban todas las cosas necesarias para el cuerpo, como maíz y frijoles, etc. y que ellos enviaban las pluvias para que naciesen todas las cosas que se crían en la tierra (Sahagún, 1938: 267, TII).

De igual modo señalaba que: “los mexicanos tomaban por dioses a todas las montañas elevadas, sobre todo aquellas que eran el punto de partida de nubes en los días de lluvia, y ellos imaginaban un ídolo por cada una de ellas, según la idea que ellos habían formado” (Sahagún, 1880: 43).

El tipo de representación sobre Tláloc mutó de manera notable con Sahagún. Hasta los tiempos mexicas, los dibujos representaban a los personajes de lado y no en diagonal, como se presenta el personaje de Sahagún. Los colores turquesa originales característicos de la entidad desaparecieron de los cuadros. La anatomía se “humanizó” de manera naturalística; y la asociación de la entidad con otros elementos se redujo, en este caso, al casquete de nubes del antiguo Tláloc, un objeto en la mano derecha y un pequeño adorno en la izquierda.

Del Tláloc multimezclado y todo poderoso de los *amoxtli*, sólo quedó un hombre pintado de negro con manchas en las mejillas asiendo un junco blanco en la mano derecha, un pequeño escudo o antebrazera con una flor acuática en la izquierda; ataviado, en lugar de un taparrabo, con una faldita decorada por pequeñas manchas como posible símbolo de la lluvia; y coronado por un tocado de plumas blancas (tal vez de garzas) con adornos de aparentes espigas de maíz y una pluma verde como remate.

La imagen de esta lámina es ilustrativa de la traducción que sufrió la tecnología intelectual precortesiana, no sólo en términos de la materialidad del intelecto que sustenta la acuñación de la experiencia del hombre en el mundo, sino también en cuanto a las asimetrías epistémicas y políticas que ocurrieron en la traslación de la cultura precortesiana a la cultura de los conquistadores españoles.

Esta imagen permite considerar que los cambios señalados marcan un cambio de episteme. Al truncar la epistemología política mexica, la colonización despojó a Tláloc de sus cualidades cognitivas y de su contenido serpentoide-humanoide-artefactual abandonado entonces a su insignificante humanidad.

Las mutaciones ocurridas sobre la representación de Tláloc, realizadas por Sahagún en la lámina 10 del Códice Florentino, son un buen ejemplo de los cambios epistémicos de los que aquí se ha dado cuenta. La conquista de la cultura mexica también incluyó la conquista de Tláloc, de su episteme y de su conocimiento inscrito. Sahagún conquistó a Tláloc, cambiando la significación

de sus cualidades, poderes naturales y sobrenaturales; al denominarlo simplemente como dios mexica de la lluvia y al retirarle cualquier significación teogónica, cosmogónica y positiva de los fenómenos atmosféricos. En este proceso se sitúa la investigación sobre la cultura mexica que condujo a Sahagún a la escritura de la *Historia general de las cosas de la Nueva España*. Esta obra fue un hito de tecnología intelectual fundamental para la conquista epistémica del pensamiento precortesiano.

La operación epistémica de Sahagún sobre Tláloc se correspondió con un estilo retórico medieval que fracturó la teogonía-cosmogonía-positividad original de Tláloc para siempre; en adelante, Tláloc devendría el dios de la lluvia impotente, las montañas serían erróneas fuentes de lluvias y, en general, a la entidad se le asociaría con una inexacta comprensión de los fenómenos meteorológicos.

Faltaban entonces pocos siglos para que el movimiento epistémico modernista eliminara a su vez las divinidades católicas sahaunianas y promoviera su comprensión como parte de un entramado mitológico de unos pueblos desaparecidos, y a Tláloc como un ente incapaz de brindar algún conocimiento sobre la atmósfera, la cultura y la epistemología del pueblo que lo forjó. En este estado es como se encuentra a Tláloc antes de este escrito.

## CONSIDERACIONES FINALES

El mundo olmeca-mexica se corresponde a una historia específica de apropiación del mundo evidenciada en la acuñación de instrumentos epistémicos y resultados cognitivos caracterizados por la mezcla heterogénea de entes deificados, alusivos a existencias naturales, humanas y artefactuales.

Muchos aspectos de la cultura olmeca-mexica serán para siempre inaccesibles debido a la insuficiencia de información disponible y la incapacidad de rescatarla. Sin embargo, las escasas inscripciones conservadas, en tanto relictos de su tecnología intelectual, permiten acceder a algunos de ellos.

La apropiación de la atmósfera por estas culturas se inscribió en las figuras de la deidad denominada Tláloc. Las representaciones de Tláloc daban cuenta simultánea de la teogonía y de la positividad del conocimiento de los mexicas;



así como de la epistemología que les sustentaba. A la llegada de los españoles al Anáhuac, Tláloc representaba el conocimiento de los vínculos de los mexicas con lo que ahora denominamos atmósfera y sus fenómenos principales.

Las imágenes tlaloquianas hacen patente el avanzado conocimiento y el desarrollo del arte de estos pueblos, pero también constituían elementos importantes de la teoría de la sociedad mexicana, que se basa en la acuñación de deidades humanoides-naturalísticas capaces de actuar en el mundo natural-social y que tenían como objetivo la supervivencia y la reproducción social. Tláloc no sólo era una entidad mitológica, como puede suponerse después de Sahagún; las representaciones de esta deidad constituyen también una teoría del conocimiento del hombre mexicano. El conocimiento de Tláloc, entendido como criatura dotada de atributos performativos, es decir, de una capacidad de realizar fenómenos en el mundo, es el conocimiento de una parte importante del saber mexicano y por lo tanto de su cultura. Al referir sobre Tláloc como teoría del conocimiento atmosférico se hace sobre los pueblos olmeca-mexicas mismos.

Con el uso de una episteme no disciplinaria, se ha podido dejar atrás las nociones unívocas sobre Tláloc y constatar la heterogeneidad y la multiplicidad de mezclas ideográficas y conceptuales presentes en las representaciones de la deidad, que denotan una episteme de heterogeneidades. En efecto, se trata de composiciones de mezclas de representaciones naturalísticas y culturales, pero organizadas conforme a una episteme no moderna; es por ello que la iconografía de heterogeneidades que compone a Tláloc y a su entorno dificulta una lectura disciplinaria, requiriendo de un aparato analítico capaz de interpretar epistemes heterogéneas, como se ha hecho en este trabajo.

La epistemología que sustentaba a todo el panteón precortesiano y, por lo tanto, a Tláloc era variable y heterocausal. Las evidencias ideográficas conservadas en los *amoxtli*, esculturas, cerámicas, objetos arquitectónicos precortesianos, dificultan los análisis universalistas y disciplinariamente especializados; en cambio, la riqueza artística y simbólica facilita los exámenes heterocausales de la obra estética precortesiana.

A partir de los artefactos arqueológicos tridimensionales analizados, la interpretación que aquí se hace es que Tláloc es la representación de una deidad de

contenido heterogéneo de naturaleza y humanidad, de serpiente y de hombre, de naturaleza-material (roca o cerámica) y de cultura. Esto significa que la mezcla naturaleza-cultura es doble: por un lado en la representación serpienteoide-humanoide de Tláloc y, por otro, en la elaboración natural-cultural de la materialidad que sustenta tal iconografía.

Con base en el análisis del folio 23 del *amoxtli* Códice Laud, se encuentra la materialización de una tecnología intelectual en la que los hombres precortesianos acuñaban sus complicadas entidades. La acuñación conceptual-ideográfica era el resultado de la acción de seres humanos que así elaboraban las definiciones de su experiencia en el mundo y las obras estéticas que participaban en la sintonización de la vida de los hombres.

Desde el punto de vista epistemológico, es posible postular que la comunidad de autores y usuarios simbólicos de las diversas representaciones de Tláloc compartiesen una episteme negociada y validada colectivamente. Por ello, las imágenes de Tláloc no deberían ser tratadas como imágenes irrealistas del mundo o de iconografías religiosas espurias, como pretendían los conquistadores españoles; por el contrario, se trataba de concreciones de un entramado epistémico asequible y aceptable para el intelecto de las comunidades de conocimiento y de los pueblos que le elaboraron y vivieron.

La colonización destruyó todo el dispositivo intelectual mexica, incluido aquél sobre Tláloc, al interrumpir la producción material de la escritura, la reproducción de la erudición de una civilización y sus instituciones asociadas al acrecentamiento de los conocimientos en general y de los de la atmósfera en particular. En tal situación, si los artefactos y las representaciones simbólicas heterogéneas resultaban incomprensibles para los conquistadores, la episteme olmeca-mexica que hasta entonces las había producido les resultaba inaccesible.

Frente a la episteme heterocausal propia del mundo olmeca-mexica productora de entidades imbuidas de mezclas de propiedades en apariencia desenfundadas, el mayor esfuerzo comprensivo de los conquistadores se presentaba en forma de un aparato crítico católico; se trataba de un esfuerzo mayúsculo por dominar lo más profundo de las mentes de los pueblos precortesianos, en cuyo núcleo se encontraba una epistemología política. El ejemplo de este esfuerzo

epistémico quedó acuñado en la biografía intelectual de la mente española más avanzada en la colonia representada por Sahagún, quien veía en los *amoxtli* y en la obra plástica del Anáhuac elementos epistémicos y conocimientos positivos insostenibles, cargados de errores, respecto al conocimiento estándar del catolicismo, tal como quedó de manifiesto en la Lámina 10 del Códice Florentino.

Luego de la dispersión del Estado mexica, conseguir de los pueblos conquistados la construcción de nuevos artefactos materiales, como iglesias, retablos, cerámica religiosa, etcétera, fue la cosa más simple, más complicado resultó la sustitución de la epistemología olmeca-mexica por una portadora ya de los elementos de la epistemología moderna caracterizada por la separación ontológica de la naturaleza y de la cultura. Se está frente a un fenómeno aún por estudiar a cabalidad: la conquista epistemológica, entendida en este caso como eliminación generalizada del dispositivo intelectual mexica, uno de los cuales fue el dispositivo sobre Tláloc.

En los tres momentos del análisis de la iconografía de Tláloc —obra escultórica y cerámica, Códice Laud y Códice Florentino— se eligió aquí un enfoque epistémico abierto a la comprensión de la representación de los fenómenos como mezclas de materialidad, conocimiento simbólico, técnicas y de colectivos; este enfoque ha permitido explorar el entramado cognitivo sobre los fenómenos atmosféricos acuñados en la deidad Tláloc, así como la deconstrucción operada por Sahagún a manera de contraejemplo epistemológico.

El tema del conocimiento sobre los fenómenos atmosféricos inscritos en Tláloc constituye un hito del trabajo de la antropología de los conocimientos. En efecto, la comprensión de Tláloc, no sólo como la representación de una deidad de la lluvia y el trueno sino como el resultado de la acción del hombre en el mundo, es una propuesta interpretativa que contribuye a la construcción de la epistemología de los conocimientos de los fenómenos atmosféricos como un objeto de estudio del fenómeno humano en el mundo.

Con el análisis del conocimiento atmosférico incorporado a Tláloc, se alcanza a distinguir una de las epistemologías del conocimiento del hombre y, por lo tanto de modo incipiente, algunas señales sobre una teoría del conocimiento como representaciones de su experiencia en el mundo. Estos análisis

están encaminados hacia el desarrollo de un programa de trabajo antropológico sobre el conocimiento, en el cual la antropología, en tanto teoría del saber del hombre, se basa en el estudio de los resultados de comunidades epistémicas, como el caso del conocimiento atmosférico de la cultura olmeca-mexica.

## FUENTES CONSULTADAS

- AGUILERA, Carmen (1997), “Aculturación en el Códice Cospi”, *Estudios de la Cultura Náhuatl*, núm. 27, México, UNAM.
- ANDERS, Ferdinand, Maarten Jansen y Cruz Alejandra Ortiz (1994), *La pintura de la muerte y de los destinos. Libro explicativo del llamado Códice Laud*, México, Akademische Druck-und Verlagsanstalt, Fondo de Cultura Económica.
- ARELLANO HERNÁNDEZ, Antonio (1996), *L’hybridation de maïs et des agriculteurs dans les Hautes Vallées du Mexique (La production des objets techniques agricoles)*, Thèse de doctorat a la Faculté des Sciences Sociales, Québec Université Laval.
- (2014), *Cambio climático y sociedad*, México, UAEM-Miguel Ángel Porrúa.
- (2015), *Epistemología de la Antropología: conocimiento, técnica y hominización*, México, UAEM-EON.
- (en prensa), *Tláloc: teogonía, cosmogonía y epistemología atmosféricas precortesianas*, UAEM-Colofón.
- ARISTÓTELES (1474), *Meteorológicas*, Padua, Laurentius Canozius für Johannes Philippus Aurelianus et fratres.
- BASTIDE, Françoise (1985), “Iconographie des textes scientifiques: principes d’analyse”, *Culture technique*, núm. 14, pp. 132-151.
- BATALLA ROSADO, Juan José (1994), “Los tlacuiloque del Códice Borbónico: una aproximación a su número y estilo”, *Journal de la Société des Américanistes*, vol. 80, núm. 1, pp. 47-72.
- BOONE, Elizabeth (1983), *The Codex Magliabechiano and the Lost Prototype of the Magliabechiano Group*, Berkeley, University of California.
- BONIFAZ NUÑO, Rubén (1996), *Imagen de Tláloc, hipótesis iconográfica y textual*, México, UNAM.
- BRODA, Johanna (2004), “Ciclos agrícolas en la cosmovisión prehispánica: el ritual mexica”, en J. Broda y C. Good Eshelman, *Historia y vida ceremonial en las comunidades mesoamericanas; los ritos agrícolas*, México, Conaculta/INAH/IIH/UNAM.

- BYLAND, Bruce (1993), "Introduction", en Gisele Díaz y Alan Rodgers, *The Codex Borgia: A Full-Color Restoration of the Ancient Mexican Manuscript*, Washington, Dover Fine Art, History of Art.
- CASO, Alfonso (1949), "El Paraíso Terrenal en Teotihuacán", *Cuadernos Americanos*, vol. 1, núm. 6, noviembre-diciembre, pp. 127-136.
- (1966), *Dioses y signos teotihuacanos. Teotihuacán*, 11ª mesa redonda México, Sociedad Mexicana de Antropología.
- (1967), *Los calendarios prehispánicos*, México, UNAM.
- CONTEL, José (2009). "Los dioses de la lluvia en Mesoamérica", *Arqueología mexicana*, vol. XVI, núm. 96, pp. 20-25.
- DE LA GARZA, Mercedes (2009), "Chaac, la sacralidad del agua", *Arqueología mexicana*. vol. XVI, marzo-abril, pp. 35-40.
- DEL PASO Y TRONCOSO, Francisco (1980), *Historia y exposición del Códice Borbónico*, México, Siglo XXI Editores.
- DE SANTILLANA, Giorgio y Hertha von Dechend (1977), *Hamlet's Mill: An Essay on Myth and the Frame of Time*, Boston, David R. Godine Publisher.
- DESCARTES, René (1637), *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, plus la dioptrique, les météores et la géométrie qui sont des essais de cette méthode*, París, A Leyde de l'imprimerie de Jean Maire.
- DÍAZ, Gisele, Alan Rodgers y Bruce Byland (1993), *The Codex Borgia: A Full-Color Restoration of the Ancient Mexican Manuscript*, Washington, Dover Fine Art, History of Art.
- FOUCAULT, Michel (1970), *La arqueología del saber*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.
- GEERTZ, Clifford (1987), *La interpretación de las culturas*, México, Gedisa.
- GOODY, Jack (1979), *La raison graphique: la domestication de la pensée sauvage*, París, Les Éditions de Minuit.
- HEYDEN, Doris (1984), "Las anteojeras serpentina de Tláloc", *Estudios de Cultura Náhuatl*, núm. 17, pp. 23-32.
- JANSEN, Maarten (1997), "Los fundamentos para una 'lectura lírica' de los códices", *Estudios de Cultura Náhuatl*, núm. 27, pp. 165-181.
- JIMÉNEZ MORENO, Wigberto (1938), "Advertencia", en Bernardino Sahagún, *Historia general de las cosas de la Nueva España*, tomo I, México, Ed. Pedro Robredo, 1938.
- KEPLER, Johannes (1858-1871), *Opera Omnia*, Frankfurt, Heyder et Zimmer (a. M.).

- KIRCHHOFF, Paul (1960), “Mesoamérica, sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales”, *Suplemento Revista Tlatoani*, México, ENAH.
- KRICKEBERG, Walter (1961), *Las antiguas culturas mexicanas*, México, FCE.
- LADRÓN DE GUEVARA, Sara (2009), “Tláloc en el Tajín, Veracruz”, *Arqueología mexicana*, vol. XVI, marzo-abril, pp. 44-47.
- LEÓN-PORTILLA, Miguel (2003), *Códices. Los antiguos libros del Nuevo Mundo*, México, Aguilar.
- (2005), *La filosofía náhuatl estudiada en sus fuentes*, México, UNAM.
- (2013), *Visión de los vencidos, relaciones indígenas de la conquista*, México, UNAM.
- LÉVI-STRAUSS, Claude (1969), *Las estructuras elementales de parentesco*, Buenos Aires, Paidós.
- MATOS MOCTEZUMA, Eduardo (1979), *Trabajos arqueológicos en el centro de la ciudad de México. Antología*, México, INAH.
- MCCARTY, W. (2008), “What’s going on?”, *Literary and Linguistic Computing*, vol. 23(3), pp. 253-261.
- MEZA GUTIÉRREZ, Arturo (1985), *El Calendario de México*, Cd. Nezahualcóyotl, Kalpulli Editorial.
- MUÑOZ CAMARGO, Diego (1892), *Historia de Tlaxcala*, México, Secretaría de Fomento.
- MUÑOZ GARCÍA, Eduardo (2006), “La transformación en los códices indígenas de México y su desarrollo tras la Conquista”, Tesis para obtener el título de licenciado en Artes Visuales, México, UNAM/ENAP.
- NICHOLSON, H. B. (1983), *Art of Aztec Mexico-Treasures of Tenochtitla*, Washington, National Gallery of Art.
- NOWOTNY, Karl Anton y Jacqueline de Durand-Forest (1974), “Comentario”, en *Códice borbónico*, ed. facc., Graz. ADEVA.
- NOWOTNY, Karl Anton (2005), *Tlacuilolli. Style and Contents of the Mexican Pictorial Manuscripts with a Catalog of the Borgia Group bersetzt und herausgegeben von Everett, George A./Sisson, Edward B. Norman*, University of Oklahoma.
- PASZTORY, Esther (1983), *Aztec Art*, Nueva York, Harry N. Abrams, Inc. Pub.
- PEÑAFIEL, Antonio (1979), “Ciudades coloniales”, en *Trabajos arqueológicos en el centro de la ciudad de México*, México, INAH.
- POLANYI, Michael (1967), *The Tacit Dimension*, Nueva York, Doubleday.
- PREM, Hanns J. (2008), *Manual de la antigua cronología mexicana*, México, CIESAS.

- REGIOMONTANUS, Johannes (1498), *Ephemerides sive almanac perpetuus (Reprod.)*, s.l., s.e.
- SAHAGÚN, Bernardino (1880), *Histoire générale des choses de la Nouvelle Espagne*, París. Imprimerie A. Lahure.
- , *Historia general de las cosas de la Nueva España*, tomo I y II, México, Ed. Pedro Robredo.
- SELER, Eduard (1963), *Comentarios al Códice Borgia*, México-Buenos Aires, FCE.
- SIMEON, Rémi (1880), “Introduction (2<sup>a</sup> partie)”, en Bernardino de Sahágun, *Histoire générale des choses de la Nouvelle Espagne*, s.l., s.e.
- SOUSTELLE, Jacques (1982), *El universo de los aztecas*, México, FCE.
- TLACHIA (s/f), <http://tlachia.iib.unam.mx/terminologia> (consulta 31/oct/2015).
- VAILLANT, George C. (1960), *La civilización azteca*, México, FCE.
- VILLASEÑOR, Rafael (2012), “Aclaraciones sobre el ciclo de 260 días”, *Revista de Estudios Mesoamericanos*, Posgrado de Estudios Mesoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas, núm. 12, pp. 47-66.
- VON WINNING, Hasso (1987), *La iconografía de Teotihuacán: los dioses y los signos*, vol. 2, México, UNAM.

# Evolución reciente de los modelos numéricos del clima

Hervé Douville

## PREÁMBULO<sup>1</sup>

La historia de la climatología se remonta a la Antigüedad, en particular a Aristóteles, cuyos primeros esquemas conceptuales fueron autoridad hasta principios del siglo XVIII. No fue sino hasta el siglo XIX cuando la ciencia del clima se distinguió de la meteorología y aparecieron los modelos matemáticos de transferencia radiativa y de balance energético de la atmósfera global. A partir de los años 1950 y de la llegada de las calculadoras, los modelos numéricos de la circulación general atmosférica constituyen la principal herramienta de la ciencia del clima. Aquí se tratará de la evolución reciente de estos modelos —*grosso modo*, a partir de los años 1990—, pero el lector puede consultar los artículos de Weart (2010) o de Edwards (2011) para familiarizarse con los pioneros de esta disciplina. Puede también recurrir a la obra colectiva dirigida por C. Jeandel y R. Mossery (2011), editada por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), para descubrir las diferentes facetas del estudio del clima y de su evolución futura.

Este capítulo es una síntesis personal que se articula alrededor de algunas publicaciones recientes provenientes, a la vez, de las ciencias del clima y de las ciencias humanas. El interés de estas últimas por la modelación climática<sup>2</sup> y por los trabajos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático<sup>3</sup> (GIEC)<sup>4</sup> es muy reciente (Dahan-Dalmedico y Guillemot, 2006).

<sup>1</sup>El autor agradece a Philippe Bougeault sus comentarios sobre el manuscrito, así como a sus numerosos colegas del CNRM-GAME, por los trabajos y las discusiones que alimentaron este capítulo.

<sup>2</sup>Realización de modelos climáticos (N. del T.).

<sup>3</sup>Organización constituida en 1988 bajo la égida de las Naciones Unidas con el fin de valorar la información científica, técnica y socioeconómica concerniente al riesgo de cambio climático provocado por el hombre.

<sup>4</sup>En la literatura hispanófila se ha estandarizado el nombre de Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). En este capítulo se conserva las siglas empleadas por el autor (N. del T.).



Como lo señala Matthias Heymann (2010), en la introducción de un número especial de la revista *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, esto no debe hacer que se subestime la importancia histórica de la aparición de los modelos numéricos en las ciencias de la atmósfera y del clima. De lo anterior se desprende que los modeladores mismos deben contribuir de modo activo al análisis de la evolución de su disciplina y de los retos que es preciso encarar. Este artículo no pretende dar cuenta del conjunto de las opiniones que han sido expresadas al respecto ni tampoco ofrecer un punto de vista mayoritario sino, más bien, suscitar la reflexión sobre estas prácticas científicas que aún parecen, desde el punto de vista de los retos geopolíticos planteados por el cambio climático, con relativa oscuridad.

## INTRODUCCIÓN

Puesto que el clima de una región se define por un conjunto de estadísticas que resumen los efectos físicos de las situaciones meteorológicas que ahí se suceden, su modelación tiene que pasar por una representación detallada de éstas a través de un modelo de circulación general de la atmósfera (MCG). El mismo tipo de modelo representa la dinámica y la física de la atmósfera y puede entonces constituir el motor de la predicción numérica (PN) del tiempo y de la simulación del clima. La diferencia principal entre estas dos aplicaciones es que la predicción del tiempo está vinculada a las condiciones iniciales,<sup>5</sup> mientras que las estadísticas climáticas están determinadas en esencia por las condiciones de frontera. En efecto, a partir de los trabajos de Lorenz (1963), la atmósfera es considerada como un sistema dinámico caótico, es decir, en rigor es determinista pero presenta un fenómeno fundamental de inestabilidad, llamado sensibilidad a las condiciones iniciales, que en la práctica hace impredecible su evolución a más de una a dos semanas.

<sup>5</sup>Y, por lo tanto, a la cantidad y a la precisión de las observaciones disponibles para caracterizar el estado de la atmósfera en la inicialización de la predicción, pero también a la calidad de los métodos numéricos —conocidos como *asimilación de datos*— utilizados para combinar las observaciones en una predicción de corto plazo con el objetivo de calcular las condiciones iniciales en cada punto de la malla del modelo.

Sin embargo, más allá de los límites de la predicción meteorológica determinista, existe una predictibilidad, denominada de segunda especie, que obedece a una modulación de las evoluciones posibles del fluido atmosférico por las condiciones de frontera que presentan las superficies oceánicas y continentales, así como por las variaciones de la composición de la atmósfera o de la actividad solar. El forzamiento que éstas producen es a menudo tenue, por lo que se requiere una importante cantidad y/o duración de simulaciones para lograr distinguirlo de la variabilidad interna<sup>6</sup> de la atmósfera. La resolución espacial<sup>7</sup> utilizable en los modelos de clima es entonces muy limitada en comparación con la resolución que puede emplearse en la PN —y las simulaciones climáticas forman parte de las aplicaciones numéricas que justifican el desarrollo de calculadoras cada vez más potentes—. Una manera de reducir el tiempo de cálculo y/o de aumentar la resolución espacial es utilizar modelos de área limitada, los cuales requieren, sin embargo, condiciones laterales de frontera provenientes de modelos globales. Estas técnicas dinámicas de regionalización del clima no se abordarán en este capítulo, se limitará a comentar la evolución de los modelos globales como herramientas de comprensión y de predicción del clima.

La extensión del dominio de modelación al conjunto del globo permite franquear las condiciones laterales de frontera. Las condiciones de frontera superior son, con relativa frecuencia, simples, pues pueden reducirse a intercambios radiactivos. Sin embargo, para aportar condiciones realistas, se requiere una representación suficientemente fina de la estratosfera que tome en cuenta la variabilidad del ozono. Por el contrario, las condiciones en la superficie son mucho más complejas a causa de su naturaleza heterogénea y de su gran variabilidad temporal. Por lo tanto, además de la modelación de los fenómenos atmosféricos en estricto sentido, en los modelos deben tenerse en cuenta las interacciones de la atmósfera con los demás componentes del sistema climático (océanos, continentes, variabilidad del forzamiento solar, erupciones volcánicas y también actividades humanas).

Ello permite destacar el carácter interdisciplinario de la modelación climática, que no sólo tiene como objetivo calcular los intercambios de energía, agua

<sup>6</sup>Vinculada a las condiciones iniciales.

<sup>7</sup>Malla tridimensional sobre la cual se *discretizan* las ecuaciones de evolución de las variables atmosféricas.

y cantidad de movimiento entre los diferentes componentes del sistema, sino simular también los principales ciclos biogeoquímicos,<sup>8</sup> un número creciente de reacciones químicas,<sup>9</sup> la dinámica de los océanos, de la banquisa, de los casquetes polares, de las aguas continentales e, incluso, de la vegetación. Esta multiplicación del número de grados de libertad de los modelos debe compararse con los progresos limitados que en las últimas décadas se han realizado en materia de predicciones y *escenarios climáticos* (Guillemot, 2010). Las predicciones a largo plazo<sup>10</sup> siguen siendo poco fiables para numerosas regiones del globo y es difícil encontrarles usuarios que las demanden, incluso en los sectores más afectados por el riesgo climático (energía, agua, agricultura, etcétera). Aunque robustos en ciertos aspectos, los escenarios del siglo XXI siguen siendo bastante inciertos a escala regional y con gran dificultad se mejoran en cada informe del GIEC.<sup>11</sup>

Ante esta constatación, la comunidad científica se halla a veces dividida respecto de las prioridades por adoptar. A causa de la creciente complejidad de los modelos, algunos abogan por un retorno a la simplicidad y por la utilización de una jerarquía de modelos que permita aislar las principales fuentes de error y/o de incertidumbre. Más allá de la ampliación de los modelos con nuevos componentes y disciplinas, algunos proponen un regreso a lo fundamental y una mejora de la modelación en estricto sentido atmosférica. Frente a la multiplicación de modelos más o menos originales, algunos se interrogan, por una parte, sobre el modo de combinar mejor las diferentes predicciones o proyecciones y, por otra parte, acerca del interés y la necesidad de una mayor coordinación en el desarrollo de los modelos. Finalmente, desde el punto de vista de los modeladores, el quid de la cuestión es saber cómo definir un “buen modelo” en el marco de los *escenarios climáticos* del siglo XXI y cómo demostrar la fundamentación de tal definición.

<sup>8</sup>En particular el del carbono, en el marco de los *escenarios climáticos* que pretenden anticipar la respuesta del clima a las emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero.

<sup>9</sup>Sobre todo aquellas vinculadas a la evolución del ozono estratosférico.

<sup>10</sup>Mensuales a decenales, sobre todo vinculadas con las condiciones iniciales oceánicas.

<sup>11</sup>En 1990, 1995, 2001 y 2007 respectivamente; el quinto informe está previsto para 2013 [fue publicado en 2014 (N. del T.)].

## PREDECIR Y COMPRENDER: ¿LA MISMA BATALLA?

Aunque los MCG atmosféricos se basan por lo general en una simplificación de las ecuaciones en derivadas parciales de Navier-Stokes utilizadas por lo general en mecánica de fluidos, siguen siendo modelos en cierto modo complejos en la medida en que simulan múltiples procesos dinámicos y físicos, en particular el ciclo hidrológico y los cambios de fase asociados que no introducen linealidades importantes en el sistema, independientes de las inestabilidades en estricto sentido dinámicas. Asimismo, el acoplamiento de la atmósfera con los demás componentes del sistema climático (*cf.* sección siguiente) introduce nuevos bucles de realimentación<sup>12</sup> que a menudo es necesario “cortar” de uno en uno para poder comprender su influencia en el sistema completo.

Por lo tanto, los modeladores de clima se hallan ante dos objetivos contradictorios. Por una parte, acrecentar el realismo y, de ser posible, el potencial de predicción de los modelos, introduciendo en éstos tantos procesos como sea posible. Por otra parte, comprender la esencia misma de la variabilidad climática simulada o, incluso mejor, observada, simplificando el sistema a fin de aislar los principales mecanismos utilizados. Este hiato es de modo particular evidente en el caso de los *escenarios climáticos* del siglo XXI, en los que se presencia una mayor complejidad de los modelos sin que por ello se reduzca ni se comprenda la mayor parte de las incertidumbres inherentes a estas proyecciones.<sup>13</sup> Si hoy en día algunos trabajos se esfuerzan por analizar las razones de las diferencias en el calentamiento global simulado, en especial aquel vinculado con las retroacciones de las nubes (Dufresne y Bony, 2008), los numerosos resultados contradictorios que conciernen a los cambios climáticos simulados a escala regional siguen, en general, sin ser comprendidos, en la medida en que es muy difícil, incluso imposible, vincularlos a la formulación de los modelos (Lenhard y Winsberg, 2010). Por lo tanto, a pesar del interés que presentan estas simulaciones para las políticas de adaptación, hoy es difícil privilegiar un

<sup>12</sup>Reacción de un efecto sobre el dispositivo que le ha dado nacimiento.

<sup>13</sup>Utilizamos aquí este término, en vez del de predicción, en tanto los resultados dependen de modo parcial de escenarios socioeconómicos y no sólo de la predictibilidad de segunda especie del fluido atmosférico.

escenario u otro debido a la incapacidad misma de jerarquizar los mecanismos que gobiernan las respuestas regionales en los *escenarios climáticos*.

En vista de lo anterior, Held (2005) establece un símil interesante entre la ciencia del clima y la biología molecular y aboga en favor de la utilización de una jerarquía de modelos más o menos simplificados. Los progresos fulgurantes obtenidos en biología molecular, sobre todo en materia de comprensión del genoma humano, se habrían visto favorecidos por la generosidad de la “Madre Naturaleza” que puso a disposición de los científicos una gran variedad de organismos, de entre los cuales *E. Coli* y *Drosophila* han sido de los más estudiados. Los modeladores de la atmósfera y del clima disponen, de igual modo, de numerosos modelos simplificados (modelo uni-, bi- o tridimensional, modelo seco en ecuaciones primitivas, modelo en equilibrio radiactivo-convectivo, modelo de circulación tropical en cuasi equilibrio, MCG atmosférico en modo acua-planeta o simplificado, modelo de clima de complejidad intermediaria, etcétera) sobre los cuales no se ha alcanzado un consenso y cuya difusión en la comunidad no ha sido suficiente para que sirvan de marco de interpretación de los resultados del GIEC.

Conscientes de esta debilidad, los investigadores se han organizado en el ámbito internacional para realizar experimentos idealizados complementarios en el marco de la quinta fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP)<sup>14</sup> y del Proyecto de Intercomparación de Modelos con Retroacción de Nubes (CFMIP)<sup>15</sup> (véase figura 1). Sin embargo, la mayor parte de estas simulaciones se apoyan en modelos atmosféricos forzados por condiciones de frontera idénticas (sobre todo temperaturas superficiales del mar y concentraciones de gases de efecto invernadero), mientras que el carácter no uniforme y variable de cada modelo del calentamiento oceánico simulado por los modelos acoplados contribuye en gran medida a las incertidumbres regionales en los *escenarios climáticos*. Por lo tanto, la simplicidad de tales experimentos no corresponde de manera necesaria a la simplificación de los modelos preconizada por Held (2005). Para retomar la metáfora biológica: *E. Coli* no es una drosophila desprovista de alas. Los modeladores deben razonar entonces

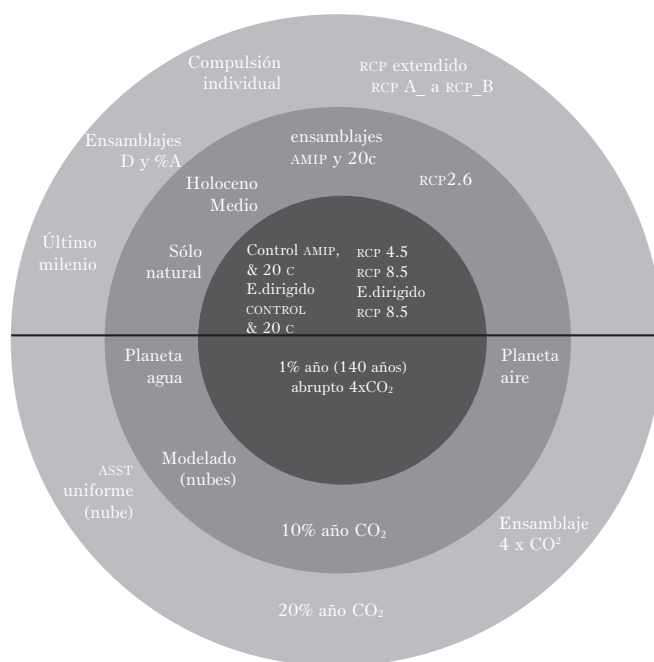
<sup>14</sup>Siglas en inglés de *Coupled Model Intercomparison Project*, disponible en <http://cmip-pcmdi.llnl.gov>

<sup>15</sup>Siglas en inglés de *Cloud Feedback Model Intercomparison Project*, disponible en <http://cfmip.metoffice.com>

en términos de procesos más que de componentes del sistema climático e intentar definir cuáles deberían ser los principales mecanismos a tener en cuenta en sus modelos equivalentes a *E. Coli* o a *Drosophila*.

Por último, cabe apuntar que la dicotomía entre predicción y comprensión se inscribe en la historia misma de los modelos de clima, que se derivan, sobre todo, de modelos de predicción del tiempo o de modelos de circulación general desarrollados para comprender la diversidad de las atmósferas planetarias. Sin embargo, en el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMCI)<sup>16</sup> co-

FIGURA 1



Esquema resumen de las simulaciones climáticas del CMIP5 realizadas para producir *escenarios climáticos* a largo plazo según diversos escenarios de concentración, para evaluar los modelos sobre el siglo XX, para atribuir a los forzamientos antrópicos eventuales variaciones climáticas observadas, pero también para comprender los principales mecanismos que subyacen a los cambios simulados y a las incertidumbres asociadas (*cf.* la mitad inferior del gráfico).

Fuente: [http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/experiment\\_design.html](http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/experiment_design.html)

<sup>16</sup>En inglés, *World Climate Research Project (WCRP)* (<http://WCRP.climate.org>) (N. del T.).

bijado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), parece estar comenzando una evolución importante o tal vez incluso una revolución. Consiste en considerar la predicción del tiempo y del clima como un verdadero continuo (Shukla, 2009; Shapiro, 2010). Este nuevo paradigma relega a un segundo plano la distinción histórica entre condiciones iniciales y condiciones de frontera, y se destaca en un nuevo campo de aplicación de los modelos de clima: la predicción decenal. A esta escala temporal, el clima está influido a la vez por los forzamientos radiactivos de origen antrópico (gases de efecto invernadero) o natural (erupciones volcánicas y actividad solar), así como por las condiciones iniciales oceánicas. Sin embargo, veremos que este enfoque, denominado predicción “sin costuras”,<sup>17</sup> quizá implica desafíos no sólo científicos, sino estratégicos (*cf.* última sección). El punto que aquí conviene subrayar es que este enfoque parece ortogonal al desarrollo de los modelos simplificados, puesto que preconiza la utilización de los modelos más sofisticados en la mayor parte de las aplicaciones climáticas. Y aquí volvemos al conflicto clásico entre holismo y reduccionismo.

## DEL CLIMA AL SISTEMA TIERRA: ¿UNA HUIDA HACIA DELANTE?

La ciencia del “sistema Tierra” tiene como objetivo estudiar el conjunto de los procesos naturales o de origen antrópico que afectan la evolución y, de manera última, la habitabilidad del planeta Tierra (Nobre *et al.*, 2010). El cambio climático como respuesta a las emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero no es entonces más que una de las facetas del problema, pero no deja de incidir en otros problemas ambientales, como la deforestación, la erosión de los suelos, la contaminación o la extinción de algunas especies vegetales o animales. Desde el punto de vista de la modelación, pueden distinguirse dos filiaciones: los modelos de complejidad intermedia (EMIC),<sup>18</sup> que desde el comienzo integran múltiples componentes —en particular la vegetación y el ciclo del carbono—, pero que se apoyan en una descripción simplificada de la atmósfera y del océano; y los modelos acoplados océano-atmósfera, o sea, los modelos de

<sup>17</sup>Del inglés, *seamless*.

<sup>18</sup>Siglas en inglés de *Earth system Model of Intermediate Complexity* (N. del T.).

clima globales, a los que se agregan nuevos componentes progresivamente. Esta segunda vía es la que se privilegia hoy en día, pues el acoplamiento entre el clima y los ecosistemas o las sociedades humanas no corresponde a un simple ajuste a largo plazo, sino que puede manifestarse como eventos extremos con impactos regionales dramáticos e incluso irreversibles.

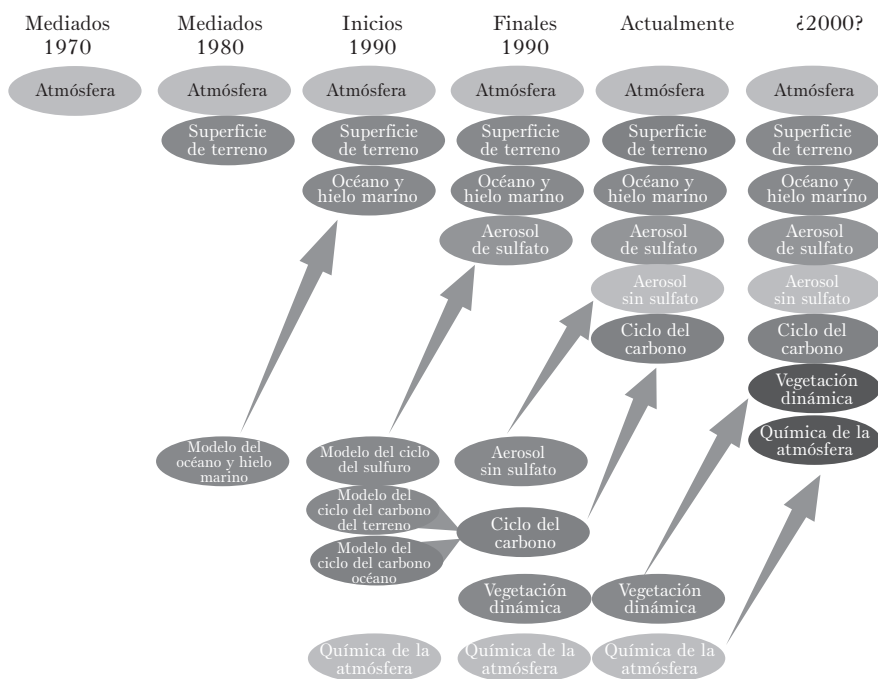
La evolución de los modelos de clima hacia los modelos del sistema Tierra ha sido una transición gradual (Dahan, 2010) y algunos científicos aún emplean a regañadientes la segunda denominación, ya que consideran que el sistema acoplado océano-atmósfera sigue siendo la piedra angular de esta nueva generación de modelos (véase figura 2). Mucho antes del estudio del cambio climático, esta evolución estuvo motivada por el alargamiento progresivo de los plazos de PN y por la emergencia de la predicción climática estacional. En las simulaciones que superan el periodo que va de algunas horas a algunos días, la hipótesis de una humedad constante del suelo ya no puede sostenerse. En aquellas simulaciones superiores a algunas semanas o meses, también hay que tomar en cuenta las variaciones de la temperatura superficial del mar. Y en las superiores a algunos años, la composición química de la atmósfera también puede evolucionar e influir en el clima. Esta división histórica tiende a difuminarse, pero aquí se señala de modo pedagógico a fin de presentar la creciente complejidad de los modelos de clima.

Al tener una inercia térmica muy débil, la parte superficial del suelo presenta una gran interacción con la atmósfera a través de intercambios turbulentos de calor y humedad, en respuesta, particularmente, al ciclo diurno de la insolación. Es por ello que la capa superficial continental ha sido incluida en la práctica en los modelos atmosféricos casi desde su origen. Puesto que los intercambios de vapor de agua dependen en gran medida de la humedad del suelo, se impuso con rapidez la gestión de una reserva de superficie, que se llena por precipitación y se vacía por evaporación o por derramamiento, así como la de un manto eventual de nieve que evoluciona por acumulación, sublimación y derretimiento. Estos esquemas físicos han sido mejorados poco a poco con la adición de capas internas suplementarias en el suelo o en el manto nival (Brun *et al.*, 2013) y con una representación más explícita de la cobertura vegetal. Más recientemente, la toma de conciencia de la importancia de las retroacciones carbono-clima ha conducido a desarrollar modelos de evolución



de la biomasa vegetal y de la respiración de los suelos que permiten un cálculo de los flujos de CO<sub>2</sub> intercambiados entre las superficies continentales y la atmósfera, así como modelos dinámicos de vegetación que permiten que la repartición geográfica de los tipos funcionales evolucione con el clima.

FIGURA 2  
ESQUEMA SINTÉTICO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS DE CLIMA A PARTIR DE LOS AÑOS 1970



Fuente: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)

Los desarrollos que implican condiciones de frontera oceánicas han seguido una vía muy diferente. En las simulaciones climáticas de algunos meses o de algunos años, al principio ya era satisfactorio especificar las temperaturas superficiales del mar (TSM). Este método fue utilizado con frecuencia para realizar experimentos de sensibilidad —forzados por TSM idealizadas u observadas—, muy útiles para estudiar la respuesta de la circulación atmosférica a diversas modificaciones en las que la retroacción del océano puede ser anticipada o sólo juega un papel secundario. Los primeros experimentos de predicción climática men-

sual a estacional se realizaron de esta manera, adaptando, en caso necesario, las anomalías oceánicas por métodos estadísticos. Sin embargo, la especificación de las TSM alcanza su límite en los casos en los que la respuesta del océano al forzamiento climático es primordial, como ocurre con los cambios climáticos de gran amplitud. Los oceanógrafos han desarrollado MCG del océano a partir de las ecuaciones de la dinámica de fluidos, adaptándolas al medio oceánico con la inclusión de los efectos de la salinidad y tomando en cuenta las particularidades de las cuencas oceánicas y su topografía. Las condiciones de frontera para el océano provienen de los flujos de cantidad de movimiento, de radiación, de calor y de humedad a través de la interfaz océano-atmósfera.

El problema de intercomunicar los MCG atmosféricos y oceánicos ha conducido al desarrollo de programas informáticos “acopladores” especializados. Estos acopladores pueden ser utilizados para incluir otros componentes del sistema climático, como el enrutamiento de los ríos que permite cerrar el circuito del ciclo hidrológico al hacer que la escorrentía de superficie regrese al océano a través de una red hidrográfica global. La banquisa, con su propia física y dinámica, es también otro componente mayor del sistema climático que puede inferirse en los intercambios entre el océano y la atmósfera en altas latitudes. Los modelos acoplados océano-atmósfera-hidrología-banquisa de este tipo han permitido progresar en la predicción estacional —en especial por una mejor consideración de las condiciones iniciales del océano, obtenida por una asimilación de diversos sistemas de observación—, así como en la realización de los escenarios de cambio climático.

Finalmente, la toma de conciencia de la vulnerabilidad del clima (agujero de la capa de ozono, calentamiento global) ante las diferentes especies químicas emitidas por las actividades humanas (clorofluorocarbonos, gases de efecto invernadero, aerosoles) está hoy conduciendo a los modeladores del clima a introducir modelos biogeoquímicos en sus sistemas acoplados. Éstos permitirán predecir la evolución de la composición química de los océanos y de las atmósferas sometidas al efecto de las emisiones de las principales especies naturales y antrópicas implicadas, a fin de anticipar su influencia climática de conformidad con los diversos escenarios propuestos por el GIEC.<sup>19</sup>

<sup>19</sup>La mayor parte de las proyecciones climáticas aún se basan en escenarios de concentraciones en los cuales los modelos de clima son forzados por concentraciones de gases de efecto invernadero que provienen de modelos simplificados del sistema Tierra.

## LA PREDICCIÓN DE CONJUNTO: MOTIVACIONES Y LÍMITES

Es preciso reconocer que los múltiples desarrollos en torno a los modelos de clima y/o del sistema Tierra no siempre han tenido el efecto prometido, es decir, ni una reducción significativa de las incertidumbres inherentes a las proyecciones climáticas (Lenhard y Winsberg, 2010; Shapiro, 2010), ni una modificación sustancial de la respuesta de los modelos, tomados como conjunto (lo que debería confirmar el próximo reporte del GIEC). En efecto, si cada grado de libertad suplementario puede tener un impacto significativo en los cambios climáticos simulados por un modelo dado, tal impacto puede, en general, variar de manera excesiva de un modelo a otro. Ello no siempre es así, puesto que, por ejemplo, tener en cuenta los aerosoles antrópicos condujo a limitar el calentamiento simulado para el siglo XX entre las generaciones de los modelos del clima del CMIP2 y CMIP<sup>20</sup>. En cambio, ¿es posible perfeccionar las proyecciones climáticas para el siglo XXI si se introduce una vegetación dinámica (Cox *et al.*, 2004), cuando se sabe que no existe un consenso, a forzamientos radiactivos idénticos, ni sobre los cambios climáticos regionales simulados con vegetación fija ni sobre la respuesta de los modelos a una modificación drástica de la vegetación (por no hablar de la incierta respuesta de la vegetación a una perturbación climática dada)?

En las dos últimas décadas, la multiplicación de los modelos de clima y de los proyectos de intercomparación de éstos o de algunos de sus componentes ha conducido, a la mayor parte de los científicos, a la siguiente conclusión: no todos los modelos son válidos, pero tampoco existe un mejor modelo, en el sentido de que un solo y único modelo fuera superior a los demás, cualesquiera que fueran el fenómeno climático y la región considerados (Heymann, 2010; WCRP, 2011). Esta constatación ha conducido a un enfoque más pragmático, heredado, una vez más, de la PN, que se conoce con el nombre de predicción de conjunto (Parker, 2010). Más que determinista, se trata de un enfoque más bien probabilístico de la predicción, aplicado como común denominador en el campo de la predicción meteorológica a mediano plazo o en el de la predicción

<sup>20</sup>Sin que esto tuviera una incidencia notable en el calentamiento global simulado para el siglo XXI.

climática estacional. Consiste en generar un conjunto de predicciones lo más amplio posible —haciendo variar las condiciones iniciales atmosféricas y oceánicas con métodos que permiten obtener buenas propiedades de dispersión—<sup>21</sup> con el fin de apreciar su robustez.

Este enfoque se justifica en la teoría del caos y en el carácter irreductible de los errores que existen tanto en las condiciones iniciales como en la formulación de los modelos. Sin embargo, en el pasado reciente han aparecido otros métodos de conjunto para tener en cuenta de manera más específica los límites intrínsecos de los modelos. Uno de ellos se conoce con el nombre de física o dinámica estocástica y consiste en agregar perturbaciones aleatorias a las ecuaciones en derivadas parciales de algunas variables de pronóstico (Buizza *et al.*, 1999). El otro es el llamado método de los parámetros perturbados o de física perturbada (Murphy *et al.*, 2004). Se trata de hacer variar, en un intervalo “razonable”, los distintos coeficientes empíricos que subsisten en las parametrizaciones físicas de los modelos, es decir, en la representación de los fenómenos “submalla”, que por definición no pueden ser calculados de manera explícita debido a la resolución limitada de los modelos. Aunque estos métodos tengan fundamentos teóricos, siguen siendo muy empíricos (Parker, 2010) y se justifican sobre todo por la mejora de las puntuaciones probabilísticas de las predicciones —con respecto a la sola perturbación de las condiciones iniciales—, sobre todo en la escala mensual a estacional (Weisheimer *et al.*, 2011).

Si la física estocástica ha sido apenas ensayada en el caso de los *escenarios climáticos*, el método de los parámetros perturbados ha hallado su pleno potencial en el marco del proyecto climateprediction.net (Stainforth *et al.*, 2005). Sin embargo, el método más frecuente para estimar las incertidumbres en los *escenarios climáticos* del siglo XXI sigue siendo la utilización de un conjunto<sup>22</sup> “de oportunidad” (Parker, 2010), es decir, la comparación de los diversos modelos globales que participan en el CMIP (véase figura 3). A pesar de la creciente coordinación de los ejercicios del CMIP (Taylor *et al.*, 2012), este

<sup>21</sup>Un sistema subdispersivo conduce a sobreestimar la confianza que puede acordarse a una predicción de conjunto.

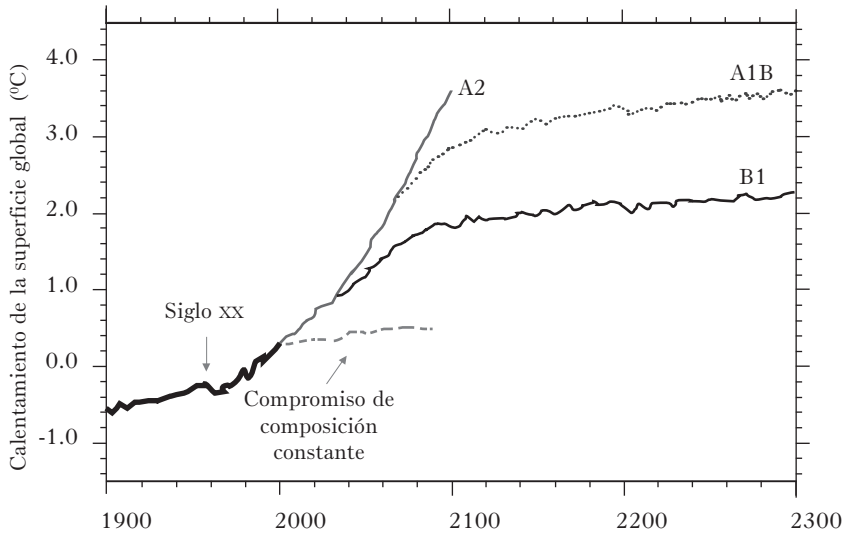
<sup>22</sup>O “ensamble” (N. del T.).

método “multimodelo” presenta ciertos límites en la medida en que la dispersión obtenida en un escenario dado de concentración de gases de efecto invernadero no depende sólo de las propiedades intrínsecas de los modelos acoplados océano-atmósfera, sino también de algunas diferencias en los otros forzamientos radiactivos y/o el número de grado de libertad considerados. Por otra parte, los modelos de los diferentes centros de investigación no pueden considerar del todo independientes en la medida en que comparten algunas parametrizaciones, e incluso algunos componentes, de manera integral (Pennell y Richler, 2011). Por último, el efecto de las condiciones iniciales oceánicas durante los primeros decenios no es neutro, lo cual plantea la cuestión del número de miembros<sup>23</sup> que es necesario utilizar en un modelo dado para poder distinguir la señal antrópica de la variabilidad interna del clima (Deser *et al.*, 2010) y también la posibilidad de reducir las incertidumbres a través de la asimilación de datos oceánicos (Hawkins y Sutton, 2009).

Aquí cabe subrayar que la física perturbada y el multimodelo no son de la misma índole. Aunque comparten el mismo objetivo —proporcionar una estimación de las incertidumbres en las predicciones o proyecciones climáticas—, el enfoque multimodelo explora el universo de los posibles de manera mucho más estructural en la medida en que no sólo se perturban algunos coeficientes empíricos de las parametrizaciones físicas, sino el núcleo mismo de los esquemas conceptuales que definen la influencia de los efectos submalla en la circulación atmosférica y/u oceánica. Los trabajos más recientes sobre las retroacciones nubosas muestran, por cierto, que los diagnósticos elaborados para comprender el origen de las incertidumbres en un modelo de física perturbada son por lo general inoperantes para dar cuenta de la dispersión obtenida en multimodelo (Klocke *et al.*, 2011). Por lo tanto, nos podemos interrogar sobre el carácter más o menos aditivo de estos dos tipos de incertidumbres.

<sup>23</sup>De un conjunto (N. del T.).

FIGURA 3  
EVOLUCIÓN DE LA MEDIA ANUAL Y GLOBAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL  
(EN ANOMALÍA CON RESPECTO A LA CLIMATOLOGÍA, 1980-1999)



Fuente: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)

Evolución de la media anual y global de la temperatura superficial (en anomalía con respecto a la climatología, 1980-1999) simulada según diversos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero y para diferentes modelos de clima que participaron en el CMIP3. Cada color corresponde a un escenario particular de concentración, el trazo grueso representa la media de conjunto (multimodelo) de las anomalías simuladas y la gama de colores grises la dispersión ( $\pm$  una desviación estándar) asociada.

Otros científicos y/o directores de laboratorio no han renunciado a la búsqueda del “supermodelo”. En un artículo del número especial del BAMS,<sup>24</sup> Shukla *et al.* (2010) abogan por el desarrollo de una nueva generación de modelos de clima mediante la creación de infraestructuras supranacionales dotadas de medios de cálculo inaccesibles a la mayor parte de las naciones. La presuposición es que existen numerosos fenómenos meteorológicos (en particular la convección profunda)<sup>25</sup> que no pueden ser simulados de manera explícita a la resolución actual<sup>26</sup> de los modelos atmosféricos globales y deben ser tratados de manera empí-

<sup>24</sup>*Bulletin of American Meteorological Society.*

<sup>25</sup>Movimientos ascendentes en la troposfera que conducen a una fuerte mezcla vertical y a procesos de condensación y precipitación que pueden cobrar formas más o menos violentas.

<sup>26</sup>Típicamente 100 kilómetros en la atmósfera.

rica en detrimento de la fiabilidad de las predicciones o proyecciones. Aunque ya antiguo, este discurso está apuntalado por argumentos que provienen a menudo de la PN; se han propuesto algunas soluciones concretas encaminadas a poner en marcha en los próximos cinco a 10 años modelos globales con una resolución horizontal de 10 kilómetros y más adelante de 1 kilómetro.

Tal artículo fue consecutivo a la Cumbre Mundial de Modelado para la Predicción del Clima,<sup>27</sup> organizada por el PMIC, que se llevó a cabo en mayo de 2008 en Reading (Reino Unido). No obstante, el consenso exhibido por Shukla *et al.* (2010) no parece reflejar con integralidad la diversidad de puntos de vista (Bony *et al.*, 2012). Por cierto, el hecho de que este artículo no haya sido firmado más que por ocho científicos, aunque prestigiosos, muestra las tensiones existentes dentro de la comunidad y los aspectos estratégicos que presenta esta iniciativa. Es evidente que las buenas intenciones de reforzar los medios técnicos y humanos de los centros de investigación nacionales y el desarrollo, al mismo tiempo, de algunos centros de investigación dotados de infraestructuras extraordinarias no bastan para disipar las dudas sobre las pretensiones hegemónicas de esta iniciativa. Además, la “huida hacia adelante” en términos de complejidad parece ir acompañada de una inflación sin precedentes de la resolución horizontal de los modelos. Más allá del costo total —numérico y humano— que se requiere para progresar de manera relevante en materia de *escenarios climáticos*, la cuestión es saber cómo y con qué fines se utilizan estos medios: ¿maximizar la cantidad de modelos y privilegiar la cuantificación de las incertidumbres o concentrar los esfuerzos en algunos modelos y privilegiar la estimación de la evolución climática más probable? Este debate no debería realizarse sólo entre expertos, sino también en la arena pública, pues implica, evidentemente, retos políticos y filosóficos.

### SINERGIAS MODELOS-OBSERVACIONES: ¿QUÉ ES UN “BUEN” MODELO?

La utilización óptima de los medios disponibles depende, en parte, de las respuestas que se aporten a la siguiente pregunta: ¿cuáles son las condiciones requeridas para que un modelo pueda considerarse como fiable, si no plausible, en materia de escenario climático?

<sup>27</sup>World Modelling Summit for Climate Prediction.

Un primer enfoque más o menos intuitivo consiste en decir que un modelo debe ser capaz de simular con propiedad el clima medio (y su ciclo estacional) observado a finales del siglo XX (periodo del que se dispone de un máximo de observaciones, lo cual está vinculado con la aparición de las técnicas de teledetección) para poder pretender simular el del siglo XXI (Matsueda y Palmer, 2008). Los sucesivos ejercicios del CMIP muestran en este campo una progresión de la mayor parte de los modelos y de su media de conjunto (Reichler y Kim, 2008). Sin embargo, esta mejora no se ha traducido en una reducción de las incertidumbres en los *escenarios climáticos*. Tal paradoja puede explicarse por el aumento paralelo de los grados de libertad aplicados en los modelos así como por el hecho de que su sensibilidad a los forzamientos antrópicos sólo está subordinada con debilidad a su estado medio (Knutti *et al.*, 2010).

Por lo tanto, se proponen otras “mediciones” para evaluar los modelos. Además del estado medio, la representación correcta de la variabilidad natural del clima (interanual a multidecenal) parece ser un requisito previo para, si no producir proyecciones realistas, al menos poder cuantificar la contribución de la variabilidad interna del sistema climático a las incertidumbres de ese tipo de proyecciones. Para constreñir los *escenarios climáticos*, hay quienes incluso han sugerido utilizar la puntuación de las predicciones estacionales retrospectivas (Palmer *et al.*, 2008). Más allá de las muchas dudas expresadas al respecto por Scaife *et al.* (2009), el sesgo de este enfoque resulta aún más sorprendente al enfrentarse con una dura realidad: los resultados de las predicciones estacionales llegan a su punto culminante en los trópicos,<sup>28</sup> mientras que el consenso sobre las proyecciones climáticas tiene una distribución geográfica muy diferente: es más elevado en altas latitudes, al menos en cuanto a precipitaciones se refiere, lo que sugiere que los mecanismos subyacentes a las incertidumbres a largo plazo son en parte distintos de los que guían la previsibilidad a escala estacional.

Otros investigadores presentan la simulación de los climas del pasado (Eemiense, Último periodo glacial u Holoceno medio) como una prueba independiente, incluso discriminante, de la capacidad de los modelos para reproducir las principales características de un clima distinto al actual. Estupenda

<sup>28</sup>Sobre todo en el Pacífico ecuatorial, en conexión con la Oscilación Austral.

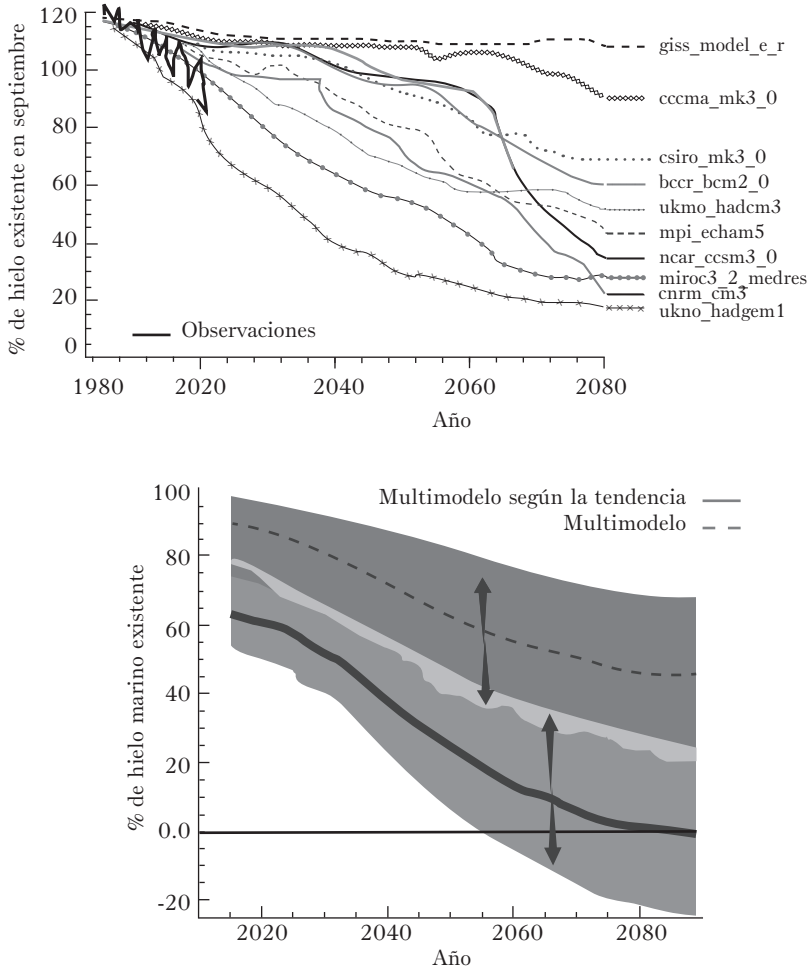


sobre el papel, esta idea se enfrenta, sin embargo, a algunos obstáculos. Además de las incertidumbres que pesan sobre las reconstrucciones climáticas realizadas a partir de proxy,<sup>29</sup> los forzamientos radiactivos responsables de estas fluctuaciones multimilenarias no son los mismos que los de hoy y algunos trabajos sugieren que ciertas retroacciones del sistema climático varían de manera no lineal según el forzamiento considerado. La comparación no es razón, por lo cual se trata de encontrar una prueba que no sólo pueda cuantificar de la manera más precisa y objetiva posible, sino que también sea pertinente respecto de la cuestión planteada: la respuesta del sistema a un aumento del efecto invernadero.

Conforme el avance del cambio climático se hace cada vez más patente, el futuro de la evaluación de los modelos podría consistir entonces en el análisis de las tendencias simuladas a lo largo de los últimos decenios, los cuales son los mejor documentados y los más afectados por el aumento monótono de las concentraciones de gases de efecto invernadero. Aquí nos hallamos en el campo de la detección y atribución. Se trata tanto de discernir los eventuales cambios climáticos que no pueden depender de la variabilidad interna del sistema climático como de atribuirles una causa, mostrando su compatibilidad con eventuales forzamientos antrópicos o naturales y su incompatibilidad con las demás causas físicas plausibles. Un ejemplo palmario es la dificultad de los modelos del CMIP3 para reproducir la disminución de la banquisa ártica observada en los últimos decenios (Boé *et al.*, 2009, véase figura 4), lo que ha conducido a muchos centros de investigación a “volver a empezar” y a producir resultados en apariencia más realistas en el ejercicio del CMIP5 (Stroeve *et al.*, 2012). Sin embargo, debe señalarse que la fecha de la desaparición de la banquisa ártica en los escenarios del siglo XXI es aún muy incierta en el CMIP5 y que la reciente aceleración de su disminución observada vuelve a plantear la cuestión de la fiabilidad de los modelos. La dificultad estriba entonces en saber qué fracción de la tendencia observada obedece en la realidad a un forzamiento antrópico.

<sup>29</sup>Testigos de hielo, corales, anillos de árboles, polen, etcétera. Registros indirectos de las condiciones climáticas que reinaban en aquellas épocas lejanas.

FIGURA 4  
A) SUPERIOR Y B) INFERIOR



A) Evolución de la extensión de la banquisa del mes de septiembre (en anomalía relativa con respecto a la climatología 1979-2007) observada (en negro) o simulada (líneas punteadas) según el escenario de concentración SRES-A1B para distintos modelos de clima que participaron en el CMIP3; B) Ilustración del efecto de la corrección *a posteriori* de las proyecciones en con base la evaluación de las tendencias simuladas de 1979 a 2007: media de conjunto e intervalo de confianza de 68 por ciento con base en datos brutos (en negro) y a datos corregidos (en gris). Fuente: Boé *et al.* (2009) doi:10.1038/NGEO467.

Aquí tocamos el espinoso asunto de la calibración de los modelos, que hay que distinguir, por supuesto, de la evaluación. Este punto merecería un artículo por sí mismo, pues plantea muchas cuestiones epistemológicas. Es un asunto que se ha debatido escasamente en la comunidad de los modeladores y no existe, a este respecto, ningún protocolo común o, al menos, una guía de buenas prácticas. Sin embargo, si hacemos caso a las ciencias humanas (Guillemot, 2010), muchos climatólogos dan más crédito a sus modelos al confrontar las simulaciones con las observaciones, debido a la confianza en las teorías que los sustentan. Esta constatación se confirma a menudo por la manera en que los expertos responden a los escépticos del cambio climático, amparándose de entrada en las temperaturas simuladas y observadas durante el siglo XX, en vez de destacar primero las indiscutibles bases teóricas del efecto invernadero. Sin duda, esto se explica en parte por la creciente complejidad de los modelos que impide a cualquiera tener una visión, sino una comprensión exhaustiva de su contenido teórico.

¿Cómo, entonces, llevar a la práctica una sinergia no incestuosa, sino fructuosa, entre modelos y observaciones? Pocos centros de investigación son elocuentes con respecto a sus prácticas de calibración. No hay que considerar esto una falta de ética sino, más bien, un pecado de juventud de una ciencia que de hecho es muy reciente y a la que con frecuencia no se le incita a proveer explicaciones sino cifras. Sin embargo, pueden citarse los trabajos de Mauritsen *et al.* (2012) que muestran la considerable ambigüedad que puede existir en la calibración de los parámetros inaccesibles a la medición, ya que diversas combinaciones pueden proporcionar buenos resultados en clima presente, pero dar lugar a diferentes sensibilidades a los forzamientos antrópicos. También podemos mencionar el artículo de Hazeleger *et al.* (2010) sobre la presentación de un nuevo modelo del sistema Tierra. En éste, la calibración se realiza en dos etapas. Primero, el MCG atmosférico es forzado por TSM observadas y ciertos parámetros de la física son optimizados para que correspondan lo mejor posible al clima observado. Enseguida, este modelo se acopla a un MCG oceánico y la calibración ya no atañe más que a los procesos oceánicos y a algunos parámetros del acoplamiento. Esta práctica puede permitir evitar algunas compensaciones de errores, pero no ha logrado la unanimidad en la medida en que el

acoplamiento no consiste en prescribir TSM imperfectas, sino en introducir un nuevo grado de libertad en los modelos de clima.

Sin embargo, es preciso completar el enfoque holístico y/o macroscópico con un enfoque modular y orientado a procesos. Por una parte, pueden compararse los modelos de clima con una orquesta en la que cada instrumentista debe ensayar sus escalas y aprender su partitura antes de que el conjunto pueda producir un resultado satisfactorio. La cuestión entonces es saber cómo definir a los músicos y cómo evaluarlos. Se efectuó un primer paso en esta dirección con el CMIP5 pues para participar en el ejercicio era indispensable realizar simulaciones en estricto sentido atmosféricas.<sup>30</sup> ¿Pero qué pasa con los otros componentes del sistema y hasta qué punto puede evaluarse un modelo en modo forzado?<sup>31</sup> Por otra parte, se trata de evaluar procesos particulares en el interior mismo de los componentes del sistema y/o de su interfaz, excluyendo, si fuera posible, otras fuentes de error. Aquí se presenta la posibilidad de utilizar modelos simplificados, pero también de poner en práctica configuraciones intermedias entre las simulaciones en modo unidimensional<sup>32</sup> y tridimensional: modelos de clima probados en modo PN, modelos globales para la generación de reanálisis, modelos regionales.

Por último, la evaluación de los modelos plantea por fuerza la cuestión de su ponderación en el cálculo de una media de conjunto o de la probabilidad de un cambio climático dado (Knutti *et al.*, 2010; Klocke *et al.*, 2011). Por el momento, el GIEC ha sido prudente al respecto y no rechaza ninguno de los escenarios producidos en el marco de las intercomparaciones del CMIP. Una estimación del consenso utilizada a menudo para cartografiar la robustez de los cambios climáticos simulados para el siglo XXI es el porcentaje de los modelos cuyo cambio es de mismo signo que el obtenido al promediar todos los modelos. Esto es criticable en la medida en que se privilegia el signo por encima de la amplitud de las anomalías (Power *et al.*, 2012) y en tanto la media de con-

<sup>30</sup>Para juzgar la calidad de la simulación del clima presente, se requería de al menos una simulación de 30 años, forzada por series mensuales de temperatura superficial del mar observada entre 1979 y 2008.

<sup>31</sup>Un número creciente de estudios sugieren, por ejemplo, que algunos fenómenos atmosféricos (ciclones tropicales, oscilación de Madden-Julian, etcétera) se simulan mejor con temperaturas superficiales del mar interactivas.

<sup>32</sup>Modelo de columna atmosférica.

junto puede resultar un mal indicador del escenario más probable (Tebaldi *et al.*, 2011). Los distintos modelos son por lo general considerados como equiprobables. Cuando no es así, la estrategia que consiste en descartar los modelos menos realistas en clima presente conduce casi por excepción a una reducción sustancial de las incertidumbres en clima futuro (Knutti *et al.*, 2010). Estos métodos, sin embargo, se encuentran aún en sus albores y el debate sigue abierto. La multiplicación de las mediciones que se han propuesto plantea una nueva cuestión: ¿cómo combinar de manera óptima no sólo los modelos, sino también las mediciones que se supone que deben medir su fiabilidad?

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de calculadoras cada vez más potentes, y en paralelo a los progresos realizados en materia de observación espacial, los MCG de la atmósfera, y después del océano, se han impuesto en algunas décadas como las herramientas indispensables para la comprensión y la predicción del clima. Hoy en día, muchos centros de investigación producen predicciones climáticas a largo plazo de manera operacional y los ejercicios de intercomparación del CMIP son examinados con regularidad por el GIEC a fin de guiar las políticas que pretenden limitar los efectos a los impactos de los cambios climáticos provocados por el hombre, adaptándose a ellos. Sin embargo, estas predicciones o proyecciones siguen siendo muy inciertas, en parte debido al carácter imperfecto de los modelos. El enfoque probabilístico, mediante los métodos de conjunto, ha sido la principal vía que se ha explorado para comprender y cuantificar, si no reducir, las incertidumbres. Empero, a pesar de su evidente interés, este enfoque no puede ocultar el núcleo del problema: los modelos son perfectibles, pero la realización de simulaciones cada vez más pesadas, así como el creciente interés que suscitan, han desviado a una parte de los investigadores de las tareas esenciales de desarrollo y evaluación de los modelos (WCRP, 2011).

Comparado con la predicción numérica del tiempo, el modelado climático puede parecer una actividad artesanal. Mientras que una nueva versión de un modelo de PN sólo podrá ser operacional si responde a ciertos criterios objetivos (puntuaciones), aún quedan por definirse mediciones de este tipo para los mo-

delos de clima. La consecuencia más llamativa de esto, bien conocida por los propios modeladores, es que parece difícil consolidar un modelo de clima: cada versión implica mejoras, pero también “malas sorpresas”. Por lo tanto, es preciso racionalizar los métodos de evaluación e inspirarse, sin duda, en el modelado estadístico para probar “a ciegas” los modelos o algunos de sus componentes —distinguiendo las etapas de calibración y de verificación de los modelos— o para demostrar el valor agregado de un modelo más complejo, comparándolo de modo sistemático con un patrón simplificado. En el caso de los escenarios del siglo XXI, recurrir a simulaciones de referencia, considerándolas como “seudo-observaciones”, puede permitir evaluar los riesgos de una calibración excesiva o paliar la carencia de observaciones con el fin de probar las mediciones que hayan sido propuestas para juzgar la credibilidad de los modelos. ¿Pero tal referencia debiera ser única y derivarse de una simulación de alta resolución que supondría ser más realista (Matsueda y Palmer, 2011) o ser múltiple y obtenerse de las diversas simulaciones del CMIP para privilegiar la robustez de las mediciones puestas a prueba?

Debido a su carácter multidisciplinario, los denominados modelos del sistema Tierra pueden parecer torres de Babel. A menudo, los premios a la novedad que caracterizan a muchos concursos, así como la competencia entre investigadores, incitan a éstos a construir cada vez más alto en vez de consolidar los fundamentos de sus edificios. Hacer relucir las mejoras o precisiones que se esperan de la inclusión de nuevos componentes o de una ampliación de la resolución conlleva el riesgo de reforzar la pasividad de los responsables políticos, sobre todo cuando las medidas por tomar son urgentes. Es tal vez por ello que muchos investigadores parecen hoy interrogarse sobre el equilibrio adecuado entre complejidad, resolución y realismo en la representación de los procesos<sup>33</sup> (WCRP, 2001).

Una metáfora más optimista sobre la evolución de los modelos consiste en comparar los *escenarios climáticos* con un rompecabezas en el cual algunas piezas ya están bien colocadas, pero otras no han conseguido hallarse en su sitio para proporcionarnos una imagen precisa y completa de los cambios que ocurrirán durante el siglo XXI (Jeandel y Mossery, 2011). Sin embargo, si hacemos

<sup>33</sup>Entendido en este caso como mejora de las parametrizaciones físicas.

caso del frío análisis de Lenhard y Winsberg (2010), es poco probable que las incertidumbres propias de los *escenarios climáticos* disminuyan sensiblemente durante las próximas décadas. Los primeros resultados del CMIP5 parecen reforzar esta conclusión, aunque habrá que esperar la publicación del quinto reporte del GIEC para ampliar la perspectiva sobre esta cuestión. Un camino aún por explorar consiste en dedicar una parte del trabajo a los modelos que muestran las respuestas más extremas y en potencia las más peligrosas para saber si no obedecen a comportamientos aberrantes. Algunos, por cierto, exhortan al GIEC a ser más estricto y menos consensual en la evaluación de los modelos y de los riesgos asociados al cambio climático (WCRP, 2011).

¿Para qué pueden servir los modelos numéricos del clima ahora, en el siglo XXI? Para comprender mejor y, si fuera posible, predecir, la variabilidad natural del clima que causa con regularidad considerables pérdidas humanas y económicas en todas partes del mundo pues, sería hipócrita denunciar los riesgos inherentes a los cambios climáticos de origen antrópico sin sublevarse ante las débiles capacidades de adaptación al riesgo climático natural de muchas sociedades. Para detectar y atribuir, de entre los cambios climáticos observados, aquellos que desde ahora dependen de eventuales efectos antrópicos; para afirmar una y otra vez, con base en su comprensión y con argumentos, que las perturbaciones climáticas engendradas por las actividades humanas van a potenciarse, a implicar al planeta entero, a alcanzar un ritmo nunca visto desde el surgimiento de las sociedades humanas. Esto ya es mucho y debería bastar para poner en práctica políticas más ambiciosas con respecto a la adaptación a los riesgos climáticos (naturales o de origen antrópico) y a la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Pero la cuestión aquí, más que la utilidad comprobada de los modelos, es la mejor manera de utilizarlos y de hacerlos progresar. Los objetivos de la OMM y del PMIC son claros: consisten en desarrollar modelos y servicios que permitan proporcionar, a cualquier persona, informaciones climáticas cada vez más numerosas, a escalas cada vez más finas y, si es posible, con una estimación de sus incertidumbres asociadas (WCRP, 2011). En este marco, las necesidades de los usuarios (en particular en lo relativo a la resolución) a veces parecen primar sobre los desempeños de los modelos (sobre todo en cuanto a la fiabilidad o la estimación de las incertidumbres). Por lo tanto, aunque es legítima la voluntad

del PMIC de orientar los trabajos de modelado hacia las actividades de servicio, a algunos de los investigadores implicados les preocupa la repartición de los medios entre los desarrollos y las aplicaciones, así como el plazo cada vez más corto para realizar puestas en marcha cuasi operacionales.

Entre holismo y reduccionismo, especialización creciente e interdisciplinariedad, competición y colaboración, afán de comprensión y de predicción, de avanzar rápido y de hacerlo bien, de comunicar con simpleza los resultados sin ocultar las incertidumbres correspondientes, la ciencia del clima es en muchos aspectos una ciencia como las demás. Sin embargo, la parte dominante y precoz del modelado, los retos geopolíticos de los trabajos del GIEC y su carácter cada vez más mediático la convierten también en una disciplina aparte. Esto confiere una responsabilidad particular a los investigadores comprometidos que deben desarrollar una ética de la utilización de los modelos y de la comunicación sobre los *escenarios climáticos*. Por lo tanto, la perspectiva de las ciencias humanas sobre estas prácticas es indispensable. A defecto de tal reflexión, el modelado climático podría acabar por parecer una disciplina autosuficiente cuyos modelos, más que el clima real, serían su principal objeto de estudio.

## FUENTES CONSULTADAS

- BOÉ, J., A. Hall y X. Qu (2009), “September Sea-Ice Cover in the Arctic Ocean Projected to Vanish by 2100”, *Nature Geosc.*, doi: 10.1038/NGEO467.
- BONY, S. *et al.* (2012) “Carbon Dioxide and Climate: Perspectives on a Scientific Assessment”. Position paper prepared for the WCRP Open Science Conference. Denver, octubre 24-28, 2011, 21 pp.
- BRUN, É., S. Vionnet y V. Morin (2013), “La modélisation du manteau neigeux en réponse à des enjeux majeurs souvent ignorés”, en F. Varenne y M. Silberstein (dirs.), *Modéliser & simuler. Épistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation*, t. 1, París, Éditions Matériologiques, pp. 525-548.
- BUIZZA, R., M. Miller y T.N. Palmer (1999), “Stochastic Representation of Model Uncertainties in the ECMWF Ensemble Prediction System”, *Quart. J. Royal Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 125, pp. 2887-2908.
- COX, P.M., R.A. Betts, M. Collins, P.P. Harris, C. Huntingford y C.D. Jones (2004), “Amazonian Forest Dieback Under Climate-Carbon Cycle Projections



- for the 21st Century”, *Theoretical and Applied Climatology*, núm. 78, pp. 13-156, doi:10.1007/s00704-004-0049-4.
- DAHAN-DALMEDICO, A y H. Guillemot (2006), “Changement Climatique: Dynamiques Scientifiques, Expertise, Enjeux Géopolitiques”, *Sociologie du travail*, núm. 48, pp. 412-432.
- DAHAN, A. (2010), “Putting the Earth System in a Numerical Box? The Evolution from Climate Modelling toward Global Change”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, núm. 41, pp. 282-292.
- DESER, C., A. Phillips, V. Bourdette y H. Teng (2010), “Uncertainty in Climate Change Projections: the Role of Internal Variability”, *Climate Dynamics*, núm. 38, pp. 527-546.
- DUFRESNE, J.L. y S. Bony (2008), “An Assessment of the Primary Sources of Spread of Global Warming Estimates from Coupled Atmosphere-Ocean models”, *Journal of Climate*, núm. 21, pp. 5135-5144.
- EDWARDS, P.N. (2011), “History of Climate Modeling”, *WIREs Climate Change*, núm. 2, pp. 128-139.
- GRIGGS, D.J. y T.S. Kestin (2011), *Bridging the Gap between Climate Scientists and Decision Makers*, núm. 47, pp. 139-144.
- GUILLEMOT, H. (2009), “Comment Évaluer un modèle de climat ? Circulations et dialogues entre simulations et observations dans les pratiques des modélisateurs”, *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, núm. 41, pp. 273-293.
- (2010), “Connections between Climate Simulations and Observation in Climate Computer Modeling. Scientist’s Practices and ‘Bottom-up Epistemology’ Lessons”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, núm. 41, pp. 242-252.
- HANSEN J., M. Sato y R. Ruedy (2012), “Perception of Climate Change”, *Proceeding of the National Academy of Sciences* doi: 10.1073/pnas.1205276109.
- HAWKINS, E. y R. Sutton (2009), “The Potential to Narrow Uncertainty in Regional Climate Predictions”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, núm. 90, pp. 1095-1107.
- HAZELEGER, W. *et al.* (2010), “A Seamless Earth-System Prediction Approach in Action”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, núm. 91, pp. 1357-1363.
- HELD, I. (2005), “The Gap Between Simulation and Understanding in Climate Modeling”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, doi:10.1175/BAMS-86-11-1609.

- HEYMANN, M. (2010), "Understanding and Misunderstanding Computer Simulation: The Case of Atmospheric and Climate Science-An Introduction", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, núm. 41, pp. 193-200.
- JEANDEL, C. y R. Mosseri (2011), *Le climat à découvert. Outils et méthodes en recherche climatique*, CRNS Editions, ISBN: 978-2-271-07198-9, 288 pp.
- KLOCKE, D., R. Pincus y J. Quaas (2011), "On Constraining Estimates of Climate Sensitivity with Present-Day Observations Through Model Weighting", *Journal of Climate*, núm. 24, pp. 6092-6099.
- KNUTTI, R. *et al.* (2010), "Challenges in Combining Projections from Multiple Climate Models", *Journal of Climate*, núm. 23, pp. 2739-2758.
- LENHARD, J. y E. Winsberg (2010), "Holism, Entrenchment, and the Future of Climate Model Pluralism", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, núm. 41, pp. 253-262.
- LORENZ, E.N. (1963), "Deterministic Non-Periodic Flow", *Journal of the Atmospheric Sciences*, núm. 20, pp. 130-141.
- MATSUEDA, M. y T.N. Palmer (2011), "Accuracy of Climate Change Predictions Using High Resolution Simulations as Surrogate of Truth", *Geophysical Research Letters*, núm. 38, L05803.
- MAURITSEN, T. *et al.* (2012), "Tuning the Climate of a Global Model", *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, núm. 4, M00A01, p. 18.
- MURPHY, J. *et al.* (2004), "Quantifying Uncertainties in Climate Change from a Large Ensemble of General Circulation Model Predictions", *Nature*, núm. 430, pp. 768-772.
- NOBRE, C. *et al.* (2010), "Addressing the Complexity of the Earth System", *Bulletin of the American Meteorological Society*, núm. 91, pp. 1389-1396.
- PALMER, T.N., F.J. Doblas-Reyes, A. Weisheimer y M.J. Rodwell (2008), "Toward Seamless Prediction Calibration of Climate Change Projections Using Seasonal Forecasts", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, núm. 89, pp. 459-470.
- PARKER, W.S. (2010), "Predicting Weather and Climate: Uncertainty, Ensembles and Probability", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 41, núm. 3, pp. 263-272.
- PENNEL C. y T. Reichler (2011), "On the effective number of climate models", *Journal of Climate*, 24, pp. 2358-2367.
- POWER, S.B., F. Delage, R. Colman y A Moise (2012), "Consensus on twenty-first century rainfall projections in climate models more widespread than previously thought", *Journal of Climate*, núm. 25, pp. 3792-3809.

- REICHLER, T. y J. Kim (2008), “How well do coupled models simulate today’s climate”, *Bulletin of the American Meteorological Society*. doi:10.1175/BAMS-89-3-303.
- SCAIFE, A.A. *et al.* (2009), “Comments on Toward Seamless Prediction Calibration of Climate Change Projections Using Seasonal Forecasts”, *Bulletin of the American Meteorological Society*. doi:10.1175/2009BAMS2753.1.
- SHAPIRO, M. (2010), “An Earth-System Prediction Initiative for the Twenty-First Century”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, núm. 91, pp. 1377-1388.
- SHUKLA, J. (2009), “Seamless Prediction of Weather and Climate: A New Paradigm for Modelling and Prediction Research”, *Climate Test Bed Joint Seminar Series*, NCEP, 8 pp.
- SHUKLA, J. *et al.* (2010), “Toward a New Generation of World Climate Research and Computing Facilities”, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, núm. 91, pp. 1407-1412.
- STAINFORTH, D.A. *et al.* (2005), “Uncertainty in Predictions of the Climate Response to Rising Levels of Greenhouse Gases”, *Nature*, núm. 433, pp. 403-406.
- STROEVE, J., V. Kattsov, A. Barrett, M. Serreze, T. Pavlova, M. Holland y W. Meier (2012), “Trends in Arctic Sea Ice Extent From CMIP5, CMIP3 and observations”, *Geophysical Research Letters*, núm. 39, L16502, doi:10.1029/2012GL052676.
- TAYLOR, K.E., R.J. Stouffer y G.A. Meehl (2012), “An Overview of CMIP5 and the Experiment Design”, *Bulletion of the American Meteorological Society*, núm. 93, pp. 485-498, doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1.
- TEBALDI, C., G. Schmidt, J. Murphy y L.A. Smith (2011), “The Uncertainty in Climate Modelling”, *Bulletion of the American Meteorological Society*, 16 pp.
- WCRP (2011), “WCRP Modelling Coordination Meeting. WCRP Series Report n° 133”, WMO/TD-n°1569, 31 pp, disponible en <http://www.wcrp-climate.org/wgcm/>
- WEART, S. (2010), “The development of general circulation models of climate”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41, pp. 208-217.
- WEISHEIMER, A., T.N. Palmer y F.J. Doblas-Reyes (2011), “Assessment of representations of model uncertainty in monthly and seasonal forecast ensembles”, *Geophysical Research Letters*, 38, L16703.

# Que la batalla se libere al menos con igualdad de armas

Bruno Latour

Ya había ocurrido el asunto del cigarrillo y de sus vínculos con el cáncer. Presenciamos entonces una campaña de desinformación tan hábil e insistente por parte de los fabricantes y de sus “expertos” que para seguir su curso hubo de inventarse el término paradójico de “ciencia de la ignorancia voluntariamente inducida” o agnatología (Brandt, 2008). En efecto, ante un tema que comienza a turbar al público, la cuestión ya no es añadir una información contraria y ensamblada con astucia, como siempre se ha hecho mediante la propaganda, sino de regresar al inicio de la controversia, ahí donde los saberes positivos comienzan a elaborarse, para impedir su conclusión (Oreskes y Conway, 2010).

La astucia de esta nueva forma de propaganda es que puede pasar por una simple prolongación de todas las grandes virtudes epistemológicas a las que los eruditos suelen encomendarse: la cultura del escepticismo y de la duda radical, la necesidad de repetir los experimentos hasta que se haya obtenido un pleno consenso, una distancia altiva con respecto a las cuestiones políticas, una atención meticulosa a los detalles de los protocolos experimentales, el llamamiento a las importantes figuras que han sido perseguidas en la historia de las ciencias, en particular Galileo, cuya invocación en este contexto no puede sino hacer reír a los historiadores. Pero la astucia suprema es que estos desinformadores consiguen ocultar que se trata de una contrapropaganda de origen político, pues se sitúan en el terreno de las pretensiones apolíticas de la ciencia, que debe continuar siendo, también para sus adversarios, el ámbito sagrado de la búsqueda de los hechos. He ahí un buen caso de camuflaje, como el *mimicry*<sup>1</sup> entre los insectos, pues los más politizados son quienes imitan de maravilla el carácter no político de la producción erudita!

<sup>1</sup>En inglés en el original, mimetismo (N. del T.).

En efecto, los científicos que sufren tal ataque caen en su propia trampa, porque también ellos insisten en las virtudes de la duda y del escepticismo, en la necesidad de obedecer los protocolos más robustos y también porque afirman que hay que alejar a su ciencia lo más posible de la política para atenerse sólo a los hechos confirmados. Curiosamente, cuando el consenso se hace demasiado marcado, los eruditos se sienten más bien incómodos. Tan pronto como algunas comunidades científicas se ponen de acuerdo y comienzan a clausurar sus debates, se arriesgan a pasar por un poder arrogante y absolutista que trata de imponer al resto del mundo sus modos de ver, disimulando a propósito las zonas de incertidumbre. Es en este punto preciso, en el momento en que se establece el consenso, donde los grupos de presión pueden atacar sin riesgo alguno —disfrazándose de científicos ultraprecavidos, racionalistas y objetivos— los resultados de la ciencia. Ni siquiera tienen que ser especialistas de los asuntos que impugnan. Basta que hablen “de ciencia”, imitando la seriedad científica y ocupando el terreno de los hechos, mientras ponen todos los obstáculos epistemológicos necesarios para impedir la clausura.

Esto es lo que vienen haciendo los fabricantes de cigarrillos desde hace 50 años y, desde hace 15 o 20 años, los numerosos grupos de presión que tienen un interés considerable en la lucha contra la causa antrópica del calentamiento planetario —por cierto, algunos de los “expertos” y *think tanks* han pasado de un asunto al otro (Hoggan, 2009). ¿El resultado de este camuflaje? Los “investigadores” que son enviados por los grupos de presión se comen de un bocado a los científicos, enmudecidos, estupefactos de ver que puede atacarse un consenso en vías de formación sin realizar ninguna nueva investigación. Las estadísticas lo muestran (*cf.* Zaccai *et al.*, 2012): la agnatología es infinitamente más eficaz que la contrapropaganda o la desinformación. Ni los investigadores ni el público parecen tener anticuerpos contra quienes se los comen vivos blandejeando las virtudes fortificantes de la duda científica.

A tal grado han triunfado que la causa del calentamiento climático —la cual había recibido en Estados Unidos el apoyo bipartidista hasta la época de Bush padre— se ha convertido ahora en la piedra de toque para definir la diferencia entre republicanos y demócratas. En cuanto a nuestro Allègre<sup>2</sup> nacional,

<sup>2</sup>Claude Allègre, climatoescéptico francés (N. del T.).

Daniel Boy ha mostrado la eficacia que ha tenido su campaña en la opinión francesa (Boy, 2010). ¡Politización máxima gracias a un ataque que, aparentemente, sólo versa sobre hechos que todo el mundo está de acuerdo en desligar al máximo de las cuestiones políticas! Y el hecho de haber cursado estudios superiores no es de ayuda alguna para resistirse, sino todo lo contrario, puesto que estas campañas de escepticismo recurren a lo que los círculos cultivados, sobre todo en Francia, gustan tanto promover: el respeto de la ciencia, de la duda, del debate, así como la distancia que siempre conviene guardar con respecto a las cuestiones de baja política.

Para quienes se interesan, como yo, desde hace unas tres décadas, en los mecanismos de producción de los hechos, la irrupción de estas controversias continuadas de manera artificial para evitar que el consenso aparezca a la vista de los políticos y del público plantea varios problemas importantes. ¿Cómo producir los anticuerpos que permitan a los científicos resistir a esta injusta contienda? ¿Cómo permitir al público —erigido, sin su consentimiento, en árbitro de una disputa que se mantiene artificialmente— detectar el carácter facticio de tal arena?

La principal extrañeza proviene, evidentemente, de la idea de que un estado de cosas —cuya verdad implicaría la modificación radical de los modos de vida de 7 mil millones de humanos— pueda ser aceptado, sin discusión, por el conjunto de las partes involucradas de la misma manera que lo son el teorema de Pitágoras o la composición atómica del agua. En definitiva, esto entraña una admirable confianza en la razón y en la extensión de la Ilustración. “Aprender los hechos indiscutibles, buena gente, y el peso de su saber guiará sin falta su acción”. Lo que hubiera debido parecer imposible es que la causa antrópica del cambio global fuera aceptada sin más. Con base en los muchos ejemplos de la historia de las ciencias, como la bacteriología del siglo XIX, o el SIDA, es a esta imposibilidad a lo que con probabilidad habríamos de habernos preparado.

O bien, es que nadie había contemplado sus consecuencias prácticas. Eso es lo que tal probabilidad sucedió en los años 1980: se había logrado un acuerdo con facilidad porque la inmensidad de las transformaciones aún no habían llegado a la conciencia. Creer en el poder de movilización de los hechos revela una simpática confianza en el racionalismo y una gran inge-

nidad política. Cualquier fumador que sepa a la perfección que son sus pulmones los que encajan el golpe cuando enciende su cigarrillo comprenderá este diagnóstico. Como dice el proverbio: “Si sabes pero no actúas, no sabes”. Pero no, claro que no se sabe, y se hará todo lo posible con tal de no saber. El éxito de los grupos de presión climatoescépticos es incomprensible sin el inmenso apoyo que cada uno de nosotros otorga al no saber, como lo muestra Clive Hamilton página tras página (Hoggan, 2009) En este sentido, él tiene razón: se trata de una verdadera conspiración y “todos somos climatoescépticos”.

¿Pero de dónde viene la idea de que al conocimiento confirmado le sigue de modo inevitable la acción? Esta idea es aún más extraña en tanto socava de modo evidente cualquier acción: en efecto, basta infundir dudas antes de la acción, donde se forma el consenso que va a producir los hechos “indiscutibles”, para suspender la larga cadena de las consecuencias con pretensiones de ineluctabilidad. He ahí toda la eficacia de Allègre y los climatoescépticos: puesto que sus adversarios pretenden actuar en nombre de una certeza que ya no es preciso cuestionar, basta mostrar que existe una duda razonable para interrumpir por completo la acción. Pero, por supuesto, lo que no funciona en esta operación es la idea de que al conocimiento le sigue una acción. Pregunten a los responsables de la guerra nuclear durante la Guerra Fría si aguardaron a tener un conocimiento cabal antes de adoptar alguna medida de anticipación masiva. Actuaron de modo preventivo contra los Soviets. Y así aprendieron, poco a poco, cuál era el nivel exacto de la amenaza (que habían exagerado, según se dieron cuenta retrospectivamente). La acción y el conocimiento van a la par y avanzan al mismo paso, explorando, por medio de una serie de apuestas sobre el futuro que renuevan constantemente, la incertidumbre inherente a cualquier situación (Dewey, 1938).

Ahora comenzamos a ver por qué los desinformadores lograron comerse de un bocado a los desafortunados eruditos: al pretender separar la causalidad antrópica del calentamiento global de todas sus consecuencias realmente revolucionarias y, por otra parte, al seguir actuando como si un conocimiento pleno y confirmado debiera preceder a la acción, los investigadores fueron puestos en

la imposible posición de tener que defenderse con el resguardo de la Línea Maginot<sup>3</sup> del racionalismo, mientras los retos los rebasaban por todas partes.

Pero lo más extraño es haber pretendido protegerlos de sus atacantes intentando mantener, a pesar de las evidencias, la distinción entre ciencia y política, una distinción que presenta una protección tan débil que tal es, justamente, el argumento de peso de sus adversarios! Es inútil: siempre se acaba por volver a la creencia de que si se consiguiera separar la ciencia de la política entonces, por fin, contaríamos con unos hechos indiscutibles que ocasionarían, por una percolación de tipo pedagógico, la acción de los ciudadanos instruidos... Y este sueño maravilloso se prosigue incluso cuando los grupos de presión climatocépticos utilizan el mismo argumento para que, por fin, dejemos de “politizar” la ciencia del clima y nos atengamos sólo “a los hechos”. ¡La incapacidad de los verdaderos especialistas para rebatir este argumento es lo que convierte al público en el árbitro involuntario de lo que supone que es una disputa con igualdad de armas para despolitizar la ciencia!

¿Puede esclarecerse un poco esta situación abracadabradantesca?<sup>4</sup> Yo creo que sí, pero a condición de modificar un poco la palabra “política”, evitando convertir el verbo “politizar” en una acusación que pretende estigmatizar al adversario. Los investigadores que establecen una relación causal entre la acción humana y la transformación del clima en el planeta “hacen política”, en el sentido en que modifican las asociaciones —y, por ende, de manera directa lo “social”— que todos los seres establecen con todos los otros seres (Latour, 2008). Por lo tanto, están inmersos en una cosmología —una cosmopolítica (Latour, 1999)— que mezcla de distinta manera todas las entidades que con anterioridad no eran consideradas en la comprensión pública de los problemas. Por supuesto, no se trata de “política” en el sentido de partidos y aún menos de grupos de presión, pero mucho se aclararían las disputas sobre la “composición progresiva del mundo común” si reconociéramos que cualquier modificación de los vínculos entre las entidades que ocupan nuestro mundo forma parte de la vida pública. Sobre todo cuando son asuntos que conciernen a todo el planeta.

<sup>3</sup>Fortificaciones francesas construidas después de la Primera Guerra Mundial para defenderse de Alemania (N. del T.).

<sup>4</sup>Juego de palabras entre “abracadabra” y “dantesco” (N. del T.).



Lo que por fin permitiría defenderse a los investigadores injustamente atacados —en vez de pedirles que se protejan detrás de la barrera ilusoria de la “distinción total” entre ciencia y política— sería demandar con franqueza a sus adversarios que precisen en qué mundo desean vivir, con quién y qué intereses defienden. La astucia de la agnatología, recordémoslo, consiste en oponer a los eruditos la autonomía de una ciencia mantenida a salvo de la política. Aceptar jugar ese juego hace imposible la expresión pública de los intereses, por una parte, y de la cosmología, por otra parte. “¿En qué mundo pretendes vivir? ¿Con qué apoyos?”. Que al menos cada quien luche bajo su propia bandera.

Si se trata de una “guerra de los mundos”, como lo muestra la rápida transformación de los republicanos en climatoescépticos, sería mejor permitir que la lucha se dé con igualdad. Mientras que el eslogan “defendamos la ciencia de la invasión deletérea de la política” no aporta ninguna diferencia al debate —porque es lo mismo que dicen tanto los verdaderos especialistas como el gobernador de Texas Rick Perry o el antiguo ministro Allègre—, el requerimiento “¿en qué mundo vives, con quién lo compartes, por medio de qué instrumentos lo llevas a la conciencia, con qué grados de incertidumbre estás dispuestos a componerlo?” permitiría al público detectar más rápido quién es el más partidario —la única cosa, como nos lo recuerda Walter Lippmann, que se pueda preguntar al “público fantasma” (Lippmann, 2008). Si el debate ciencia contra política nunca ha funcionado, el de política contra política revelaría bastante pronto las muy miserables posturas de los climatoescépticos puesto que, sin duda, “su reino no es de este mundo” o, en cualquier caso, no de este planeta.

Defendiéndose con igualdad de armas, los investigadores no sólo esclarecerían lo que se entiende por “política” sino que darían un sentido por fin positivo a la amplitud de sus incertidumbres. Efectivamente, ahora, desde la posición imposible en la cual se les ha acorralado, al pedirles que otorguen a los políticos la certeza que por fin les permita actuar, cualquier expresión de duda juega en contra suya y da la oportunidad a los climatoescépticos, positivistas hasta el alma, de hacer brechas en el conocimiento. Es lo que sucedió con el *climategate* cuando los grupos de presión escépticos pretendieron denunciar públicamente la cocina de los investigadores que exploraban a tientas la aterradora complejidad del clima del planeta. Puesto que son investigadores, es evidente que tantean... ¡vaya descubrimiento! También hay que atacar esta idea de la duda y del “sano escepticismo”.

No obstante, si las ciencias del clima han resistido tan mal la acusación de estar plagadas de incertidumbres, al menos ante los medios y el público, ello es por no haber mostrado hasta qué punto su certeza se apoya en bases distintas de las de la epistemología corriente. El positivismo nunca podrá defender de la crítica a una ciencia (Hacking, 1989). Y ello es aún peor en las ciencias del clima, que requieren una epistemología muy nueva, y que no se asemejan en nada a los tipos de certeza con los que la filosofía de las ciencias afiló sus colmillos —a grandes rasgos, los resultados de la física matemática (Stengers, 1993). Como puede observarse en el admirable libro de Paul Edwards (2010), la sola operación de recuperar cada “dato” básico gracias a los modelos haría a los positivistas poner el grito en el cielo, justo cuando en eso consiste la novedad de estas disciplinas que deben reunir datos producidos —o, con mayor justeza “obtenidos”—, por todo tipo de disciplinas y mediante instrumentos que serían inconmensurables sin la estandarización. Y cada esfuerzo de estandarización supone comités, redes, sociedades eruditas, asociaciones, es decir, instituciones cuya indispensable presencia nunca es tomada en cuenta por la epistemología ordinaria. Cuando los verdaderos especialistas se explican, como en el bello texto de Valérie Masson-Delmotte (2011), vemos desplegarse un tipo de incertidumbres que en nada debilitan el tejido de las verdades en proceso de producción sino que, al contrario, prueban la extensión de las redes de instrumentos, el cuidado en las interpretaciones, el encogimiento progresivo de los intervalos de confianza, la recaudación de los “obtenidos” cada vez más independientes entre sí. Esto es lo que con exactitud nunca conseguirá el positivismo en su búsqueda de un hecho aislado que lo contuviese todo.

Como puede verse, si los especialistas del clima tomaran en serio su papel político, o mejor aún, cosmopolítico, y no intentaran defenderse con una epistemología en la que una sola duda permite derrocar toda la trama de los conocimientos, tendrían más posibilidades de lograr el apoyo del público que encerrándose en la Línea Maginot de la distinción ciencia/política y dejándose bombardear, impotentes, por la expresión de dudas minúsculas que tienen como objetivo una ciencia imposible de alcanzar.

Varios artículos (*cf.* Zaccai *et al.*, 2012) lo muestran: no es difundiendo más información como se cambiará la mentalidad de quienes han comprendido a la perfección que han entrado a una “guerra de los mundos” —y que ya han

tomado la delantera—. Por lo menos debe evitarse que los investigadores luchan con las manos atadas a la espalda, paralizados por la obligación de respetar la epistemología de sus adversarios. Pero es necesario que el público disponga, de una vez por todas, de los medios para visualizar estas disputas en toda su extensión, sin que se les enmarque inmediatamente, como en un tribunal o un estudio de televisión, en el “por y contra”, una falsa igualdad que no registra las inmensas diferencias de equipamiento, de conocimiento y de poder. Desde hace 15 años, nos esforzamos en construir con lo que llamamos “cartografías de controversias” (Venturini, 2010), los aparatos que permitan registrar esa desigual repartición de los recursos. Este cambio de epistemología no tendría ninguna posibilidad sin un público equipado con nuevos instrumentos.

Clive Hamilton procura llamar nuestra atención sobre un obstáculo imprevisto para cualquier política ecológica: la esperanza. Reescribiendo lo que está escrito en la entrada del Infierno de Dante, nos exhorta: “Tú que entras aquí, abandona cualquier esperanza, pues es esta esperanza clavada al cuerpo la que te impide en justicia tomar la medida, inhumana, del infierno que nos aguarda”. No puedo dejar de esperar que esté equivocado —otra vez esta maldita esperanza!—, pero, en cualquier caso, tiene razón en cuanto a que más vale abandonar de modo definitivo cualquier anhelo de un debate científico libre de la mínima interferencia política, cualquier esperanza en una certeza por fin completa que nos permitiera actuar sin tener que echar marcha atrás. Si desestimamos las fortalezas del racionalismo, tal vez encontremos la vía hacia una razón más exigente que por fin libere las manos de los investigadores para que luchan con igualdad de armas contra sus adversarios.

## FUENTES CONSULTADAS

- BRANDT, Allan M. (2008), *The Cigarette Century: The Rise, Fall, and Deadly Persistence of the Product that Defined America*, Nueva York, Basic Books.
- BOY, Daniel (2010). *Do controversies stem out of Ideological Oppositions or do they Create New Political Cleavages?*, International Conference Controverses Climatiques: Science and Politics, Brussels, October, pp 27-29.
- DEWEY, John (1938), *Logique. La théorie de l'enquête*, París, PUF.

- EDWARDS, Paul N. (2010), *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*, Cambridge, MIT Press.
- HACKING, Ian (1989), *Concevoir et expérimenter. Thèmes introductifs à la philosophie des sciences expérimentales*, París, Christian Bourgois.
- HOGGAN, James (2009), *Climate Cover-Up: The Crusade to Deny Global Warming*, Vancouver, Greystone Books.
- LATOUR, Bruno (1999), *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, París, La Découverte.
- (2008), “Pour un dialogue entre science politique et Science Studies”, *Revue française de science politique*, vol. 58, núm. 4, pp. 657-678.
- LIPPMANN, Walter (2008), *Le Public fantôme* (Laurence Décréau trad. Bruno Latour), París, Demopolis.
- ORESQUES, Naomi y Erik M. Conway (2010), *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*, Londres, Bloomsbury Press.
- PROCTOR, Robert y Londa Schiebinger (2008), *Agnotology: The Making and Unmaking of Ignorance*, Stanford, Stanford University Press.
- STENGERS, Isabelle (1993), *L'Invention des sciences modernes*, París, La Découverte.
- VENTURINI, Tommaso (2010), “Diving in Magma: How to Explore Controversies with Actor-Network Theory”, *Public Understanding of Science*, vol. 19, núm. 3, pp. 258-273.
- ZACCAI, Edwin, François Gemenne y Jean-Michel Decroly (dirs.) (2012), *Controverses Climatiques, Sciences et Politiques*, París, Presses de Sciences Po.



# Mercados civilizadores: el comercio de carbono entre experimentos *in vitro* e *in vivo*

Michel Callon

## RESUMEN<sup>1</sup>

La creación de los mercados de carbono es una de las soluciones consideradas en la actualidad para afrontar el reto ampliamente reconocido del calentamiento global. Sin embargo, existen muchas controversias sobre los modos de organización de estos mercados, las herramientas de cálculo que han sido ideadas para equiparlos y el papel que es de suponer que deberían desempeñar, en especial en relación con otros tipos de intervenciones que privilegian las medidas políticas o la investigación tecnológica. Ante estas controversias, en este capítulo se considera a los mercados de carbono como experimentos colectivos en curso. Se argumenta que el comercio de carbono es un terreno excepcional para identificar los intereses en juego en tales experimentos, así como para identificar mejor cuáles podrían ser las dinámicas de los mercados civilizadores.

En una reciente entrevista para la BBC, el presidente sumamente neoliberal de la República Checa, Vaclav Klaus, estigmatizaba a los ecologistas rojos (*sic*) al declarar que sus acciones eran una amenaza para la libertad. Agregaba, provocador, que la mejor manera de tratar los asuntos ambientales, en especial el reto del calentamiento global o cambio climático, consistía en depositar toda nuestra confianza en el mercado. Según él, la solución no es menos sino más mercado, por lo que la única *directriz*<sup>2</sup> adecuada es eliminar todos los obstáculos para su extensión y desarrollo. El mercado daría libre curso a las iniciativas, regularía la escasez de recursos y, a largo plazo, estimularía las innovaciones que proveerán las soluciones a los problemas de la humanidad. Esta posición

<sup>1</sup>El autor agradece a Ash Amin, Donald MacKenzie y Sue Smith por su invitación al taller sobre los mercados de carbono que organizaron en Durham (Institute of Advanced Study). También estoy agradecido con Yannick Barthe, Dominique Lindhardt y Nicolas Benvegnu por nuestras fructíferas discusiones sobre la politización.

<sup>2</sup> Del inglés *policy* (N. del T.).

extrema, defendida por un político que se ha formado en departamentos de *económica*<sup>3</sup> en universidades de Estados Unidos, tiene la ventaja de plantear de manera explícita la cuestión del papel que deberían tener los mercados en el asunto del calentamiento global. Pero como sólo se limita a reafirmar un dogma general, nada dice acerca de la única cuestión que en verdad importa: la índole de los mercados que deberían establecerse y sus formas de organización sociotécnica.

Afortunadamente, los economistas —no los que perdieron total contacto con la investigación académica, como Vaclav Klaus, sino quienes aún reflexionan acerca de las condiciones de funcionamiento de los mercados reales— se muestran más perspicaces y realistas. No han olvidado que la ciencia económica ha dedicado una parte sustancial de sus esfuerzos al análisis de los fracasos del mercado. Indudablemente, los mercados presentan ventajas que los hacen irremplazables. La autonomía con la que dotan a los agentes económicos estimula la creación y la innovación. También son una poderosa herramienta de coordinación. Y, por último, facilitan las adaptaciones y la búsqueda de compromisos que con probabilidad no emergerían a través de otros mecanismos como los planes. Pero cualquier moneda tiene dos caras. Los mercados tienen límites intrínsecos y su propio funcionamiento engendra asuntos de preocupación.<sup>4</sup> Todos los estudiantes de economía aprenden desde sus primeros años en la universidad que los mercados no son adecuados para la producción de bienes públicos; son una fuente constante de externalidades negativas (a veces irreversibles) que afectan la existencia de grupos cuyos intereses no son tomados en consideración; nada o casi nada pueden hacer contra la desigualdad de ingresos; y no son la mejor solución para garantizar el acceso universal a ciertos bienes, como la atención sanitaria. Según los economistas, tales límites son verdaderos fracasos. Por supuesto, éstos no condenan a los mercados en sí, sino que son un incentivo para buscar soluciones y para introducir medios alternativos que permitan obtener ventajas de los beneficios de los mercados y atenuar sus efectos negativos e indeseables. Vaclav Klaus recuerda sólo la mitad de las lecciones que aprendió.

<sup>3</sup>Sustantivo para significar ciencia económica, del inglés *economics* (N. del T.).

<sup>4</sup>Del inglés *matters of concern* (N. del T.).

El asunto del calentamiento global es una buena ilustración de lo que debería ser un enfoque razonable que preste atención tanto a los pros como a los contras de los mercados. Tal es el enfoque adoptado, por ejemplo, por sir Nicholas Stern en su ahora famoso informe (Stern, 2007). Él sostiene que el calentamiento global —cuyos orígenes en parte humanos han sido establecidos por la investigación científica— es el resultado de un gran defecto de los mercados económicos. Es una ilustración perfecta del daño que pueden provocar las externalidades negativas cuando se producen a gran escala y sin que sus efectos sean percibidos inmediatamente. Ahora que la investigación científica ha hecho visibles, tangibles, medibles y predecibles estas externalidades, se vuelve más evidente la ceguera de quienes repiten en todos los tonos que lo que nos salvará de las debilidades de los mercados existentes es más mercado, pues cualquier ampliación de los mercados también acarreará, obviamente, nuevas debilidades. El argumento de Stern parece razonable, al menos en principio, pues excluye posiciones doctrinarias. El mercado es sólo una de varias soluciones, con sus ventajas y desventajas; no debería satanizarse ni considerarlo una panacea.

En mi opinión, esta actitud pragmática necesita ser enmarcada por dos requisitos adicionales. El primero se refiere a la organización de las actividades relacionadas con el diseño de los mercados. En algunos aspectos, ciertamente, éstos presentan indudables ventajas y por ello sería irrazonable no aprovecharlos. Pero su eficiencia depende en gran medida de los *arreglos*<sup>5</sup> sociotécnicos con los que están hechos (Callon, 1998, 2008; Callon y Muniesa, 2005; Callon, Millo y Muniesa, 2007; MacKenzie, 2003, 2006 y en prensa). Por lo tanto, el diseño de estos arreglos es, en sí, una actividad estratégica que vale la pena organizar después de haberla considerado cuidadosamente. El segundo requisito, relacionado con el primero, atañe al principio de precaución. Nadie, ni siquiera los mejores especialistas, puede estar completamente seguro de antemano de las formas organizacionales y de los *arreglos* materiales que se requieren para establecer el funcionamiento de un mercado. Los mercados concretos sólo pueden ser descritos y analizados *in vivo*, lo que implica establecer dispositivos para medirlos, vigilarlos<sup>6</sup> y observarlos, para mantener de manera permanente

<sup>5</sup>En francés, *agencement* (N. del T.).

<sup>6</sup>Del inglés, *monitoring* (N. del T.).



a la vista los problemas que plantean y las maneras en que reaccionan a ciertas intervenciones o adaptaciones. Es porque se despliega en un mundo incierto por lo que el mercado impone esta mezcla típica del enfoque precautorio —en este caso aplicada a los artefactos sociotécnicos y no sólo a las innovaciones tecnológicas— de escepticismo y experimentación, de pruebas y errores, de observación y evaluación de los efectos producidos.

El primer requisito es bastante fácil de aceptar. Puesto que los mercados se diseñan, deberían diseñarse bien, prestando atención a su calidad para identificar sin errores todos sus problemas. La ingeniería social posee los mismos términos de referencia que la ingeniería técnica y, como ésta, tiene que estar formalmente organizada. El segundo requisito, fácil de aceptar en la teoría, es más difícil de poner en práctica. Un enfoque experimental, escéptico, abierto a preguntas inesperadas, preparado para la consideración cuidadosa de los problemas que surjan y para escuchar las protestas, implica unas estructuras de gobernación que (aún) hace gran falta establecer. Finalmente, no se debería considerar ambos requisitos por separado. Para ser validado, el diseño necesita de la experimentación y, a su vez, ésta actúa sobre el diseño (Roth, 2007). Esta tensión —con base en la cual se presenta a los mercados como dispositivos diseñados reflexivamente y como experimentos en curso a escala natural— contribuye a redefinir las relaciones entre ciencia, política y ciencia económica, así como a plantear la cuestión de los mecanismos por los cuales se trazan las fronteras entre estos distintos mundos. El objetivo de esta introducción es señalar algunos derroteros para favorecer nuestra comprensión de estos mecanismos. Desde este punto de vista, la reflexión sobre el papel, las formas organizativas y los límites de los mercados de carbono no sólo presenta la ventaja práctica de examinar cómo debería ser encarado el reto del calentamiento global, también es una contribución a una reflexión más general sobre cuán civilizados y civilizadores podrían ser los mercados.

## LOS MERCADOS COMO EXPERIMENTOS EN CURSO

Estudios recientes han mostrado que un número creciente de mercados son el resultado de auténticos procesos de experimentación. Los contextos en los que

se desarrollan estos experimentos son variados. Muniesa y Callon (2007), utilizando una metáfora tomada de las ciencias de la vida, hacen una distinción entre los experimentos económicos efectuados *in vitro*, es decir, en laboratorio,<sup>7</sup> y los experimentos *in vivo*, realizados en mercados reales a escala natural. Un buen ejemplo de experimentación *in vitro* es el diseño y la organización de las subastas de espectros por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos. Como señala Guala, éste es un caso típico de ingeniería de mercado que se inicia con experimentos de laboratorio en los cuales están involucrados varios economistas con sus distintos modelos (Guala, 2007). Como en cualquier proceso de innovación —fruto de negociaciones y compromisos—, los resultados son a continuación puestos a prueba fuera del laboratorio, donde nuevos intereses entran en juego y donde nuevos problemas surgen. Desde las primeras pruebas de laboratorio, al mercado no sólo se le considera como una trama de procedimientos y reglas. Una de las preocupaciones fundamentales la constituyen los dispositivos materiales, en particular los informáticos, cuyo diseño y desarrollo es tema de debates y reflexiones de carácter teórico. Obviamente, este paso por el laboratorio no es una regla general. Los experimentos pueden ser llevados a cabo *in vivo* —o, en otras palabras, *in situ*— sin haber sido preparados en un laboratorio. Ciertos mecanismos de identificación de los efectos producidos, de los errores encontrados y de las reacciones provocadas se establecen con el fin de poder tenerlos en cuenta y de alterar la arquitectura de los mercados en experimentación. Esto ocurre con frecuencia en los mercados financieros, como cuando, por ejemplo, se informatizan las bolsas de valores (Muniesa, 2003). Ya sea que se trate de experimentos *in vivo* o *in vitro*, lo que se diseña, prueba y evalúa es un *arreglo* sociotécnico que combina elementos materiales, textuales y procedimentales. Por ello es que la noción de experimento es adecuada en tales situaciones: los objetos sometidos a prueba no son muy distintos de los que encontramos en los laboratorios universitarios o industriales de ciencias naturales o de ciencias de la vida.

<sup>7</sup>Los experimentos *in vitro* incluyen actividades de modelado, así como de ciencia económica experimental.

No conozco ejemplos de experimentos económicos que hayan sido trasladados varias veces de terreno, alternando entre situaciones *in vitro* e *in vivo*. Los mecanismos de mercado diseñados y probados *in vitro* reciben mucho cuidado y atención cuando se les transpone al mundo real, pero, después de ello, es raro que se les vigile, y las críticas que podrían contribuir a conseguir modelos teóricos más realistas nunca se capitalizan de manera sistemática. Simétricamente, los experimentos económicos realizados *in vivo* se diseñan de manera recurrente sin planificación o incluso sin considerar ciertas fases *in vitro* que podrían permitir una reflexión profunda sobre algunos mecanismos o problemas fundamentales. Por lo tanto, los mundos *in vitro* e *in vivo* se mantienen separados con sumo cuidado. Pero los estudios sobre la innovación han mostrado que la ausencia de intercambios, interacciones, efectos de retroacción y reciprocidad es en particular perjudicial para la dinámica de la innovación (Kline y Rosenberg, 1986; Akrich, Callon y Latour, 2002). En términos concretos, en el caso de los mercados o de cualquier innovación, estas interacciones sólo pueden existir si hay sólidas redes estructuradas que organicen las relaciones entre los terrenos en los cuales se realizan experimentos *in vivo* y aquellos en que se llevan a cabo experimentos *in vitro*. Tales redes deberían permitir el progreso conjunto y coordinado del conocimiento y de los modelos teóricos sobre los mercados, por una parte, y, por otra parte, el de los dispositivos materiales e institucionales de los mercados. Y podrían proveer un marco organizado de coordinación e intercambio de la información entre la ciencia económica y la economía.

#### LOS MERCADOS DE CARBONO PREFIGURAN LO QUE PODRÍAN SER LAS REDES DE EXPERIMENTACIÓN SOBRE LOS MERCADOS

Los mercados de carbono son un ejemplo interesante de lo que podrían ser estas redes de experimentación sobre los mercados, sobre todo porque se definen con claridad como experimentales, al menos en la Unión Europea.

Como lo muestra Anita Engels (2009), los actores mismos, en particular las empresas industriales, consideran que la creación de un mercado de carbono será con probabilidad un largo proceso debido al alto nivel de incertidumbre

que lo rodea. Esta actitud, compartida por la mayor parte de los interesados, establece un ambiente propicio para la reflexión crítica, la negociación, la evaluación permanente, así como para el aprendizaje por la práctica, el uso y la interacción. Se trata de mercados de ensayo o, para usar un término de software, mercados en versión beta. La Unión Europea ha basado su acción en esta misma lógica, con etapas programadas que se evalúan por medio de puntuaciones, y con un énfasis en el hecho de que algunas medidas o mecanismos son tentativos —como la asignación gratuita de derechos de emisión en vez de la organización de subastas para asignarlos. En un ámbito más global, se encuentra este enfoque experimental en la invención y el establecimiento, en los países en desarrollo, de los Certificados de Emisiones Reducidas (CER).<sup>8</sup> parte del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).<sup>9</sup> Los CER son créditos, no permisos, pero pueden ser comprados o vendidos y tienen un precio y un valor de mercado. A diferencia de los permisos de emisión, estos nuevos “productos” no parecen ser el resultado de una intensa reflexión teórica previa. Por el hecho de provenir de la imaginación de innovadores libres que buscaban un compromiso entre las demandas de Estados Unidos y las de los países en desarrollo, estas formas de experimentación han sido criticadas con ferocidad y han desencadenado numerosas contrapropuestas (Lohmann, 2005, 2006, 2009). Por ejemplo, ciertas organizaciones no gubernamentales (ONG) que han constatado cómo los proyectos certificados causan más problemas ambientales de los que resuelven, han sugerido nuevos criterios de evaluación o de certificación (MacKenzie, 2009). Pueden hallarse las mismas incertidumbres, pruebas y errores, y aproximaciones pragmáticas, en el caso de las organizaciones internacionales responsables de establecer normas contables, cuando dudan sobre las categorías que deberían emplearse para revelar estos productos inusuales en los balances de las empresas (Cook, 2009). En definitiva, los mercados de carbono parecen ser unos objetos experimentales en los que la totalidad de sus componentes y aspectos se meditan, son puestos a prueba y son evaluados críticamente.

Los mercados de carbono también prefiguran con bastante exactitud lo que podrían ser las redes interactivas de experimentación, distribuidas en el tiempo

<sup>8</sup>Siglas en inglés, *Certified Emission Reductions* (N. del T.).

<sup>9</sup>Siglas en inglés, *Clean Development Mechanism* (CDM), (N. del T.).

y el espacio. Muchos autores (*cf.* los participantes en la sección especial “Accounting and Carbon Markets” del volumen 34 de *Accounting, Organizations and Society*, 2009) hacen referencia a los precursores teóricos y prácticos de la iniciativa europea (Braun, 2007). Los orígenes de la constitución de los mercados de carbono se encuentran en las teorías de algunos economistas sobre las externalidades producidas por los mercados. El trabajo seminal de Coase viene a la mente *ipso facto*, así como aquéllos de todos los autores que han discutido y enriquecido sus análisis, en especial John H. Dales (1968). Sin esta contribución de la teoría económica, los mercados de carbono habrían sido en sentido literal impensables. Pero la propagación de los modelos y su ejecución en mercados concretos necesitan una logística adecuada. Aquí es donde intervienen las redes de experimentación. Antes de que existieran realmente, los mercados de carbono no sólo fueron ideados en libros de texto de economía, también se practicaron (en el sentido de *ensayar*) en varias ocasiones, en diversos lugares y formas —que iniciaron en Estados Unidos, con el primer programa experimental de comercio de derechos de emisión (1995) de dióxido de azufre—. Desde entonces, los experimentos han proliferado, impulsados por compañías industriales como British Petroleum o por gobiernos nacionales como el Reino Unido, Noruega o Japón. De modo significativo, todos estos *terrenos*, ya sean *in vivo* (universidades) o *in vitro* (empresas, naciones, instituciones transnacionales), hacen referencia unos a otros explícitamente. Se han organizado —y aún se organizan— las interacciones, se ha capitalizado el saber hacer y el conocimiento, y los especialistas han circulado entre los distintos terrenos. Esto es una experimentación colectiva y distribuida, desplegada en el tiempo y el espacio, de manera más o menos organizada o caótica, pero siempre explícita. Desde este punto de vista, la Unión Europea es una fuerza motriz: como lo muestra la historia política analizada en detalle por Braun (2007), se está implementando un “gran y nuevo experimento de políticas”. Sin duda, la intención es establecer competencias, desarrollar una dinámica de aprendizaje y construir redes de personas doctas y de expertos de todas las disciplinas que puedan encomendar estudios y reclutar a especialistas y a ONG. Así es como ha surgido lo que podría denominarse una *comunidad de práctica* (Amin y Roberts, 2008) o un colectivo de investigación y experimentación sobre mercados de carbono.

La ventaja de estudiar los mercados de carbono y sus dinámicas es ahora más evidente. Puede servir para impulsar el análisis y la comprensión del proceso más general de constitución de los colectivos, formados por un gran número de actores distintos, provenientes de diversos horizontes temporales y espaciales, que trabajan en la configuración y explicitación, teórica, de nuevos *arreglos* de mercado. ¿Cómo interfieren entre sí y cómo se mejoran mutuamente los modelos teóricos y las soluciones prácticas en estos colectivos? ¿Cómo se organiza este trabajo colectivo? ¿Qué conflictos lo afectan? ¿Qué mecanismos de coordinación se utilizan entre los diversos protagonistas o interesados? ¿Qué papel podrían jugar, junto con la ciencia económica en general (incluidas la contabilidad, las ciencias de la gestión, etcétera), disciplinas como la antropología, la sociología económica, los estudios de ciencia y tecnología o las ciencias políticas? ¿Cómo se transmiten los diferentes conocimientos y saber hacer, cómo se capitalizan las experiencias y cómo se llevan a cabo las evaluaciones? ¿Cómo se organiza el trabajo de los profesionales? ¿Qué formas de interdisciplinariedad se establecen, en particular entre las ciencias sociales y las ciencias naturales (cuando los modelos combinan entidades sociales y naturales)? Todas éstas y otras preguntas sobre las modalidades de la experimentación colectiva son relevantes en relación con el papel de los mercados, su diseño y sus modalidades de funcionamiento.

## EXPERIMENTAR TOMANDO EN CUENTA LOS ASUNTOS DE PREOCUPACIÓN

El establecimiento gradual y tentativo de estos experimentos sobre los mercados es un hecho indiscutible. La pregunta es, sin embargo, si esta tendencia debería ser fortalecida. ¿Son en realidad necesarios estos difíciles y costosos experimentos? ¿No sería más sencillo confiar en la pericia de los economistas para idear las normativas necesarias y luego dejar a los agentes organizar sus actividades? ¿No es contradictorio encuadrar el diseño de los mercados, unas instituciones que dependen, sobre todo, de la inventiva y la racionalidad de los agentes?

Incluso un examen superficial del proceso de creación *ex nihilo* de nuevos mercados —en los cuales todo tiene que ser inventado, desde las características

de los bienes hasta los algoritmos de determinación de precios o la delimitación de los agentes *implicados*,<sup>10</sup> etcétera— muestra que ni los economistas ni los agentes económicos habituales pueden realizar solos esta gigantesca tarea. No sólo tienen que cooperar y aceptar el hecho de que otros actores intervengan; además, en un clima de predominante incertidumbre, incluso de total ignorancia (con respecto al comportamiento tanto de las entidades naturales como de los actores humanos), el proceso de diseño debe consistir de manera obligada en un largo proceso de prueba y error. La creencia solía ser que los mercados eran realidades cuasi naturales, los teóricos se contentaban entonces con identificar las condiciones de su viabilidad (los economistas jugaban el papel de parteras— ¡io más bien de parteros! de los mercados). Ahora nos damos cuenta de que a veces tienen que ser creados desde cero y de que en realidad son artefactos sociotécnicos frágiles y complicados. Por lo tanto, es necesario reconsiderar las siguientes preguntas básicas: ¿De qué están hechos los mercados? ¿Cómo podemos asegurarnos de que funcionen satisfactoriamente? A estas dos complicadas preguntas, la reciente pero rica aventura de las controversias del mercado del carbono provee un atisbo de respuesta.

El establecimiento de un mercado europeo del carbono ha puesto de manifiesto la diversidad de los actores involucrados en su construcción y funcionamiento. Por razones a la perfección comprensibles, las representaciones estilizadas de los mercados tienden a reducir el círculo de agentes considerados, conformándose a veces con la distinción básica entre productores, intermediarios y consumidores. Sin embargo, los mercados reales se colapsarían con rapidez si sólo estuvieran constituidos por estos tres grupos; en este sentido, los mercados de carbono son un ejemplo llamativo de la insuficiencia de tales modelos. La simple enumeración de los actores que de alguna manera participan de manera activa en su diseño, en las experimentaciones o en las evaluaciones a las que se les somete, evidencia una población infinitamente más rica y diversa. Ahí encontraremos a los sospechosos habituales, pero también a científicos (climatólogos, biólogos o geofísicos) agrupados en organizaciones como el IPCC<sup>11</sup> —un peso pesado en el debate—, así como a organizaciones internacionales o a estructuras de coor-

<sup>10</sup>Del inglés, *concerned* (N. del T.).

<sup>11</sup>Del inglés, *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Panel Intergubernamental del Cambio Climático (N. del T.).

dinación como la OCDE<sup>12</sup> la CNUCYD,<sup>13</sup> la AIE<sup>14</sup> o la CMNUCC)<sup>15</sup> además de organizaciones de contables profesionales, economistas académicos, *think tanks*, ONG de varias convicciones y, *last but not least*, la compleja administración de la Unión Europea en Bruselas y sus ramificaciones nacionales, sus escuadrones de juristas y sus economistas internos con sus modelos. Cada uno de estos agentes puede y debería ser considerado como un agente económico por derecho propio: el especialista en los gases de efecto invernadero elabora un modelo que construye una equivalencia entre los distintos gases y participa sin intermediarios en la fijación del precio de los permisos de emisiones, el contable explicita los efectos del cambio climático en el cálculo de costos e inversiones, el economista diseña arquitecturas de mercado y así sucesivamente.

Podría alegarse que no todos estos actores son auténticos agentes económicos porque están situados en la periferia y no en el centro de los mercados. En mi opinión, esta objeción es infundada por al menos dos razones. En primer lugar, las modalidades de organización de los mercados de carbono son particulares (como las de otros mercados en fase experimental). Su funcionamiento incluye actividades de diseño y evaluación que desencadenan reformas e intervenciones constantes, sin las cuales el mercado, debido a la gran cantidad de problemas complejos que presenta, se desmoronaría. Puesto que las fallas de mercado son partes constitutivas de estos mercados y se producen constantemente, hay que encargarse de ellas todo el tiempo. En segundo lugar, muchos de los actores que se tiende a considerar marginales o periféricos están presentes en los mercados estabilizados y además son activos de modo particular. ¿En qué sectores no hallamos a ONG indicando riesgos ecológicos o humanitarios, a economistas del sector público o privado, consultores, *think tanks* o funcionarios públicos luchando por nuevas reglas del juego, o a investigadores involucrados en el desarrollo de nuevos productos que generan controversias? Cada uno de ellos, incluso si no está involucrado en las relaciones comerciales, par-

<sup>12</sup>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

<sup>13</sup>Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, o UNCTAD, del inglés, *United Nations Conference on Trade and Development* (N. del T.).

<sup>14</sup>Agencia Internacional de la Energía, o IEA, del inglés *International Energy Agency* (N. del T.).

<sup>15</sup>Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, o UNFCCC, del inglés, *United Nations Framework Convention on Climate Change* (N. del T.).



ticipa con mucha actividad en el diseño de los mercados y en su funcionamiento. El caso de los mercados en fase experimental parece apropiado para completar nuestra descripción de los *arreglos* del mercado. Ningún mercado es con toda suficiencia estable, disciplinado, mecanizado y exento de toda incertidumbre para funcionar con plenitud sin estas actividades de diseño, que incluyen la definición y la calificación de bienes, la elaboración de reglas de juego, la delimitación de los agentes a tener en cuenta, la construcción de sus dispositivos de cálculo, etcétera. Una vez reconocida esta realidad, obtenemos una imagen más rica y realista, y al mismo tiempo más compleja, pues prestamos más atención a todas las relaciones que se forman para permitir el funcionamiento de un mercado. Un automóvil, un CER o un permiso de emisión no podrían existir y no podría ser intercambiado en el mercado sin la multitud anónima de humanos y no humanos que ha participado y que sigue participando en su concepción, producción, distribución y fijación de precio, así como en la organización y supervisión de todas estas relaciones.

Los múltiples actores involucrados en el funcionamiento de los mercados tienen sus propias expectativas, ideas, proyectos e intereses, con base en los cuales promueven diferentes modos de estructuración y de organización. Sus desacuerdos sobre los bienes y su calificación, el cálculo de costos y precios, la evaluación de los resultados o la consideración de las externalidades, así como, más radicalmente, sus diferencias sobre el papel de los mercados en el control del cambio climático, son reveladores de la diversidad potencial de las formas de organización del mercado. Por ejemplo, algunas ONG consideran que la mejor solución es dejar el carbono en el suelo; otros aceptan la idea de un mercado, al menos como solución parcial, y piensan que se necesitan criterios claros para evaluar la demanda de CER (Gold Standard)<sup>16</sup> otros rechazan la idea de que el mercado pueda ser regulado o acompañado por impuestos. No pueden reducirse estas posturas a simples ideas o discursos ideológicos desconectados de una realidad —la de los mercados concretos— consideradas como externa a éstas; están o tienden a estar inscritas en dispositivos que pueden considerarse experimentales. Los economistas académicos —que de ninguna manera están de acuerdo en todo— también son jugadores importantes, pero no son los únicos que piensan e

<sup>16</sup>Nombre del estándar y de la institución certificadora (N. del T.).

intervienen. Los mercados de carbono muestran que en una situación de incertidumbre sobre el estado del mercado, sobre los elementos que lo constituyen y sobre los efectos que con probabilidad produzca, no pueden juzgarse su efectividad y su eficiencia sin tomar en cuenta todas las valoraciones, puntos de vista, proyectos y programas desarrollados por los actores, que lo transforman en un experimento continuo (abierto).

¿Sobre qué versan las controversias? ¿Cuáles son los problemas, los asuntos de preocupación, que producen los mercados y que los diferentes actores involucrados en su funcionamiento destacan a través de sus preguntas? Los estudios de inspiración CTS dedicados al análisis de los *agenciamientos*<sup>17</sup> socio-técnicos del mercado (Callon, 2007; Hardie y Mackenzie, 2007) son útiles, para introducir una clasificación provisional de estos asuntos.

Un primer asunto, y el más visible, en el caso de los mercados de carbono; aunque atañe a todos los mercados, corresponde a la definición y a la calificación de los bienes comercializados. En este caso, es necesario identificar y caracterizar los diversos gases de efecto invernadero. Con el HFC-23, por ejemplo, como lo explica MacKenzie, uno de los problemas es medir de manera unánime y aceptable su impacto en el clima (MacKenzie, 2009). Sin el establecimiento de equivalencias como ésta, no puede realizarse ninguna valuación económica. MacKenzie muestra también la amplitud de la inversión científica, técnica y metrológica necesaria para estabilizar las equivalencias, que, sin embargo, dadas las incertidumbres imperantes, pueden ser cuestionadas en cualquier momento. Un segundo asunto atañe a la lista de los actores por considerar como parte del mercado. El acuerdo sobre este punto está lejos de ser unánime, como muy bien lo muestra Lohmann (2005, 2006). Cuando nadie los espera, aparecen actores imprevistos, grupos huérfanos o afectados —para usar la terminología que propuse en Callon (2008)—, por la buena razón de que podrían haber existido grupos que se consideraran implicados por el funcionamiento de los mercados de carbono antes de que éstos se establecieran. Así, por aquí, se hallan campesinos desposeídos; por allá, furiosos habitantes de un vecindario; en otros sitios, en los países del Norte, la propagación de la contaminación producida por ciertas empresas que incrementaron sus emisio-

<sup>17</sup>Del francés en el original, *agencements* (N. del T.).

nes después de haber comprado certificados de emisión en el Sur, etcétera. La proliferación de actores implicados —su surgimiento es imposible de prever y, a veces, sin intermediarios o mediante voceros, acaban involucrados en el diseño de los mercados— es una fuente constante de nuevos asuntos que deben tomarse en cuenta para adaptar la arquitectura del mercado y para especificar las modalidades de su funcionamiento. Los equipos de cálculo —para establecer equivalencias entre entidades químicas (medir sus efectos en el calentamiento global, por ejemplo), para fijar los precios de los bienes, organizar el encuentro entre las ofertas y las demandas (subastas u otros mecanismos, o sólo para medir emisiones— también son tema de debates acalorados y ocupan un lugar central en la estructuración de los mercados de carbono. La lista podría alargarse, y mostraría que todas las operaciones que contribuyen a la formación de los arreglos sociotécnicos de los mercados<sup>18</sup> también se hallan de forma controvertida e inestable en el caso de los mercados de carbono. En otras palabras, la descripción del mercado y de su funcionamiento —es decir, qué es el mercado y qué hace— no puede separarse de las múltiples controversias que le atañen, y en cada una de ellas se proponen versiones distintas de éste.

Los mercados de carbono nos invitan, por lo tanto, a enriquecer nuestras nociones de los mercados. Los mercados no son sólo dispositivos que permiten a unos agentes bien identificados defender sus intereses y organizar transacciones para alcanzar con eficiencia compromisos satisfactorios. En el núcleo de los mercados se encuentran debates, problemas, sentimientos, asuntos de preocupación, insatisfacción, remordimientos y planes para alterar las reglas existentes, que no pueden interiorizarse de una vez por todas porque están vinculadas a incertidumbres irreductibles, a lo que he llamado *encuadres*,<sup>19</sup> los cuales nunca son ni definitivos ni incuestionables. Este componente “caliente” de los mercados, que los conduce a un constante estado de desequilibrio y los somete a fuerzas de reconfiguración, está presente continuamente, aunque no siempre en el mismo grado. La tensión entre la fuente fría y la fuente caliente es un

<sup>18</sup> Caliskan y Callon (2009) proponen una lista provisional de estas actividades de estructuración, entre las que se incluyen: la estructuración de bienes pasivos y su desvinculación de las agencias humanas activas; la estructuración y calificación de agencias de cálculo; la estructuración de los encuentros en el mercado; la producción del precio; el mantenimiento del mercado; la objetivación de La Economía.

<sup>19</sup>Del inglés, *framing* (N. del T.).

componente de los mercados. En el caso de los mercados que siguen en fase experimental, como los de carbono, la fuente caliente es preponderante, pues las incertidumbres se expresan a través de ella. Estos mercados actúan como lupas y muestran lo que con frecuencia se oculta u omite con demasiada facilidad al hablar en términos de fracaso. Es más exacto y fértil considerar que cualquier mercado incluye ambos componentes. Los mercados de carbono imponen una nueva visión de los mercados concretos. A la pregunta: “¿de qué están hechos?”, nos suplican que contestemos: de todos los actores existentes o emergentes que se ven afectados por su funcionamiento y que están involucrados en la dilucidación de los problemas y asuntos que generan. Ante la pregunta: “¿qué es un mercado que funciona correctamente?”, sugieren la siguiente respuesta: es un mercado que acoge y reconoce como uno de sus principales elementos constitutivos, a cualquier actor que pida ser tomado en cuenta —incluso a los que considerados marginales o al borde de la exclusión—, con sus puntos de vista, son asuntos de preocupación, así como sus proposiciones de herramientas, encuadres y modelos. Esta tensión dinámica —en la cual se expresan de manera constante preocupaciones inesperadas que piden ser escuchadas y tomadas en cuenta— es la que define un “buen” mercado (Law, 2004). Obviamente, la cuestión es entonces la organización de tal dinámica. Cada mercado requiere de soluciones específicas que sólo se hallarán a costa de un esfuerzo de organización del diseño y de las actividades experimentales de los mercados.

#### POLITIZACIÓN, ECONOMIZACIÓN Y CIENTIFICACIÓN: DE LOS ASUNTOS (TRONCALES) A LAS REDES DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS Y DIFERENCIADOS

Un mercado que funciona de modo satisfactorio es aquel en que se organiza la discusión de los asuntos de preocupación producidos por su funcionamiento, así como de los encuadres o desbordamientos que de ello se derivan. En tal mercado, los asuntos de preocupación son tomados en cuenta y se establecen procedimientos y dispositivos que se diseñan no sólo para fomentar la expresión de los problemas emergentes sino también para facilitar el diseño y la evaluación de

las soluciones teóricas o prácticas a tales problemas. Una definición como ésta, en la cual son cruciales los experimentos en curso así como los debates y las controversias que los acompañan, vincula unas actividades caracterizadas con claridad como económicas y otras —que los mercados tienden a excluir de su ámbito— que podrían calificarse de actividades políticas. Es por ello que no son obvios, ni la explicitación de los problemas que conciernen a los diferentes encuadres o desbordes arriba mencionados ni su “gestión”. Algunos piensan que esto conlleva el riesgo de transformar los mercados en arenas políticas. Muchos otros lo perciben como una contaminación de las instituciones económicas por acontecimientos ajenos a éstas. Los mercados de carbono muestran, sin embargo, cuán estéril puede llegar a ser esta visión de la economía. Estos mercados sólo pueden desarrollarse de manera legítima y eficiente si logran hacer visibles y discutibles esos acontecimientos controvertidos con el fin de obtener materiales de experimentación. En resumen, para que los mercados funcionen en el sentido definido anteriormente, es necesario que ciertos arreglos, procedimientos y dispositivos, que de manera evidente no se encuentran en el exterior de los mercados, se conviertan en componentes esenciales de éstos (Callon, 2008).

Para analizar estas incipientes configuraciones de mercado en las que se combinan la economía y la política, sería tentador decir que en cualquier mercado, como en cualquier actividad, económica o no, existe una política implícita que podría llamarse subpolítica (Beck, 1992) y que debería identificarse con claridad para deshacernos de ella. En resumen, el objetivo sería eliminar la escoria con la que está contaminado el mercado, retirar los asuntos políticos irresueltos que perturban su funcionamiento, externalizarlos y, entonces, después de un debate político, volver al mercado para encuadrarlo y regularlo de mejor manera. Sin embargo, algunos desarrollos recientes en la aplicación de los estudios CTS al análisis de las actividades económicas han mostrado el carácter contraproducente de este tipo de enfoque. La distribución entre lo político y lo económico no es anterior al mercado; es el resultado del funcionamiento de los mercados, de los cuales es, en cierto modo, un subproducto. La breve historia de los mercados de carbono ilustra con claridad este punto. El objetivo principal de su construcción no era trazar una frontera que separara en su funcionamiento, de manera clara e

indiscutible, lo político de lo económico. Los mercados de carbono desafían este tipo de división. Producen problemas y asuntos de preocupación que nadie está seguro de si deberían ser tratados de manera política, económica o tecnocientífica.

El experimento de los mercados de carbono puede ser descrito como un triple proceso de problematizaciones conjuntas<sup>20</sup> al final del cual se distinguen de modo temporal los problemas según su correspondencia con los mercados, las instituciones políticas o las instituciones científicas. Sabemos que estos tres tratamientos son inevitables, y Nicholas Stern lo reconoce en su informe, pero aún no sabemos con precisión cuál será o debería ser su distribución. Este enfoque implica que ni la ciencia económica, ni la política, ni la ciencia, pueden ser consideradas como realidades que han sido estabilizadas definitivamente. Lo que es y lo que puede hacer un mercado es el resultado de los procesos experimentales en curso, así como de una serie de pruebas de fuerza cuyas conclusiones no son predecibles. Y lo mismo podría decirse de lo que puede ser calificado de político o de científico.

Al adoptar este punto de vista sobre la economía, la política y la ciencia en construcción,<sup>21</sup> ¿no caeremos en la confusión y el relativismo? Se precisan algunos comentarios para tranquilizar a quienes temen tal posibilidad. Los mercados de carbono serán, de nueva cuenta, bastante útiles para ayudarnos a entender por qué no estamos condenados a escoger entre la espada y la pared; entre el constructivismo social: “lo que se considera político, económico y científico es sólo el resultado de un enfrentamiento entre grupos que luchan por imponer sus propios puntos de vista” y el esencialismo: “hay una o más definiciones de la política, la ciencia económica y la ciencia, las cuales proporcionan criterios objetivos que nos permiten decir *a priori* si un comportamiento, un modo de pensar o un dispositivo es político, económico o científico”. Puesto que son mercados en etapa experimental —lo cual sólo enfatiza una característica común a todos los mercados—, son un terreno notable para estudiar este proceso de reconfiguración mutua.

<sup>20</sup>Del inglés, *joint problematizations* (N. del T.).

<sup>21</sup>Del inglés, *in the making* (N. del T.).

## ASUNTOS (TRONCALES) Y PROBLEMATIZACIONES

Como lo muestra Noortje Marres (2007), el mejor punto de partida para estudiar este proceso de politización es la noción de asunto<sup>22</sup> o de asuntos de preocupación. En nuestro caso de estudio, el asunto es el cambio climático y, de modo particular, uno de sus componentes: el calentamiento global. Propongo reservar el término asunto para aquellas situaciones de conmoción inicial en los que aún no hay un formato indiscutible que nos permita, por ejemplo, afirmar con certeza que se trata de un asunto en estricto sentido político, económico o científico. Por consiguiente, hablaremos de un asunto cuando los códigos disponibles, independientes de lo que sean, no consigan responder a las cuestiones planteadas por tal asunto (Barry, 2001). Tal es el caso del calentamiento global, el cual desafía todos los intentos de reducirlo a un problema en estricto sentido económico, político o científico/técnico. Por supuesto, quienes intentan realizar estas reducciones no se desalientan por tal polimorfismo, aunque se enfrenten a dificultades abrumadoras. Quienquiera que acuse al capitalismo o al mercado de ser la fuente de todos nuestros problemas y afirme que el calentamiento global es sobre todo un problema económico que requiere soluciones económicas, súbitamente afrontará el contraataque de los asuntos políticos. Quienquiera que piense que el asunto está bajo control científico y tecnológico, se enfrentará de modo inesperado a demandas políticas que señalarán la persistencia de injusticias flagrantes y el derroche económico resultante. En su estado actual, el calentamiento global es un asunto incalificable, no en la teoría, sino en la práctica, pues ningún encuadre es capaz de abarcarlo en su totalidad. Como lo indican las raíces de la palabra,<sup>23</sup> un asunto siempre encuentra una salida que le permite desbordarse. Es proteico, cambia de manera constante conforme se propaga, en completa independencia del marco en el que intentemos encajarlo y encerrarlo.

Los asuntos pueden compararse con las células troncales, las cuales, como sabemos, aún no están diferenciadas y, por lo tanto, son descritas como “totipotentes”. Son un estado original a partir del cual se derivan todas las células

<sup>22</sup>Del inglés, *issue* (N. del T.).

<sup>23</sup>Salida, del inglés, *issue* (N. del T.).

que componen el organismo. Dependiendo de las circunstancias y de la trayectoria que sigan, se convierten en células hepáticas o del músculo cardiaco, por ejemplo, en neuronas de la corteza cerebral. Antes de llegar a ese estado, pasan por varias etapas de especificación (células pluripotentes, multipotentes, unipotentes y especializadas) desde las cuales pueden desviarse en una dirección diferente hacia otros destinos y tipos de actividad. No hay nada en una célula troncal que determine su futuro de, por ejemplo, célula hepática o cardiaca. Además, los cambios que sufren no parecen ser irreversibles, pues las células troncales se pueden obtener de células con alto grado de especialización. Los asuntos son muy similares: presentan una multiplicidad de destinos, especificaciones, calificaciones y regresiones, todos de igual forma posibles y probables, pero sólo algunos se materializarán más tarde, dependiendo de las circunstancias y de las dificultades encontradas. El calentamiento global es un asunto (¡podríamos decir un asunto troncal!) que está siendo dividido de manera gradual en una serie de problemas distintos, algunos de los cuales son calificados de políticos y otros de económicos, tecnológicos o científicos. Llamémosle problematización a este proceso gradual de fragmentación y división de los asuntos que evoluciona hacia una formulación articulada de un conjunto de problemas distintos, los cuales, en cierto sentido, y al menos parcialmente, sustituyen al asunto inicial (sobre la noción de problematización, véase Dewey, 1916; Callon, 1980 y Rabinow, 2005); sobre la noción de división de problemas, véase Barthe (2005). La problematización es una dinámica multiforme, ya que, en general (y esto es lo que está ocurriendo en el caso del cambio climático), las cuestiones (política, económica, etcétera) a las que conduce son a la vez distintas e interdependientes entre sí. En lugar de hablar de calentamiento global, la gente hace cada vez más referencia a la eficiencia del mercado las externalidades negativas, al derecho al desarrollo de los países en vías de desarrollo, la política internacional, y la promoción de innovaciones tecnológicas, a las investigaciones por realizar ya los modelos a por mejorar, temas todos que están vinculados entre sí.

La dinámica de problematización de los asuntos (troncales) es un proceso complejo, ¡probablemente aún más complejo que el de la diferenciación de las células (troncales)! La transformación de un asunto en unos problemas identificados con claridad —que pueden ser encarados planeando acciones específi-



cas— nunca es del todo consensual ni total. Por ejemplo, en el caso del cambio climático, algunos permanecen convencidos de que el calentamiento global es sólo un aspecto del asunto más general del crecimiento y de su legitimidad. Para quienes piensan que ése es el origen de todos nuestros problemas, ninguna problematización del calentamiento global es aceptable. Exigen que no se divida el asunto y que se restituya en un asunto más general, ¡que lo hará aún menos divisible! De esta manera, se rechaza el movimiento descendente que conduce hacia problemas muy específicos y manejables. Básicamente, la exigencia consiste en que, por medio de un movimiento ascendente de amplificación, el asunto continúe siendo un asunto troncal. Otra fuente de fracasos de la problematización, al menos temporal, puede provenir de la oposición que esta misma ocasiona: ciertos grupos no se oponen a la división en sí del asunto, sino a la manera en que se le reparte y se le reduce por ejemplo, quienes rechazan las fronteras impuestas por el informe Stern entre el tratamiento económico y el tratamiento tecnológico de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Esta problematización multiforme, cuando se emprende, conduce a la constitución de una red de problemas (que he llamado redes problemáticas: Callon, 1980) cuyos contenidos y extensión evolucionan en relación con las traducciones que se intenta realizar entre los problemas. Ello depende de las configuraciones existentes en el momento en que el asunto (troncal) deviene público. En otras palabras, la división de los asuntos (troncales) en problemas específicos —a algunos de los cuales se les califica de técnicos y a otros de económicos o políticos—, así como la formulación y la explicación de estos problemas, no es aleatoria. Por ejemplo, la posibilidad de considerar la emisión de gases de efecto invernadero como una consecuencia de las fallas del mercado (externalidades negativas) proviene del estado de la teoría económica, de lo que ésta dice acerca de los límites de cualquier mercado, así como de la existencia de un amplio acuerdo común sobre lo que son los mercados económicos y su (buen o mal) funcionamiento. De igual manera, el poder afirmar, sin temor alguno a ser contradicho, que el desarrollo de tecnologías para reducir las emisiones es imaginable, demuestra que la ciencia y la tecnología han alcanzado un grado tal de madurez, robustez y objetividad que la legitimidad de algunas evaluaciones y proyectos se vuelve incuestionable e inevitable (al menos en los

campos correspondientes). Se necesitaría continuar este inventario para demostrar en detalle y de manera convincente que las configuraciones instituidas representan un lastre para las problematizaciones actuales. A su vez —y esto es un tema de investigación—, la formulación final de los problemas, el tratamiento elegido, y las propuestas e implementación de las soluciones afectan a las configuraciones existentes y contribuyen a cambiarlas. Sin duda, el diseño de la organización y del funcionamiento de los mercados económicos resultará en el fondo transformado después de los múltiples y complejos experimentos del mercado de carbono europeo. Asimismo, lo que sabemos, o pensamos saber, acerca de las tecnologías, de las equivalencias entre los gases de efecto invernadero o de las dinámicas del cambio climático y la distribución entre las causas antrópicas y no antrópicas, se verá de modo drástico alterado debido a las investigaciones que se realizarán en los próximos años y, por lo tanto, se redefinirá también lo que puede considerarse como una cuestión científica o técnica. Se revisarán incluso los límites entre las esferas ya establecidas: los mercados que tienen en cuenta, de manera continua, las múltiples externalidades que producen —en especial la constitución de grupos implicados,<sup>24</sup> en todo el planeta, que no consiguen hacerse escuchar y que padecen los efectos de las medidas económicas proyectadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero— ya no se parecerán a los mercados que hoy conocemos. Lo que nos obligará no sólo a revisar nuestras teorías sobre los mercados y nuestras nociones habituales sobre su funcionamiento, sino, sobre todo, a alterar nuestras maneras de distinguir los procesos económicos y políticos. Como lo he mostrado en otro lugar (Callon, 2008), esta nueva clase de mercados —los cuales parecen más abiertos y civilizados que aquellos a los que estamos acostumbrados— combina dispositivos que con anterioridad habíamos atribuido a la economía o a la expresión y la acción política. A medida que avanza la problematización, parece inevitable esta redefinición de las fronteras entre las categorías de problemas y actividades, aunque poco sabemos sobre cómo sucede y sobre las condiciones que la favorecen o la impiden.

Estoy convencido de que los mercados de carbono son una oportunidad excepcional para ampliar nuestro conocimiento de estos mecanismos, así como

<sup>24</sup>Del inglés, *concerned groups* (N. del T.).

para estudiar la transformación de los asuntos (troncales) en redes de problemas, cuya resolución está acompañada por una reconfiguración (parcial y limitada) de la económica, la política y la ciencia, y de las relaciones entre las tres. Tomemos, por ejemplo, los múltiples e interdependientes encuadres propuestos por el informe Stern, con su delimitación cuidadosa de lo que debería ser tratado ya sea por el mercado, las instituciones políticas o las tecnociencias. ¿Aceptamos esta división e intentamos tratar los problemas económicos decidiendo, por ejemplo, combinar de alguna manera impuestos y subastas de derechos de emisión? Aquí es donde, de inmediato, tropezamos con asuntos que trascienden el marco establecido (incluso si hubiéramos decidido concentrarnos sólo en los aspectos económicos), como la cuestión de las equivalencias entre los diferentes gases de efecto invernadero. MacKenzie (2009) muestra que tal medición, basada en la modelación científica y la innovación metrológica, tiene un impacto en la fijación del precio del carbono. Por consiguiente, el problema económico se convierte al momento en un complejo problema técnico-científico. La máquina de producción de problemas interdependientes se ha vuelto a poner en marcha. Los pulcros encuadres de sir Stern se han enturbiado y se necesitan definir nuevas fronteras. La misma confusión creativa ocurre si comenzamos con una cuestión como la siguiente: ¿cómo podríamos evaluar científicamente y, por ende, valorar económicamente, los efectos sobre la reducción de los gases de efecto invernadero que tendría replantar un bosque en un área rural de Brasil? Impulsadas por los intentos de hacer manipulable y manejable el asunto proteico del cambio climático, las formulaciones de los problemas proliferan y reaccionan unas contra otras. En vez de una conmoción, un trauma o un asunto complejo, lo que surge es una densa red de problemas que se transforma de manera constante conforme cada uno de los problemas es adoptado por uno o más actores que se han identificado con ellos. Los mercados de carbono son un terreno ideal para estudiar las dinámicas del proceso (sin fin) de la problematización conjunta.

### ¿TRAYECTORIAS DE LAS PROBLEMATIZACIONES?

Lo que necesitamos seguir y estudiar es el proceso multiforme de problematización de los asuntos (troncales), para evitar los dos escollos mencionados con

anterioridad —el esencialismo y el relativismo—, pues las redes de problemas se extienden entre ambos. Son poderosas máquinas de reconfiguración social que dependen de las categorías existentes, aunque no están determinadas por éstas. La dinámica de la problematización no obedece a alguna lógica establecida previamente; en otras palabras, la problematización de los asuntos (troncales) no sigue, de una u otra manera, una trayectoria natural. Aquí es donde acaba la analogía entre los asuntos y las células, pues éstas cambian siguiendo unas rutas que pueden ser impredecibles, pero que siempre consisten en etapas predeterminadas. Sin embargo, podemos postular (como hipótesis provisional) que el proceso de problematización de los asuntos, en tanto es contingente y singular, obedece a reglas que son de manera recurrente descriptibles.

El hecho de que los asuntos (troncales) no sigan trayectorias típicas —que una historia natural de los asuntos habría podido describir— se ilustra con el caso del calentamiento global y de los mercados de carbono. El contexto en el cual apareció el asunto del cambio climático, así como el carácter de las instituciones que lo acogen y divulgan (el IPCC, la Conferencia de Río, la Conferencia de Kioto, la gobernanza multinivel en la Unión Europea), orientan su tratamiento en direcciones que dependen de las controversias y los experimentos en curso. Los gases de efecto invernadero no perturban el mundo ni contribuyen a cambiarlo de la misma manera en que lo hacen los organismos genéticamente modificados (OGM) o la sobreexplotación pesquera en el océano Atlántico. Sin duda, los mercados de carbono son un buen laboratorio para estudiar la rediferenciación social, pero debemos tener cuidado de no buscar las leyes generales de evolución de los asuntos en ella. Nuestra atención debería centrarse más bien en la elaboración de categorías analíticas para comprender los procesos de problematización que estos mercados ejemplifican ampliamente.

A medida que la experimentación avanza, se inventan nuevas formas de organización y de agenciamiento sociotécnico de los mercados, pues surgen cuestiones inesperadas para las que se necesitan respuestas y soluciones, al menos temporales. Ya he mencionado algunas de estas (*cf.* los artículos de “Accounting and Carbon Markets”): una posible combinación de impuestos sobre el carbono y el comercio de derechos de emisión la invención de certificados para que los países en vías de desarrollo puedan participar en el programa de reducción de emisiones colectivas; el desarrollo de herramientas de fijación

de precios; un compromiso entre la subasta y la asignación gratuita de derechos de emisión; y las modalidades del tratamiento de los derechos de emisión en la contabilidad de las empresas. También podríamos mencionar (Braun, 2007) el debate sobre si es preferible organizar el régimen de comercio de carbono de manera ascendente o descendente, y sobre la interesante cuestión de a quién debería imputársele la responsabilidad de las emisiones y, por lo tanto, la asignación de los derechos (¿China es la responsable de las emisiones de su industria o lo son los consumidores en Estados Unidos al comprar sus productos baratos?). Estos problemas, característicos del asunto del “calentamiento global”, y de las circunstancias particulares en que éste aparece y prevalece, estimulan las capacidades inventivas y creativas de los actores, impulsados a idear las soluciones adecuadas.

Esta actividad creativa, cuyo resultado depende en gran parte del carácter específico de los asuntos y problemas debatidos, es el principal origen de las nuevas diferenciaciones que se proponen y se prueban durante el proceso de problematización. Quienes diseñan e implementan los mercados de carbono en respuesta a las preguntas que les surgen (o que les son planteadas) procuran no permanecer encerrados en los marcos existentes. Ponen a prueba las líneas de falla o las mayores debilidades de los agenciamientos existentes y, conforme a los gradientes de resistencia que les son favorables, hacen la distinción entre lo que se considerará político y lo que se le encargará y delegará al mercado, y por ende, a la ciencia economía. La consecuencia de esto es una redefinición, al menos parcial, del territorio de la económica, de sus reglas de funcionamiento y de su organización. Sus efectos se dejan sentir hasta la actividad teórica de análisis del mercado. Afectan al modelado económico mismo, por lo que éste se enfrenta a problemas que no había resuelto del todo o que ni siquiera había percibido (por ejemplo, la equivalencia, o no, en términos de eficiencia de mercado, entre los impuestos sobre el carbono y las subastas de derechos de emisión). De este modo se construye, paso a paso, una complicada *ciencia económica política*<sup>25</sup> que toma en cuenta las problematizaciones actuales. De rebote, se redefine la política misma, al menos parcialmente. Los procedimientos de consulta se transforman, por citar sólo este ejemplo ahora bien documentado

<sup>25</sup>Del inglés, *political economics* (N. del T.).

(Callon *et al.*, 2001). Las ONG devienen participantes legítimos e inevitables, y los grupos implicados emergentes que piden —a través de voceros— que se les escuche y se les tome en cuenta ya no pueden ser ignorados completamente. La manera de organizar la esfera pública internacional y de hacer visibles los problemas que se califican de políticos cambia conforme evoluciona la organización de los mercados. La ciencia acaba siendo transformada y redefinida: en primer lugar, en su contenido, pues los modelos combinan de manera explícita variables económicas, climatológicas y geofísicas, y no existen motivos para que esta integración interdisciplinar se detenga; y en segundo lugar, en su organización, con la constitución de un parlamento mundial de especialistas (el IPCC), quienes —como cualquier asamblea política— negocian entre sí el contenido de sus informes y votan sobre hechos científicos antes de hacerlos públicos y comunicarlos a los responsables políticos. Sin duda, algún día este parlamento tendrá que romper el círculo de la competencia profesional; tendrá que introducir al colectivo de investigación a investigadores libres que prestan atención a los acontecimientos que afectan a los grupos de implicados emergentes. La conmoción del cambio climático ya ha desatado una serie de cambios —de otra índole— en la manera en que se diseña y se ejerce la ciencia económica, la ciencia política y la ciencia, así como en la manera en que los problemas se distribuyen entre éstas. Por la manera en que trata los asuntos y los *multiproblematiza*, este triple proceso constituye un proceso conjunto de politización-economización-cientificación que produce de modo constante nuevas diferencias a partir de las ya existentes, y atribuye nuevos significados a la ciencia económica, a la política y a la ciencia.

Diseñadas para lidiar con el calentamiento global como un asunto muy específico, estas reconfiguraciones podrían llegar a tener un impacto más general, por lo que las soluciones que se han ensayado en este caso específico podrían ser adaptadas y transpuestas a otras situaciones. Por ello es interesante considerar con fines exploratorios, al menos en términos simples, si estas reconfiguraciones, y las redistribuciones que implican, pueden ser caracterizadas en términos generales.

En adelante, la organización del mercado podría incluir con claridad un conjunto de actores que antes se ubicaba en la periferia de los mercados y ahora se ubica en su centro. Los mercados de carbono proporcionan una idea bas-

tante buena de la lista antes mencionada que incluye a científicos, especialistas en ciencias naturales (como climatólogos o geofísicos) o en ciencias sociales (como economistas, antropólogos o sociólogos), acompañados por un equipo de expertos y representantes de ONG, *think tanks*, instancias internacionales y otras administraciones políticas. Para que un mercado se considere eficiente, debe prestar mucha atención a los numerosos asuntos de preocupación que crea, así como a los grupos que los expresan y los divulgan, lo cual los convierte en agentes económicos por derecho propio. Sin duda, esto requiere que los mecanismos habituales del mercado (por ejemplo, en torno a las reglas de competencia, la circulación de la información, etcétera) se completen con un conjunto de procedimientos y dispositivos diseñados para compilar la lista de los actores implicados, para hacer un inventario de los asuntos de preocupación —con el fin de volverlos explícitos y discutibles— y para organizar experimentos y evaluaciones de las soluciones planeadas y adoptadas.

Los dispositivos políticos que cobran forma ante nuestros ojos también podrían ser transformados por estas reconfiguraciones aún emergentes de los mercados. En su nueva forma, están destinados a incluir a actores que no sólo plantean preguntas sobre el papel del mercado (en singular) —lo cual no es insólito— sino de modo principal sobre el funcionamiento de los mercados (en plural), sobre su organización actual y sobre los efectos de algún mercado en particular. Por lo tanto, la ingeniería social de los mercados podría convertirse con claridad en un asunto político. Esto podría conducir a que se conceda un inusitado sitio y papel en los debates, así como en los procesos de decisión, a los actores hasta ahora excluidos del mundo de la política o a quienes se ha considerado como externos a éste. Para que esto ocurra, podría exigirse la creación de procedimientos que proponemos llamar dialógicos. La idea sería hacer posible que todos los actores implicados por el diseño y funcionamiento de un mercado en particular sean reconocidos, se expresen y que sus análisis y propuestas sean comparados. Y se alentaría la participación activa de científicos y expertos —investigadores independientes o no— en las negociaciones y debates (Callon *et al.*, 2001).

La manera de practicar la ciencia y de producir conocimientos también podría resultar en el fondo afectada. La creación del IPCC —una innovación radical en la organización de la investigación y los procedimientos para validar

los hechos científicos—, así como el compromiso de una multitud de expertos de una amplia variedad de asociaciones (principalmente ONG), denotan un nuevo tipo de comunidad o, más bien, un colectivo de investigación e innovación que —hago la predicción— se hará extensivo a muchos sectores si se realizan las adaptaciones adecuadas.

En esta configuración emergente (herencia de la anterior, que está siendo con profundidad remodelada), con mercados en consecuencia renovados, dispositivos políticos y procedimientos reorganizados, y colectivos de investigación e innovación rediseñados, los actores que participan de manera regular en esas tres formas de actividad siguen siendo distintos pero ahora están de modo explicitados e interrelacionados. Además, este traslape es el que permite que se multiproblematen los asuntos y sean tratados “en lotes”, pues se dividen en varios problemas específicos por resolver. Tal vez nos estemos alejando de un mundo fragmentado en esferas con un comercio bilateral entre ellas; pero no por ello se han abolido las diferencias en el nuevo mundo al que estamos entrando, sólo se distribuyen y se tratan de una manera distinta.

Espero que este capítulo convencerá al lector de que los mercados de carbono son un campo excepcional para ampliar nuestra comprensión de los procesos conjuntos de economización, politización y cientificación mediante los cuales se redefinen las formas de organización de las actividades económicas, políticas y científicas, sus relaciones mutuas, así como los retos que éstas deben afrontar y para lo cual fueron diseñadas. En el establecimiento de los mercados de carbono presenciamos una redistribución de la ciencia económica, la política y la ciencia que no elimina sus diferencias sino que, al mantener estas distinciones, se rehúsa a considerar inmutable su contenido. Las ciencias sociales, junto con el conocimiento elaborado por los actores, son partes interesadas en estos procesos de experimentación que consisten en una constante retroacción entre lo que está ocurriendo, su significación e impacto, y las medidas a adoptar (lo cual afectará a las actuales diferenciaciones entre economía, política y ciencia). Podrían ser instrumentales para esclarecer los nuevos modelos —cuya emergencia e implantación estamos presenciando— y, por qué no, para su posible generalización y transposición. En estas condiciones sería imposible no pensar en un proceso civilizador, pues, en última instancia, se trata de volver a integrar los mercados en el tejido social que ellos mismos ayudan a crear y que,



a su vez, constituye el marco de las cuestiones, expectativas y necesidades a las que éstos intentan responder. El reto del cambio climático podría ser una de las primeras oportunidades a escala planetaria para plantear la cuestión de cómo civilizar de mejor manera los mercados. El término *mercados civilizadores*, escogido, siguiendo a MacKenzie como título para este capítulo, es aún más rico en significado (Latour, 1998). No sólo los mercados necesitan ser civilizados, es decir, incluidos en esta *multi-problematización*, que es una fuente vital de preguntas, búsqueda e invención de respuestas satisfactorias; también pueden actuar como una fuerza civilizadora en la política y la ciencia por el simple hecho de participar en este movimiento. La civilización es quizá la labor incesante de transformar asuntos irresolubles en problemas resolubles, dando así la razón a la afirmación de Marx de que la humanidad nunca se plantea preguntas que no pueda resolver. Pero aún falta por determinar por qué se plantea ciertas preguntas en vez de otras y, en mi opinión, esto es en justicia lo sustancial del estudio de los mercados civilizadores.

## FUENTES CONSULTADAS

- AKRICH, Madeleine, Michel Callon y Bruno Latour (2002), "The Key to Success in Innovation", *International Journal of Innovation Management*, núm. 6, pp. 187-225.
- AMIN, Ash y Joanne Roberts (2008), "Knowing in action: beyond communities of practice", *Research Policy*, 37(2008), pp. 353-369.
- BARRY, Andrew (2001), *Political Machines. Governing a Technological Society*, Londres, The Athlone Press.
- BARTHE, Yannick (2005), *Le pouvoir d'indécision: La mise en politique des déchets nucléaires*, París, Economica.
- BECK, Ulrich (1992), *Risk Society. Towards a New Modernity*, Londres, Sage.
- BRAUN, Marcel (2007), "The Evolution of Emissions Trading the European Union the Role of Policy Networks, Knowledge, and Policy Entrepreneurs", presentado en el taller "Carbon Markets in Social-Science Perspective", Institute of Advanced Study, Durham University, Inglaterra, 7 de noviembre.
- CALISKAN, Koray and Michel Callon (2009), "Economization, part 1: Shifting Attention from the Economy towards Processes of Economization", *Economy & Society* 38(3), pp. 369-398.

- CALLON, Michel (1980), "Struggles and Negotiations to Decide What is Problematic and What is Not: the Socio-logics of Translatio", en K. Knorr, R. Krohn y R. Whitley, *The Social Process of Scientific Investigation*, D. Reidel Publishing Company, pp. 197-220.
- (ed.) (1998), *The Laws of the Market*, Londres, Blackwell.
- (2007). "What does it Mean to Say that Economics is Performative?", en Donald MacKenzie, Fabian Muniesa y L. Siu (eds.), *How economists make markets, The performativity of economics*, Princeton, Princeton University Press.
- (2008), "An Essay on the Growing Contribution of Economic Markets to the Proliferation of the Social", *Theory, Culture & Society*, 24.
- CALLON, Pierre Lascoumes y Yannick Barthe (2001), *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, París, Le Seuil.
- CALLON, Michel y Fabian Muniesa (2005). "Economic Markets as Calculative Collective Devices", *Organization Studies*, núm. 26, pp. 1129-1250.
- CALLON, Michel, Fabian Muniesa y Yuval Millo (Eds.) (2007), *Market Devices*, Londres, Blackwell.
- COOK, Allan (2009), "Emission Rights: From Costless Activity to Market Operations", *Accounting, Organizations and Society*, 34, núms. 3-4, pp. 456-468.
- DALES, J. H. (1968), *Pollution, Property and Prices. An Essay in Policy-Making and Economics*, Toronto, University of Toronto Press.
- DEWEY, John (1916), *Essays in Experimental Logic*, Nueva York, Dover.
- ENGELS, Anita (2009), "The European Emissions Trading Scheme: An Exploratory Study of how Companies Learn to Account for Carbon", *Accounting, Organizations and Society*, vol. 34 (3-4), pp. 488-498.
- GUALA, Francesco (2007). "How to do Things with Experimental Economics?", en Donald MacKenzie, Fabian Muniesa y Lucia Siu, *Do economists Make Markets? On the Performativity of Economics*, Princeton, Princeton University Press, pp. 128-162.
- HARDIE, I\_Mac Kenzie, D. (2007), "Assembling an Economic actor: the agencement of a Hedge Fund: Assembling an Economic Actor", *The Sociological Rew*, vol. 55, núm. 1, pp. 57-80, 10.1111/j. 1467-954x.2007.00682.
- KLINE, S. y N. Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation", en R. Landau y Rosenberg, *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, D.C, National Academy Press, pp. 275-306.
- LATOUR, Bruno (1998), "Petite philosophie de l'énonciation", en P. Basso y L. Corrain (dirs.), *Eloqui de senso. Dialoghi semiotici per Paolo Fabbri, Orizzonti*,

- compiti e dialoghi della semiotica. Saggi per Paolo Fabbri*, Miláno, Costa & Nolan, pp. 71-94.
- LAW, John (2004), *After Method: Mess in Social Science Research*, Londres, Rutledge.
- LOHMANN, Larry (2005), "Marketing and Making Carbon Dumps: Commodification, Calculation and Counterfactuals in Climate Change Mitigation", *Science as Culture*, núm. 14, pp. 203-235.
- (ed.) (2006), *Carbon Trading: A Critical Conversation on Climate Change, Privatization and Power*, Uppsala, Dag Hammarskjöld Foundation.
- (2009), "Toward a Different Debate in Environmental Accounting: The Cases of Carbon and Cost-benefi", *Accounting, Organizations and Society* 34, núms. 3-4, pp. 499-534.
- MACKENZIE, Donald (2006), *An Engine, not a Camera: How Financial Models Shape Markets*. Cambridge, MIT Press.
- (2007), *Material markets: Facts, technologies, and politics personal communication at Said Business School*, Oxford.
- (2009), "Making Things the Same: Gases, Emission Rights and the Politics of Carbon Markets," *Accounting, Organizations and Society* 34 (3-4): 440-455.
- MACKENZIE, Donald y Yuval Millo (2003), "Constructing a Market, Performing Theory: The Historical Sociology of a Financial Derivative Exchange", *American Journal of Sociology*, núm. 109, pp. 107-145.
- MARRES, Noortje (2007), "The Issues Deserve More Credit: Pragmatist Contributions to the Study of Public Involvement in Controversy", *Social Studies of Science*, vol. 37, pp. 759-780.
- MUNIESA, Fabian (2003), "Des marchés comme algorithmes: sociologie de la cotation électronique à la Bourse de Paris", en Centre de Sociologie de l'Innovation. París, Ecole des mines de París, p. 453.
- MUNIESA, Fabian y Michel Callon (2007), "Economic Experiments and the Construction of Markets", en Donald MacKenzie, Fabian Muniesa y L. Siu (eds.), *Do economists make markets? On the performativity of economics*, edited by Princeton, Princeton University Press, pp. 163-189.
- RABINOW, Paul (2005), "Midst Anthropology's Problem", en *Global Assemblages: Technology, Politics, and Ethics as Anthropological Problems*, Malden, MA, Blackwell.
- ROTH, Alvin E. (2007), "Repugnance as a Constraint of Markets", *Journal of Economic Perspectives*, 21 (Summer), pp. 37-58.
- STERN, Nicholas (2007), *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Cambridge, Cambridge University Press.

## Acerca de los autores

*Antonio Arellano Hernández* es antropólogo de ciencias técnicas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus áreas de interés son la epistemología y techneología sociales. Su última publicación es *Epistemología de la Antropología: conocimiento, técnica y hominización*, EON-UAEM, 2015.

*Michel Callon* es sociólogo e ingeniero, miembro honorario del Centre de Sociologie de l'Innovation de la École Nationale Supérieure des Mines de París. Su última publicación es *From 'Politics of Numbers' to 'Politics of Singularisation': Patients' Activism and Engagement in Research on Rare diseases in France and Portugal*, BioSocieties, 2015.

*Hervé Douville* es físico de la atmósfera, dirige el equipo “Variabilidad, Detección y Retroacciones” del Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique del Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM). Su última publicación es *The Recent Global Warming Hiatus: What is the Role of Pacific Variability?*, *Geophysical Research Letters*, 2015.

*Bruno Latour* es filósofo y sociólogo de ciencias. Profesor en el Institut des Sciences Politiques de Paris. Su última publicación es *Face à Gaïa. Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, París la Découverte, 2015.



# Índice

|   |    |
|---|----|
| PRÓLOGO   |    |
| <i>Antonio Arellano Hernández</i> . . . . .                               | 5  |
| <br>  |    |
| PROPEDÉUTICA PARA UNA ANTROPOLOGÍA<br>ATMOSFÉRICA Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO  |    |
| <i>Antonio Arellano Hernández</i> . . . . .                               | 9  |
| Fuentes consultadas . . . . .   | 20 |
| <br>  |    |
| TLÁLLOC: TEOGONÍA, COSMOGONÍA Y<br>EMPIRICIDAD ATMOSFÉRICA PRECORTESIANAS |    |
| <i>Antonio Arellano Hernández</i> . . . . .                               | 23 |
| Introducción . . . . .  | 23 |
| Encuadramiento interpretativo   |    |
| de las imágenes precortesianas de Tláloc . . . . .                        | 26 |
| El dispositivo intelectual en torno a Tláloc . . . . .                    | 29 |
| La constitución heterogénea de Tláloc . . . . .                           | 30 |
| Capacidad atmosférica y humana expresada deificadamente . . . . .         | 35 |
| Tláloc: entidad desacralizada, desnaturalizada y deshumanizada . . . . .  | 41 |
| Consideraciones finales . . . . .   | 47 |
| Fuentes consultadas . . . . .   | 51 |
| <br>  |    |
| EVOLUCIÓN RECIENTE DE LOS<br>MODELOS NUMÉRICOS DEL CLIMA                  |    |
| <i>Hervé Douville</i> . . . . .   | 55 |
| Preámbulo . . . . .   | 55 |
| Introducción . . . . .  | 56 |

|  |     |
|--|-----|
| Predecir y comprender: ¿la misma batalla? . . . . .                  | 59  |
| Del clima al sistema Tierra: ¿una huida hacia delante? . . . . .     | 62  |
| La predicción de conjunto: motivaciones y límites . . . . .          | 66  |
| Sinergia modelos-observaciones: ¿qué es un “buen” modelo? . . . . .  | 70  |
| Conclusiones . . . . .   | 76  |
| Fuentes consultadas . . . . .  | 79  |
|  |     |
| QUE LA BATALLA SE LIBRE  |     |
| AL MENOS CON IGUALDAD DE ARMAS                                       |     |
| <i>Bruno Latour</i> . . . . .  | 83  |
| Fuentes consultadas . . . . .  | 90  |
|  |     |
| MERCADOS CIVILIZADORES:  |     |
| EL COMERCIO DE CARBONO ENTRE   |     |
| EXPERIMENTOS <i>IN VITRO</i> E <i>IN VIVO</i>                        |     |
| <i>Michel Callon</i> . . . . .                                       | 93  |
| Resumen . . . . .  | 93  |
| Los mercados como experimentos en curso. . . . .                     | 96  |
| Los mercados de carbono prefiguran lo que podrían                    |     |
| ser las redes de experimentación sobre los mercados . . . . .        | 98  |
| Experimentar tomando en cuenta los asuntos de preocupación . . . . . | 101 |
| Politización, economización y cientificación:                        |     |
| de los asuntos (troncales) a las redes de                            |     |
| problemas específicos y diferenciados . . . . .                      | 107 |
| Asuntos (troncales) y problematizaciones. . . . .                    | 110 |
| ¿Trayectorias de las problematizaciones? . . . . .                   | 114 |
| Fuentes consultadas . . . . .  | 120 |
|  |     |
| ACERCA DE LOS AUTORES . . . . .                                      | 123 |

De la obra  
*Hacia una antropología atmosférica y del cambio climático:  
Teogonía, modelación, controversias y economía atmosféricas,*  
el proceso editorial se terminó en la Ciudad de México durante el mes  
de mayo del año 2017. La edición impresa sobre papel de  
fabricación ecológica con *bulk* a 80 gramos,  
estuvo al cuidado de la oficina  
litotipográfica de la  
casa editora.





ISBN 978-607-524-131-9

¿Qué relaciones existen entre las representaciones de una deidad atmosférica olmeca-mexica denominada Tláloc, con una antigüedad de 3 mil años; el tratado *Meteorológicas*, escrito por Aristóteles en el año 350 antes de nuestra era; el libro *Los meteoros*, publicado por Descartes en 1637; la producción de escenarios climáticos derivados de la explotación de las más potentes y veloces computadoras del mundo; las polémicas sobre el calentamiento climático que han opuesto a los científicos y a sus detractores en las últimas décadas; y los experimentos económicos contemporáneos para establecer mercados de carbono? Al menos dos: la primera es que los elementos citados versan sobre algunos conocimientos aprehekidos sobre los fenómenos atmosféricos; la segunda es que se trata de artefactos, conceptos científicos, algoritmos, tecnologías, acciones políticas y económicas constituyentes de la impronta cognitiva de la experiencia humana en la atmósfera.

Las contribuciones de reconocidos científicos del clima y de las humanidades de este libro se sustentan en una doble noción. La primera, general, según la cual la antropología consiste en la teoría del conocimiento de la experiencia del hombre en el mundo y, la segunda, declinada de la primera, entendiendo la antropología de la atmósfera como el estudio de los conocimientos inscritos acerca de los fenómenos acaecidos en lo que se denomina, desde tiempos aristotélicos, esfera aérea.

Hacia una antropología



ANTROPOLOGÍA

