

El cambio climático en la perspectiva de la geografía histórica

JOAQUÍN ROBERTO GONZÁLEZ MARTÍNEZ*

INTRODUCCIÓN

● CONOCE EL LECTOR UN LIBRO PÓSTUMO, *El eterno Adán*, de Julio Verne? La obra de este genial escritor predice el fin de nuestra civilización. El inicio de la novela transcurre en las costas de Sinaloa, cuando un grupo de científicos de varias nacionalidades ven cómo, de improviso, se elevan las aguas del océano. El aumento es tal que, a poco, los que han logrado huir de la costa se encuentran en una isla, otrora cumbre de la Sierra Madre Occidental. Parecería que una brusca contracción de la corteza terrestre produjo esa hecatombe;¹ antes de que los sobrevivientes perdieran la noción de civilidad y regresaran a la época de las cavernas, un grupo de ellos deja un testimonio de los avances de su civilización y las posibles causas de su desaparición para ejemplo de sus descendientes. No vamos a contar la historia de Verne, pero sí algunos aspectos, derivados de ella, que tienen que ver con las implicaciones que el desarrollo tecnológico ha tenido sobre la vida natural de nuestro planeta.

¿En qué medida los fenómenos naturales pueden cambiar sustancialmente las estructuras de las sociedades humanas? Pregunta que nos remitiría a esta otra: ¿hasta qué punto tales sociedades han propiciado dichos fenómenos? Y, en este contexto, ¿acaso el ser humano, lejos de constituir un elemento de la cadena “evolutiva”, no es sino una especie de “accidente” de ésta empeñado en transformarla y destruirla? Tales preguntas

* Dirigir correspondencia al Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales, Universidad Veracruzana, Diego Leño 8, Centro, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México, tel. fax: (01) (228) 8-12-47-19, e-mail: jmarti47@gmail.com.

¹ VERNE, 2003.

se plantean con mayor frecuencia por historiadores, geógrafos, antropólogos, ecologistas y otros especialistas de las ciencias sociales, lo que ha dado lugar a investigaciones interdisciplinarias, en especial, en lo que a geografía histórica, ecología e historia medioambiental se refiere.

No es éste el lugar ni tampoco nuestro propósito el dar respuesta a las preguntas anteriores, sino de abordar un problema muy concreto en torno al cual giran gran parte de las discusiones actuales, a saber, el cambio climático en su versión “calentamiento global”. Asimismo, abordaremos, de manera un tanto secundaria, una temática poco divulgada, surgida en los últimos meses, y que tiene que ver con un eventual enfriamiento del planeta. Lo que pretendemos en este trabajo es diferenciar los ciclos climáticos, así como otros que nos sobrepasan y que se presentan como verdaderas calamidades, de otros que bien pudiéramos evitar o controlar, pero que por razones económicas o políticas o de diversa índole no lo hacemos, partiendo siempre del supuesto que, una vez que un fenómeno rebasa las condiciones de reproducción social y material de un sistema dado, éste se modifica, desatando nuevos procesos en los que la naturaleza se ve irremediamente alterada.

DEL ENFRIAMIENTO AL CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global de la tierra ha sido uno de los temas que en los últimos años ha abierto nuevas líneas de investigación. Esto implica indudables avances en el conocimiento de los fenómenos físicos del planeta y su influencia en la vida social y natural, que han dado lugar a numerosos debates, escepticismos y manipulaciones mediáticas, los cuales presentan, las más de las veces, escenarios catastróficos y justificaciones de hechos adjudicables más a la imprudencia humana que a los procesos naturales propiamente dichos. Al igual que las recientes epidemias y como todo tema de discusión, el calentamiento global ha sido usado como bandera política. Es indudable que para los ecologistas y alterglobalistas el cambio climático es una realidad que en cualquier momento puede colapsar la vida de la tierra; en cambio, para los dueños de las grandes corporaciones, todo eso no es más que una serie de fenómenos naturales que no alterará mayormente el pulso vital del planeta.

Toda esta discusión, independientemente de su realidad, se inserta en procesos alarmistas que atraen la atención de grandes sectores de la población. El agujero de ozono y los efectos climáticos del fenómeno El Niño son ejemplos de esto. Los temores han llegado a niveles absurdos e irracionales. El estar alerta y preocuparse por el medio ambiente no debe confundirse con el temor que algunos medios masivos infunden, dando lugar a creencias poco sustentadas y desviando la atención de problemas reales cuya incidencia en la sociedad son muchas veces fatales. Las anomalías en los fenómenos naturales se han presentado siempre, pero nunca deben de ser justificantes de los errores y abusos que día con día se cometen en aras de un supuesto desarrollo económico y de la justificación de un sistema cuyo eje, la acumulación de capital, se ha convertido en el alfa y el omega del mismo. Ante el terrorismo político se ha alzado el ecológico; no obstante, la atención se concentra en fenómenos que nos rebasan y no en lo que en verdad podemos hacer para mitigarlos.

Es evidente que estamos tomando conciencia de un fenómeno que se ha agudizado en los últimos cincuenta años, como lo demuestran ciertos indicadores estadísticos relacionados con el clima. Un fenómeno que, por su parte, ha existido desde siempre, aunque ahora la acción humana, el desarrollo científico y los mismos procesos globalizadores lo hayan puesto en evidencia. Es indudable, también, que la industrialización, la tala de los bosques y la expansión de los hatos ganaderos han provocado incrementos notables de bióxido de carbono (CO_2), de metano (CH_4) y de las emanaciones industriales cloro fluoro carbonatadas (CFC),² sustancias que, en proporciones desmesuradas, se convierten en contaminantes que influyen negativamente en la salud y en la desaparición de muchas especies animales y ecosistemas de la tierra.³

² Susan Salomon llama la atención en la notable diferencia entre el CO_2 y el CH_4 respecto a los CFC. Los primeros son generados de manera natural por la vida en la Tierra, mientras que los segundos son francamente artificiales. No obstante, la excesiva permanencia de tales gases es lo que constituye el meollo de la contaminación atmosférica actual. SALOMON, 2009.

³ Al respecto existe una literatura muy amplia, tanto científica como de divulgación. Por ahora me remito a las siguientes: LOVELOCK, 2007; FLANNERY, 2006; DIETRICH-SCHONWIESE, 1997. Para precisiones más puntuales, la fuente más autorizada la constituye los reportes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). En este contexto, el autor ha aprovechado los resultados del Programa Veracruzano ante el Cambio Climático, dirigido por Adalberto Tejeda y Carlos Welsh, donde el autor del presente artículo participó en lo que se refiere a los efectos del cambio climático en los asentamientos humanos veracruzanos. Véase TEJEDA y WELSH, 2008.

Desde mi punto de vista, si bien el calentamiento global y la contaminación del planeta son fenómenos interrelacionados, el acento se ha puesto en el *calentamiento global del clima*, de tal manera que el tema de la *contaminación*, más grave aún, ha sido opacado por aquél. Todos pensamos en la catástrofe que producirá el calentamiento; no obstante, desdeñamos las calamidades presentes como lo es la desaparición de un río, la destrucción del bosque, el crecimiento enloquecido de las ciudades y, en fin, el envenenamiento atmosférico y terrestre.

La frase *cambio climático* alude a una dinámica y como tal a una visión retrospectiva del mismo. Emmanuel Le Roy-Ladurie, en su *Historia del clima desde el año mil* (1991), analizó los procesos climáticos que se manifestaron entre los siglos XIV y XVIII. Este periodo que arrancaríamos con la “crisis del siglo XIV” y derivaría en lo que se conoce como la “pequeña glaciación”, constituyó un enfriamiento que no me atrevería a calificar como global, puesto que no tengo los fundamentos científicos para hacerlo, pero que coincidió con fenómenos que sí están bastante bien documentados:

La zona mejor estudiada de la “pequeña glaciación” fue Europa occidental, en especial Francia e Inglaterra, donde los monjes llevaban registros de temperatura de forma permanente. Regiones otrora cálidas del norte de Europa, comenzaron a helarse, formando glaciares, haciendo retroceder la frontera agrícola hacia el sur. ¿Podría explicar este enfriamiento las invasiones normandas en dirección a los Balcanes y regiones mediterráneas? O bien ¿la invasión de los pueblos del norte de América sobre la Mesoamérica tolteca, pudo haber sido incrementada por esa “pequeña glaciación”? Existen ciertos materiales arqueológicos e iconográficos que pueden apoyar esta tesis, sin embargo, un análisis histórico a este nivel resulta insuficiente. No es por el temor de caer en el tipo de historicismo ya criticado por Popper (2002), sino porque debemos intentar métodos de investigación acordes con los problemas que trataré a continuación.

Al parejo de la “pequeña glaciación” ocurrió la transformación de las estructuras sociales, en que un sistema de servidumbre de gleba fue desplazado por otro de arrendamiento de las parcelas señoriales, con el consecuente pago de la *corvea* en dinero y no en especie.⁴ Ésta, denominada

⁴ Cf. DOBB, 1979, cap. II y Apéndice (“La transición del feudalismo al capitalismo”). Aspecto retomado

por Marx, vía revolucionaria al capitalismo, tuvo un efecto inverso en los países situados al oriente del río Elba, en especial Prusia oriental, Polonia, Bielorrusia, Ucrania y la propia Rusia. Ante la caída de la producción de cereales en el occidente de Europa y la transformación de sus estructuras socioeconómicas en actividades artesanales, ganaderas —con la cría de ovejas para incrementar la industria textil— y, más tarde, industriales, en el oriente se fortaleció el poder señorial y los campesinos, muchos de ellos libres o arrendatarios de terrenos, se reconvirtieron en siervos de gleba con el fin de garantizar el abastecimiento de cereales a los países occidentales, lo que explicaría, en nuestra opinión, el posterior atraso de Europa oriental y las condiciones óptimas de desarrollo de la occidental.

Esta tesis, donde un cambio climático se presenta *paralelo* a los procesos sociales, puede sugerir interpretaciones muy sugerentes para correlacionar los fenómenos naturales con los sociales, en este caso en lo que se refiere a los inicios del capitalismo.⁵ Para algunos historiadores esto abriría nuevos métodos de investigación; para los geógrafos, los eventos naturales adquirirían una relativa relevancia social y, para los climatólogos, justificaría plenamente la trascendencia de sus observaciones en las ciencias sociales. No obstante, la tesis ofrece varios problemas que no han sido del todo abordados, lo que obligaría a un análisis más concreto de los métodos de la climatología histórica y las conformaciones sociales en determinados momentos del pasado. Los principales problemas serían:

Es indudable la existencia de una glaciación entre los siglos XIV y el XVIII, con sus puntos más bajos hacia 1550 y 1710. Tampoco se cuestiona que las consecuencias del enfriamiento hayan sido más drásticas al norte del paralelo 40 y menos procelosas en las regiones tropicales. Sí, en cambio, es más difícil demostrar los efectos en Europa oriental ¿Acaso en esas regiones no se manifestó dicho fenómeno? O bien, ¿en qué medida se experimentó?

Aquí hay varios factores que nos ponen a pensar sobre este fenómeno:

por David Arnold, quien a su vez señala el impacto de la peste negra y la caída poblacional en los años de 1346-1351, 1361-1369, 1665 (Londres) y 1720 (Marsella); las epidemias del siglo XIV diezmaron a una tercera parte del total de la población europea, incidiendo más en las regiones occidentales y mediterráneas. ARNOLD, 2001, p. 62 y ss.

⁵ ROMANO y TENENTI, 1971.

Europa occidental está directamente influida por la corriente marítima cálida del Golfo (la llamada *Gulf Stream*). Ésta, como sabemos, abarca un circuito que, situándonos en el Mar Caribe, se dirige hacia el norte de las Islas Británicas. Los vientos húmedos cálidos se expanden hacia el Mar del Norte atemperando el clima de los países Bálticos y Escandinavos. La corriente regresa hacia el sur, bordea por las Islas Canarias para bifurcarse en el Atlántico central. Hacia el oeste toma el curso de la corriente del Golfo propiamente dicha, mientras que en dirección al sur continúa hacia los océanos Atlántico y Pacífico, dando lugar a un sistema térmico que equilibra o mantiene los niveles climáticos más o menos constantes desde hace 10 000 años, hacia el final de las grandes glaciaciones; esto en su conjunto, es denominado como gran *cinturón térmico oceánico*.

El cinturón térmico oceánico influye en el clima global, alternando con las corrientes frías. Tal es el caso de la de Terranova, “vecina” de la corriente del Golfo que recorre desde la península del Labrador hacia la costa este de Norteamérica. Es también el caso de la corriente de Humboldt, cuyos inexplicables e irregulares calentamientos conforman el fenómeno llamado El Niño, provocando fuertes lluvias e inundaciones en las zonas continentales de la costa del Pacífico sudamericano.

Lo que llama la atención es lo siguiente: ¿el enfriamiento de los siglos XIV-XVIII fue atemperado por los vientos cálidos de la corriente del Golfo? Si esto es así, podemos suponer que si no fuera por esta corriente, la calidad de vida en Europa occidental hacia el siglo XVI hubiera podido aproximarse a la que predominó, al menos, hacia el final de las grandes glaciaciones.

Un problema mayor se presenta en los países orientales. La intensidad de las grandes glaciaciones en el continente Euroasiático fue mayor conforme los movimientos migratorios se desplazaban hacia el oriente.⁶ La expansión humana ha sido ahí más tardía. En nuestros tiempos, las temperaturas invernales en Siberia suelen situarse entre 50 y 60 grados bajo cero en los meses de enero y febrero. Los vientos siberianos toman su curso hacia el oeste, de tal forma que su influencia se hace sentir hasta la llanura Báltica. Entre los ríos Elba y Vístula, los vientos cálidos del Golfo alternan con los fríos del oriente, provocando nublados, bajas presiones y

⁶ FAGAN, 2007, pp. 66-67.

cambios bruscos de temperatura, que a veces llegan a crear estados patológicos manifiestos en depresiones psíquicas, alteraciones mentales e irremediables tendencias al suicidio.

Ahora bien, aquí aparece una disonancia respecto a los efectos de la pequeña glaciación. Si en Europa occidental acompañó a una caída en la producción agrícola, ¿cómo se explica que en regiones comparativamente más frías haya aumentado la producción agrícola al grado de convertir a Polonia y Ucrania en los graneros de Europa? Existe toda una historiografía que hace énfasis en los factores económicos y socioculturales que explican estas diferencias; no obstante, concretémonos al papel que juegan los elementos eminentemente climatológicos.

Los cambios climáticos a diferentes escalas territoriales han sido una constante en la historia de la Tierra. ¿Cuáles fueron las causas de las grandes glaciaciones que asolaron gran parte del planeta entre los siglos XX y X antes de la era cristiana? La paleoclimatología se ha basado en testimonios de carácter bioquímico encontrados a diferentes niveles de profundidad, así como en fósiles que pueden indicar elementos de composición atmosférica en épocas prehistóricas. La dendrología se ha convertido en una fuente histórica muy interesante, así como las pruebas del carbono 14. A este respecto nuestra tarea es, en la medida de lo posible, estar al tanto de los descubrimientos en reportes, cuyo lenguaje matemático no siempre queda claro para el historiador o el geógrafo social, por lo que las conclusiones se toman como hechos; aunque siempre guardando las distancias ante todo descubrimiento, que por sí mismo, como todo fenómeno del pasado, constituye sólo una aproximación de lo que pudo haber en realidad ocurrido.

Las alternancias de glaciaciones y calentamientos se correlacionan con las cantidades de CO₂ y metano. Hasta hace unos ocho mil años tales magnitudes pudieron estar controladas de manera natural por los llamados ciclos de Milankovich, relacionados con el movimiento de precesión de la Tierra y las consecuentes variaciones de inclinación entre los 22°1' y los 24.5° de latitud (norte y sur) que ocurren en periodos de 41 000 años. Las glaciaciones y calentamientos estarían condicionados por estos fenómenos; algunos autores sostienen que el proceso se ha visto alterado por los efectos de las revoluciones

industrial y tecnológica; concretamente, Cruetzen⁷ define el periodo contemporáneo como antropoceno, iniciado en el siglo XIX; W. Ruddiman⁸ va más lejos, situando este periodo desde el final de la última glaciación, hace ocho mil años, en que el ciclo de Milankovich se alteró con un inesperado repunte de metano que no ha cesado de incrementarse, producto del desarrollo de la agricultura (concretamente los arrozales y la producción de taro), el control de las aguas con la construcción de pantanos y embalses —ya en el contexto político de los antiguos “reinos” autoritarios—, la tala de bosques y la expansión de ganado. Con el CO₂ la situación se complicaba aún más ya que su reducción (mayor frío) venía acompañada de epidemias como la peste negra, fenómeno bien documentado en la Edad Media. La mortandad y el abandono del campo aumentarían la vegetación con la consecuente fijación de CO₂ y una tendencia a atemperar el clima. En las etapas previas a la primera mitad del siglo XIX, el CO₂ se incrementó en 160 partes por millón (ppm), luego, hacia 1800, se ubicó en 280 ppm, hasta alcanzar 380 ppm en la actualidad, donde 550 ppm serían el umbral irreversible en el calentamiento y “oneroso” en el calentamiento terrestre, en palabras de Tim Flannery.⁹

El calentamiento gradual a partir del siglo X a.C. no tiene al parecer mayores problemas de explicación. Los datos científicos nos presentan una atmósfera muy similar a la actual, donde los cambios de temperatura tanto de la tierra como del aire dependen de la diferencia de intensidad de las ondas solares que son absorbidas por la Tierra. La fuente principal de calor lo constituye el Sol. Sus radiaciones son parcialmente absorbidas por la atmósfera, de tal forma que las que la cruzan, al llegar a la corteza terrestre, o bien son absorbidas o, en otros casos, como en las partes blancas del planeta, principalmente los polos, son rechazadas de nuevo a las alturas (efecto albedo), donde a su vez chocan con las partes superiores de la atmósfera, siendo devueltas a la Tierra. Es en este “estira y afloja” de ondas es en donde se enmarca el clima del planeta, mismo que estaría determinado por tales radiaciones; no obstante, las temperaturas y los

⁷ Cruetzen, cit. por FLANNERY, 2006.

⁸ RUDDIMAN, 2003.

⁹ FLANNERY, 2006, p. 51 y ss.

vientos son también partes constitutivas del clima, formando parte del tiempo que día con día nos reportan los informes meteorológicos.¹⁰

Aquí había que hacer una distinción importante entre clima y tiempo atmosférico. Vemos, por ejemplo, cómo las variaciones diarias, observadas y medidas en periodos cortos, por lo común de un mes, muchas veces desdichan el planteamiento general del cambio climático. En el caso de las regiones del Veracruz central, los meses invernales *se sienten* cada vez más fríos, en cambio, los veranos son muy cálidos y más secos. En otras regiones, por ejemplo, en Europa oriental, los inviernos son menos crudos.¹¹ Hasta los años sesenta y setenta, las temperaturas en el mes de febrero bajaban a menos 25-30 grados centígrados. En los últimos veinte años la tendencia se ha atenuado. En las tierras bajas, la nieve ya no se acumula como antaño y raramente la temperatura llega a los 10 grados bajo cero, manteniéndose en promedio en 6 grados bajo cero. Sorpresivamente, Madrid registró una caída de 25 grados bajo cero en el mes de febrero de 2009.¹²

Estas irregularidades responden a otras causas, además de las citadas radiaciones solares y las refracciones terrestres. Diríamos que los ciclos del tiempo son cortos y variados. En ellos influye la inclinación de la Tierra en sus movimientos de rotación y traslación, así como las condiciones naturales y antropogénicas de diversa índole. En el caso del Veracruz central, la tala inmoderada del bosque y la expansión de la mancha urbana ha reducido los grados de H₂O (o sea de humedad) y han aumentado las cantidades de CO₂ y de metano con la expansión de las zonas ganaderas, además de otras sustancias tóxicas derivadas de la industrialización. Un tiempo menos húmedo provoca temperaturas más extremosas, con noches más frías y días más calientes, que una población no preparada resiente más.

Si observamos las zonas más boscosas, las temperaturas tienden a mantener los ciclos tradicionales en las economías locales, de tal forma que para las poblaciones que ahí residen, los efectos de un huracán puedan

¹⁰ GARDUÑO, 2003; KOSSOWSKA-CEZAK, 2007; BORYCZKA, 2006.

¹¹ A excepción del invierno 2019-2010 que se presentó particularmente crudo con temperaturas inferiores a los 30 grados, coincidiendo con la ausencia de manchas solares, lo que da fundamento a postular un enfriamiento global en los próximos años.

¹² Al momento de dar forma final a este artículo, en los meses invernales del hemisferio norte se han manifestado temperaturas muy bajas, propias de lo que eran los inviernos normales hasta el segundo tercio del siglo XX.

ser un poco más atenuados. Sobre los cambios de tiempo meteorológico y su incidencia en lugares concretos, las investigaciones son muy dispares y poco difundidas. De hecho, éstas se realizan cuando el evento atmosférico rebasa los límites de la resistencia y se entra en los de las catástrofes.

Desde una perspectiva histórica y social, tenemos pues un primer problema metodológico, es decir, la correlación (no necesariamente estadística, aunque ésta sea técnicamente el único indicador disponible) entre un clima cuyos cambios se dan en procesos largos —cuya observación más inmediata va de 30 días a 30 años, pero que en realidad duran varios siglos— y variaciones diarias, semanales, a lo sumo estacionales, muy dispares y, en la actualidad, poco predecibles. Es quizás en esta articulación tiempo-clima en donde habría que situar parte de los debates actuales.

Por un lado, tenemos una tendencia cíclica multiseccular bien documentada de alternancias de calentamiento y heladas más o menos globales. Por otro, cambios bruscos de temperatura cuyas anomalías coincidirían con una tendencia general de calentamiento y contaminación, producto de la acción humana. Esta última tendencia en el tiempo atmosférico agudizaría la multiseccular del clima. Así, si los puntos más bajos de la pequeña glaciación arriba mencionada, se sitúan en la primera mitad del siglo XVI y el primer cuarto del siglo XVIII, podríamos suponer un aumento de las masas polares y una reducción del nivel del mar. Algunas observaciones de la línea de costa actual en el Golfo de México podrían indicar interfaces tierra-mar diferentes a los actuales. En las regiones del sur de Veracruz las zonas de marismas eran más extensas y los asentamientos humanos más retirados de la costa de lo que están actualmente. A reserva de estudios futuros, esta aseveración se presenta como hipotética, tal vez nuestros colegas especialistas en geomorfología puedan darnos más luz al respecto.

En las articulaciones entre clima y tiempo meteorológico aparece otro aspecto no menos relevante de análisis; esto es, *la teoría del caos*.¹³ En palabras simples, esta teoría postula que si en un proceso de crecimiento, un elemento permanece constante estando iterado a la vez en la ecuación, llegará un momento en que tal crecimiento empieza a tener

¹³ HOFSTADTER, 1982; SAMETBAND, 1999; TALANQUER, 2002; SCHIFTER, 2003.

un comportamiento caótico. Matemáticamente, la constante (k) se presenta iterada a la tasa de crecimiento, lo que a partir de cierto momento sería el elemento detonante del comportamiento caótico. Resulta muy curioso observar cómo, ya en la dirección del caos, los actuales medios electrónicos demuestran que las formas de crecimiento se reproducen en sí mismas, en magnitudes microscópicas, lo que da lugar a una geometría fractal. En otros trabajos realizados dentro del campo de la geografía propiamente dicha, encontramos constantes de expansión de los patrones de asentamiento observables en algunas regiones desde el siglo XVI a la fecha, siendo posible así definir una geografía fractal, evidentemente no comparable con la perfección de formas lograda por una computadora, pero sí como elementos que se repiten y multiplican dando sentido espacial a ciertas culturas, procesos históricos y continuidades expresadas en estructuras espaciales de larga duración.¹⁴

El sentido del caos se representa, pues, un tanto paradójico.¹⁵ Es decir un comportamiento irregular que conduce a réplicas específicas diferenciables entre sí. Excepciones que cuestionarían las reglas y mucho de lo que se ha creído como norma o tendencia general en los procesos histórico-sociales. Una manifestación de esta idea ha sido postulada por la escuela italiana de microhistoria, que busca precisamente demostrar cómo las tendencias supuestamente generales adquieren especificidades, haciendo de cada historia una variante única y diferente de otras, y cómo, en mayor o menor medida, al interior de sus estructuras se reproducen elementos tan propios que no se repiten en la misma magnitud en otras sociedades, ni en el tiempo ni en el espacio.

¹⁴ GONZÁLEZ MARTÍNEZ, 2008.

¹⁵ Al respecto, el matemático polaco Roman Duda, afirma que “el mundo físico es determinista, en donde su indeterminación es sólo una expresión de nuestras limitadas posibilidades de conocimiento, de nuestra libre voluntad y de nuestro embrollo en la materia. *En pocas palabras, en el mundo físico no hay caos*” (DUDA, 2002, p. 19, cursivas en el original, traducción mía). En nuestro trabajo nos referimos al caos matemático como un concepto que, precisamente, puede ayudarnos en subsanar esa ignorancia. Somos conscientes del riesgo de la aplicación de los conceptos de las ciencias exactas a las sociales, planteado en ese mismo volumen con la interesante contribución de Witold Bobinski y por Karl Popper en su crítica al historicismo. Véase BOBINSKI, 2002 y POPPER, 2002.

Uno de los ejemplos que todos conocemos de la teoría del caos lo constituye el llamado *efecto mariposa*.¹⁶ Un aleteo de una mariposa en el Océano Índico generaría un efecto constante que derivaría, después de un tiempo, en un huracán, por ejemplo, en el Caribe, pero *sólo* en el Caribe, aunque no en el Pacífico sur ni en el Atlántico norte. Este principio, pertinente en los procesos naturales en el *espacio* actual, puede aplicarse al proceso secular del cambio climático. Sabemos que las emisiones de CO₂ generadas en determinadas zonas provocan efectos diferentes, vía efecto mariposa, en diversas regiones del planeta. Pero también podríamos suponer que los incrementos sucesivos de CO₂ y CH₄ a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, habrían provocado efectos mariposa a lo largo de estos últimos 250 años, de tal forma que el “calentamiento” actual no sólo sea producto de emisiones recientes de gases, sino de las constantes iteradas en la macrotasa de crecimiento de tales gases en la atmósfera, de tal suerte que, si de acuerdo con lo postulado en el protocolo de Kioto de 1994, reducimos las emanaciones actuales, esto por sí mismo no afectaría la tendencia general iniciada hace dos siglos. Podríamos tener una atmósfera mucho más limpia, aguas no contaminadas y bosques más extensos, aunque la tendencia del “calentamiento” general se mantenga por varios decenios, mientras las supuestas acciones de mitigación ahora puestas en práctica empiezan a surtir efectos.

De lo anterior se derivan tres cuestiones. La primera es que así como hay diferencia entre clima y tiempo atmosférico, también la hay entre cambio climático y contaminación. Sin negar la influencia de la industrialización, la destrucción de los bosques y la expansión urbana y ganadera, es evidente que la frase *calentamiento global* ha acaparado la atención, desplazando el problema real que representa la contaminación del planeta y el poco o nulo cuidado en los procesos de expansión urbana y

¹⁶ Una formulación inicial de este principio fue hecho por el matemático francés Henri Poincaré a propósito del tiempo meteorológico, cuando se preguntaba: “¿Por qué los meteorólogos encuentran tan difícil prever el tiempo con alguna certeza? ¿Por qué las lluvias, las tempestades mismas nos parecen llegadas al azar? [...] Vemos que las grandes perturbaciones se producen en general en las regiones en donde la atmósfera está en equilibrio inestable. Los meteorólogos ven bien que ese equilibrio es inestable, que algún ciclón se dará en alguna parte, pero ¿dónde? No están en condiciones de decirlo. Una décima de grado más o menos en un punto cualquiera y el ciclón está allí y no allí y extiende sus estragos en comarcas que de otra manera no habían sido devastadas [...]” Cit. por SAMETBAND, 1999, pp. 32-33.

sus implicaciones. De esta forma, si un ciclón hace estragos en la Riviera Maya, destrozando hoteles en las playas en donde antaño no los había, se responsabiliza al calentamiento y no a la imprudencia humana. En los últimos cincuenta años ha existido una fuerte tendencia a crear asentamientos en lugares de alto riesgo, todo ello derivado de la especulación de tierras, la transformación del uso del suelo y, en fin, todo lo que conllevan los procesos de acumulación de capital.

Una segunda cuestión lo constituye el proceso mismo secular de cambio climático. Las reacciones son más bien visibles a escalas muy particulares. En los procesos de historia local y regional los factores geográficos y naturales tienen una relevancia y protagonismo sustanciales. Por ejemplo, en *Pueblo en vilo*, ya clásica en la historiografía mexicana, Luis González¹⁷ nos demuestra como el medio natural actúa como un agente muy activo; una montaña, un río, una loma, una barranca son portadores de historia, cultura y ciertas relaciones de equilibrio entre la sociedad local y su entorno natural, aspectos éstos que aluden a los postulados arriba citados de la microhistoria italiana. Un proceso histórico estudiado a escala nacional, continental o universal, puede hacer tabla rasa de esos fenómenos o considerarlos de manera muy secundaria y más bien en su dimensión geopolítica.

Una tercera cuestión se refiere a los grandes ciclos climáticos y su influencia en ciertas regiones del planeta que no se ven necesariamente afectadas de manera decisiva por dichos cambios. Un ejemplo lo constituye el Desierto del Sahara. Sus temperaturas cálidas y la ausencia de humedad en él se mantienen *mutatis mutandis* constantes, a pesar de los glaciares y enfriamientos en otras partes del mundo.

¿DEL CALENTAMIENTO AL ENFRIAMIENTO GLOBAL?

James Lovelock,¹⁸ uno de los autores más conocidos y pesimistas del calentamiento global, lanzó la tesis de que Gaia (la Tierra) se constituía en un sistema autorregulado y de tendencia al frío. Dicho autor, ha intentado demostrar la vocación fría de nuestro planeta, en experimentos de

¹⁷ GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ, 1995.

¹⁸ LOVELOCK, 2007.

laboratorio. Por ejemplo, basta un calentamiento del agua por arriba de los 22 grados centígrados para que las especies marinas empiecen a morir. Es suficiente también 550 ppm de CO₂ para iniciar un calentamiento irreversible que destruya la vida del planeta. En otro orden de cosas, René Garduño¹⁹ sostiene que sin la cantidad de CO₂ y de CH₄ atmosféricos mínimos, la temperatura del planeta se mantendría a una media de 16 grados centígrados bajo cero, lo que, a su juicio, haría imposible la biota planetaria. Es cierto también que en Siberia las temperaturas en invierno bajan hasta menos 60 grados centígrados y que en los polos hay vida humana y animal, tanto en la criósfera como en el agua submarina.

Si suponemos que, en efecto, Gaia puede autorregularse sin problemas a temperaturas bajas, los trópicos calientes serían una anomalía, sin embargo, es en donde se desarrollan las más variadas especies bióticas de la Tierra; temperaturas altas que condicionarían, a nuestro juicio, el equilibrio climático ahora en crisis.

Dado que el incremento de CH₄ propiciado por la tala de los bosques, la cría del ganado, el incremento de pantanos y embalses, el desarrollo de ciertos cultivos, etc., dieron lugar a un calentamiento, ¿la *pequeña glaciación* se presentaría como una “respuesta” de Gaia ante tamaño desacato en contra de dicho sistema autorregulado? Es muy sugerente el hecho de que el mínimo de Maunder (1675 a 1715), siglo en que se inicia la Revolución industrial, ¿pudo implicar esto otra “respuesta”, esta vez humana, al enfriamiento global para, vía el maquinismo, “calentar” el Hemisferio Norte y, de paso, vía “efecto mariposa”, a todo el planeta para crear las condiciones, supuestamente más propicias que imperan en la actualidad? Si esto es así, y siguiendo el razonamiento de Lovelock, es posible suponer que Gaia vuelva por sus fueros y nos mande una glaciación que ponga las cosas en su sitio; esto puede parecer una broma, pero ante los argumentos lógicos de un científico duro como Lovelock no podemos evitar esta posibilidad.

Independientemente de las tesis de Lovelock, desde el año 2003 se ha detectado una baja de la actividad solar con una reducción de las

¹⁹ GARDUÑO, 2003.

manchas solares.²⁰ Este fenómeno ¿nos evocaría la situación derivada del mínimo de Maunder, lo que conduciría a una nueva pequeña glaciación? No estamos en condiciones de sustentar esta posibilidad con los elementos que se tienen a la mano. Lo que sí es claro es que independientemente de que tales eventos se presenten, la disposición a mitigar los efectos reales y ampliamente demostrados de la industrialización, los mal planeados procesos de urbanización, la destrucción de los bosques y la contaminación de atmósfera y aguas por encima de los límites tolerables a las especies vivientes, harán más calamitosos los procesos de calentamiento o enfriamiento que se pronostican. La falta de voluntad de los poderes mundiales, manifiesta recientemente en la cumbre de Copenhague en diciembre de 2009, es una muestra de esto. Sin duda, hemos dejado pasar los momentos límites para profundizar en nuestras responsabilidades en materia medioambiental a escalas locales y regionales y en la definición de un futuro inmediato planificado y, tal vez, más armonioso.

REFLEXIÓN FINAL

Hasta ahora hemos tratado de situar un discutido fenómeno “natural” como lo es el cambio de clima, en una perspectiva histórica, llevando el debate al campo de las ciencias sociales. El argumento principal es que a lo largo de la historia del planeta se han manifestado alternancias climáticas de duraciones muy largas, incluso de siglos. Hemos distinguido también el *clima* del *tiempo atmosférico* y, sobre todo, llamado la atención en cuanto a la destrucción de los medios naturales del planeta que, de esta forma, se convierten en entornos socioambientales con todas las implicaciones negativas para la salud humana, vegetal y animal. Independientemente de los procesos naturales, es evidente que el ser humano influye en ello. La tecnología ha creado insospechados desarrollos que pueden, o bien atenuar esta destrucción o terminar por completarla. Así, el problema se transforma en un fenómeno político y, sobre

²⁰ Patricia López, “La actividad solar más baja en décadas”, con base en las declaraciones del Dr. Alejandro Lara del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México. En *Gaceta UNAM*, 29 de junio de 2009.

todo, económico. Tal vez con un uso inteligente de la energía atómica, la solar y otras alternativas, no regresemos a la era de las cavernas, pero lo que sí es seguro es que de no madurar en nuestros logros pretendidamente éticos, culturales y civilizados, volveremos a ellas, si es que sobrevivimos a la hecatombe que el propio ser humano, y no necesariamente el “cambio de clima”, está prohijando; esperemos no tener que dejar testimonios de nuestros errores como los sobrevivientes de la historia de Verne.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNOLD, David
2001 *La naturaleza como problema histórico. El medio, la cultura y la expansión de Europa*, FCE, México, 186 pp.
- BOBINSKI, Witold
2002 “Habla el literato con el físico, pero ¿en qué lengua? Tentaciones y peligros de la apropiación por los humanistas de los conceptos de las ciencias exactas”, en Jan Mozrzyimas *et al.*, *Efekt motyla. Miedzy nauka a humanystyka* [El efecto mariposa. Entre las ciencias y las humanidades], UG Gdansk, 368 pp.
- BORYCZKA, Jerzy
2006 “Warming and Cooling of the Earth’s Climate and their Causes”, *Miscellanea Geographica*, WgiSR, Varsovia, vol. 12, pp. 31-41.
- DOBB, Maurice
1979 *Estudios sobre el desarrollo del capitalismo*, 11a. ed., Siglo XXI, México, 496 pp.
- DIETRICH-SCHONWIESSE, Christian
1997 *Klimat i czlowiek* [El clima y el hombre], versión polaca traducida del alemán por Elzbieta y Józef Kazmierczak, Ed. Proszynski, Varsovia, 186 pp.
- DUDA, Roman
2002 “El ‘caos’ en el lenguaje matemático no es caos”, en Jan Mozrzyimas *et al.*, *Efekt motyla. Miedzy nauka a humanystyka* [El efecto mariposa. Entre las ciencias y las humanidades], UG, Gdansk, 368 pp.
- FAGAN, Brian
2007 *El largo verano. De la era glacial a nuestros días*, trad. del inglés por Rafael González del Solar, Gedisa, Barcelona, 404 pp.

FLANNERY, Tim

2006 *La amenaza del cambio climático. Historia y futuro*, trad. del inglés por Damián Alou, Taurus, México, 394 pp.

FOURTH ASSESSMENT REPORT

2007 Fourth Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, UNEP, WMO, Contributions of Working Group 1 (The Physical Science Basis), Working Group 2 (Climate Changes Impacts, Adaptation and Vulnerability), Working Group 3 (Mitigation of Climate Change).

GARDUÑO, René

2003 *El veleidoso clima*, col. La ciencia para todos, núm. 127, FCE, México, 174 pp.

GONZÁLEZ Y GONZÁLEZ, Luis

1995 *Pueblo en vilo.*, 5a. ed. (con base en la 1a. ed. de El Colegio de México de 1968), El Colegio de Michoacán, Zamora, 460 pp.

GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Joaquín R.

2006 *Alvarado y el mundo del agua. Larga duración y conformación geohistórica del Bajo Papaloapan veracruzano*, Editora de Gobierno del Estado de Veracruz-Llave, Xalapa, 526 pp.

2008 *La historia vivida en las representaciones espaciales. La concepción del espacio tzeltal-tzotzil. Una aproximación geoetnográfica*, IVEC, Xalapa, 226 pp.

HOFSTADTER, Douglas R.

1982 *Godel, Escher, Bach. Una eternal trenza dorada*, Conacyt, México, 916 pp.

KOSSOWSKA-CEZAK, Urszula

2007 *Podstawy meteorologii i klimatologii* [Fundamentos de meteorología y climatología], WgiSR, Varsovia, 179 pp.

LEGGETT, Jeremy (comp.)

1998 *El calentamiento del planeta: Informe de Greenpace*, FCE, México, 524 pp.

LEROY LADURIE, Emmanuel

1991 *La historia del clima desde el año mil*, trad. del francés por Carlos López Beltrán y José Barrales Valladares, FCE, México, 520 pp.

LÓPEZ, Patricia

2009 “La actividad solar más baja en décadas”, *Gaceta UNAM*, 29 de junio, núm. 4171.

- LOVELOCK, James
 2007 *La venganza de la tierra. Por qué la Tierra está rebelándose y cómo podemos todavía salvar a la humanidad*, trad. del inglés por Mar García Puig, Planeta, México, 250 pp.
- POPPER, Karl
 2002 *La miseria del historicismo*, trad. del inglés por Pedro Schwartz-Girón, Alianza, Madrid, 184 pp.
- ROMANO, Ruggiero y A. TENENTI
 1971 *Los fundamentos del mundo moderno. Edad Media tardía, Reforma, Renacimiento*, Siglo XXI, México, 334 pp.
- RUDDIMAN, W.
 2003 “The Anthropogenic Greenhouse Era Begun Thousands of Years Ago”, *Climatic Change*, núm 61, pp. 261-293.
- SALOMON, Susan
 2009 “Pour le climat, encoré plus de science!”, *Entretien du mois, La Recherche*, París, núm. 429, pp 60-63 [Entrevista con Jacques-Olivier Baruch].
- SAMETBAND, Moisés José
 1999 *Entre el orden y el caos. La complejidad*, 2a. ed., col. La ciencia para todos, núm. 167, FCE, México, 164 pp.
- SCHIFTER, Isaac
 2003 *La ciencia del caos*, col. La ciencia para todos, núm.142, FCE, México, 110 pp.
- TALANQUER, Vicente
 2002 *Fractus, fracta, fractal. Fractales de laberintos y espejos*, 2a. ed., col. La ciencia para todos, núm. 147, FCE, México, 116 pp.
- TEJEDA, Adalberto y Carlos WELSH
 2008 *Programa Veracruzano ante el cambio climático*, Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/Instituto Nacional de Ecología/Embajada Británica en México.
- VERNE, Julio
 2003 *El eterno Adán*, trad. del francés por José Francisco Magías, col. Libros del último hombre, núm. 4, Libros Arena, Madrid, 124 pp.