

CIENCIA Y SOCIEDAD: PINCELADAS

Aline Guevara Villegas • Edgar Acatitla • Flavio Cocho Gil •
Gabriela Frías Villegas • Germinal Cocho Gil • Gustavo
Magallanes Guijón • Julio Muñoz Rubio • Luis Gottdiener •
Mariana Benítez Keinrad • Mauricio Schoijet • Ricardo Mansilla

Eduardo Vizcaya ⊙ Lucero Pacheco ⊙ Octavio Miramontes
(editores)

CopIt-arXives
Publishing Open Access
with an Open Mind
2013

Este libro contiene material protegido por leyes de autor

Todos los derechos reservados © 2013

Publicado electrónicamente en México, por CopIt-arXives

Diseño de portada: Dulce Aguilar

Ciencia y sociedad: pinceladas / editores Eduardo Vizcaya, Lucero Pacheco y Octavio Miramontes; [autores] Aline Guevara Villegas ... [y diez más]. — México DF: CopIt-arXives, 2013

Incluye bibliografías e índice

ISBN: 978-1-938128-04-2 ebook

Derechos y permisos

Todo el contenido de este libro es propiedad intelectual de sus autores quienes, sin embargo, otorgan permiso al lector para copiar, distribuir e imprimir sus textos libremente, siempre y cuando se cumpla con lo siguiente: (i) el material no debe ser modificado ni alterado, (ii) la fuente debe ser citada siempre y los derechos intelectuales deben ser atribuidos a sus respectivos autores, (iii) estrictamente prohibido su uso con fines comerciales.

El contenido y puntos de vista planteados en cada capítulo es responsabilidad exclusiva del autor y no corresponden necesariamente a los de los editores o a los de ninguna institución, incluidas CopIt-arXives o la UNAM.

Producido con software libre incluyendo L^AT_EX. Indexado en el catálogo de publicaciones electrónicas de la UNAM y en Google Books.

Los editores agradecen el apoyo de DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIIT IN-101712

ISBN: 978-1-938128-04-2 ebook

Este libro ha pasado por revisión de pares

CopIt-arXives

Cd. de México - Cuernavaca - Madrid - Curitiba
Viçosa - Washington DC - Sheffield

Con el apoyo de la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Instituto de Física

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	VII
EL PREJUICIO MODERNO	
<i>Aline Guevara Villegas</i>	1
Introducción	1
¿Qué clase de sociedad del conocimiento constituimos?	7
No busque un modelo más adecuado	14
Conclusiones	18
Referencias	23
IDEOLOGÍA, CULTURA Y ENSEÑANZA	
<i>Flavio Cocho Gil</i>	25
A. Tesis sobre mecanismos y manifestaciones de integración ideológica	26
B. Agentes de integración ideológica	37
C. Funciones ideológicas de la universidad capitalista .	48
ORGULLO Y PREJUICIO	
<i>Gabriela Frías Villegas</i>	57
Las comunidades científicas	58
Las representaciones de la sociedad desde la comunidad científica	61
Las representaciones de la comunidad científica en la sociedad	62
La comunicación de la ciencia desde los institutos . . .	65
Conclusiones	66
Referencias	66

COMPLEJIDAD, CRITICALIDAD Y HUMANISMO CREATIVO

<i>Germinal Cocho Gil</i>	67
Complejidad	67
Genericidad y especificidad	69
Criticalidad	72
Crisis de la razón	76
Lo genérico de las crisis y de las revoluciones	81
Humanismo y éticas	83
Humanismo creativo	84
Heterogeneidad de las redes sociales y comunidades de aprendizaje y práctica	87
Perspectivas en la física	88

REFLEXIONES STANFORD-FEYERABEND

<i>Gustavo Magallanes Guijón</i>	93
Introducción	94
Consideraciones y similitudes	94
Conclusiones	101
Referencias	102

**PSEUDOCIENCIA, BIOLOGICISMO VULGAR
Y DOMINACIÓN CAPITALISTA**

<i>Julio Muñoz Rubio</i>	103
Ciencia, política y sociedad	104
Evolucionismo vulgar e ideología	111
Contra los esencialismos	114

CIENTÍFICOS EN POLÍTICA: ¿ACIERTO O ERROR?

<i>Luis Gottdiener</i>	123
¿Qué es intervenir en política?	123
Tipos de intervención en política	124
Métodos de participación política	139
Algunos resultados	143

EL ORGANISMO EN SU AMBIENTE

<i>Mariana Benítez Keinrad</i>	149
Plasticidad fenotípica	149
¿Cómo se genera la información necesaria para que los organismos se desarrollen?	152
Origen de la variabilidad fenotípica	153
Herencia de la variabilidad fenotípica	157
Los genes como seguidores del organismo en su ambiente	160
Posibles implicaciones en conservación de la agrobiodiversidad	162
Referencias	166

**CALENTAMIENTO GLOBAL
Y COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA**

<i>Mauricio Schoijet</i>	169
Introducción	169
Las ideologías del fijismo y del progreso como obstáculos epistemológicos	170
Las limitaciones de la ciencia del calentamiento global	176
Las consecuencias políticas	180
Indicadores sobre la preocupación de los gobiernos	184
Los intentos de intimidación	191
Conclusiones	194
Referencias	196

CICLO ECONÓMICO Y COMPLEJIDAD

<i>Ricardo Mansilla / Edgar Acatitla</i>	199
Antecedentes	199
El enfoque de sistemas complejos	205
La economía es un sistema complejo	207
Una bifurcación en el modelo de Goodwin	217
A manera de conclusión	228
Referencias	231

Esta es una página en blanco.

INTRODUCCIÓN

Ya sea en su génesis o en su desarrollo a lo largo de la historia, la ciencia ha estado involucrada en tres ámbitos sociales rebosantes de tensión y de conflicto: el poder, la producción y las creencias.

Polemizando con la afirmación anterior, y añadiendo una visión complementaria, a nivel de los individuos y sus motivaciones, tenemos la opinión del desaparecido Juan Manuel Lozano Mejía, físico mexicano y estimado maestro, a quien se le recuerda con agradecimiento por su intensa labor docente y su gusto por contar anécdotas sobre la vida universitaria. Lozano decía que la ciencia es hija de tres factores: la necesidad, la curiosidad y la ociosidad.

Ambas afirmaciones dan pie a intensas reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia y los contextos en que se desarrolla. Prontamente se presentan las frases baconianas sobre la omnipotencia –saber es poder– y nos llevan a la discusión sobre la omnisciencia y la capacidad predictiva absoluta, parcialmente redimensionadas con el estudio de los sistemas complejos. Pero esas frases también dan lugar a pensar en los dilemas éticos sobre las decisiones tecnocientíficas que se toman en nuestras sociedades modernas, y que aspiran a ser democráticas.

Este libro recoge la contribución de autores que, desde la práctica científica cotidiana, han dedicado importantes esfuerzos para advertir, tanto a sus colegas de profesión como al público general, sobre la naturaleza social de la ciencia y la responsabilidad del científico. El quehacer científico no es neutro, nunca lo ha sido y nunca lo será. En los conceptos científicos, que se desarrollan históricamente, está embutida una concepción social y una ideología llena de preconceptos. El científico promedio tiende a ignorar las consecuencias del tipo particular de cien-

cia que desarrolla. Este libro pretende advertir sobre algunos de los peligros que se derivan de ello, así como promover acciones coherentes con dichas reflexiones.

Metafóricamente hablando, por su composición y diversidad, esta obra colectiva se puede pensar como unas “pinceladas” en torno a los aspectos tratados; representa sólo una pequeña contribución a la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y del compromiso social de sus actores. En todos los textos aquí reunidos hay matices, texturas y colores, cuya articulación sugiere un entramado artístico, por lo diverso y por lo específico. Ya dirá el lector si hemos alcanzado la profundidad requerida para superar la metáfora.

Ciencia y Sociedad: Pinceladas reúne trabajos que se pueden ubicar en lo que se ha dado en llamar Estudios CTS (estudios de ciencia, tecnología y sociedad), e intenta abrir discusiones, reconocer genealogías y mostrar panorámicas contemporáneas sobre las implicaciones sociales del quehacer científico. Esperamos que el lector encuentre motivaciones suficientes para adentrarse en la reflexión y acción metacientíficas, profundizando, quizá, en aspectos éticos, filosóficos, históricos, económicos, culturales, estéticos, sociológicos.

Cooperación y espíritu de trabajo empático son los componentes que subyacen y han motivado al presente libro. Esta obra es la suma de esfuerzos convergentes de diversos tipos y cantidades. Por un lado, CopIt-arXives y sus iniciativas concretas que van del Open Access al Open Mind. Por el otro, la Coordinación “Naturaleza, Ciencia y Sociedad” (cNCys), cuyas labores se han traducido a nivel docente, a partir de 2011, en los cursos optativos: “Naturaleza y Sociedad” y “Seminario de Ciencia y Sociedad II” (o I, según el semestre), que se imparten en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Ubicada en la *interfase* de instituciones y sujetos, la cNCys ha venido tejiendo interacciones, en varias escalas, y ha propuesto dinámicas académicas polimorfos para abordar, con mirada crítica, las relaciones de la ciencia con la sociedad. Todo ello para, a la manera de las *enzimas*, promover la catálisis de procesos creativos. Una muestra tangible es este libro.

Intentando que las “pinceladas” estén libres de sesgos taxonómicos nuestros, el libro está ordenado de manera alfabética, a partir del primer nombre de los autores. La adscripción de cada autor se ha puesto al inicio de cada texto, y se ha decidido que sean los argumentos de los trabajos los que presenten al autor específico, y no su semblanza curricular.

Los textos de Germinal Cocho, Julio Muñoz Rubio y Luis Gottdiener fueron presentados en su primera versión durante el ciclo de conferencias que se celebró en la Facultad de Ciencias, entre octubre y diciembre de 2011, como parte de las actividades del Seminario de Ciencia y Sociedad II. De un total de nueve conferencias del ciclo, las tres aquí incluidas han sido transcritas y enriquecidas hasta alcanzar la versión escrita que se presenta, y que, intentando mantener la frescura de la expresión oral, conserva cierto sabor del original. Es importante decir que por errores técnicos y humanos han quedado fuera las demás conferencias de ese ciclo; ya veremos cómo remediar las ausencias de los otros ponentes, pues nos obliga una cierta deuda moral y nos apena su no inclusión.

Las contribuciones de Mariana Benítez Keinrad y de Mauricio Schoijet están asociadas a un par de conferencias organizadas por el Seminario de Ciencia y Sociedad I, y sustentadas en noviembre de 2012. En este caso no son transcripciones, sino que los autores elaboraron los textos pensando en este libro, aunque conservaron las temáticas expuestas en sus conferencias.

Los ensayos de Aline Guevara, Gabriela Frías, Gustavo Magallanes, y el trabajo conjunto de Ricardo Mansilla y Edgar Acattila, constituyen respuestas favorables a la convocatoria para escribir, cuando este libro sólo era un proyecto, y representan un logro de las gestiones realizadas por la cNCyS.

Se incluye también un texto de 1979, desarrollado como parte de las labores del Programa de Ciencia y Sociedad, que entonces existía en la Facultad de Ciencias. Su autor, Flavio Cocho, nos lo entregó con la intención de contribuir a la recuperación de la memoria histórica y para hacer las valoraciones que da el paso del tiempo. Asimismo, Flavio estuvo al tanto de los trabajos de la cNCyS y de este libro, pero lamentablemente no alcanzó a verlo completado.

Conviene decir que las actividades asociadas a la cNCyS se rigen por un criterio de largo plazo, expresado en otro de los trabajos de aquel Programa de Ciencia y Sociedad, en este caso el ensayo: “La revolución cultural y la enseñanza e investigación en las ciencias naturales”, de Germinal Cocho:

sería un error craso el considerar que son problemas secundarios, y que se pueden dejar para más tarde, los referentes a la estructura y dinámica del universo y de los niveles microscópicos de la materia, y los aspectos de la dinámica de los organismos vivos “que no parezcan aplicables de modo inmediato”. Este enfoque inmediateista implica olvidar que [en el futuro] todos los aspectos de la concepción del mundo probablemente sufrirán cambios radicales y que el no abordarlos implica [...] quedarse con y absorber acríticamente las concepciones dominantes sobre el universo, la materia inanimada, los organismos vivos, etc.

Por transitividad, este libro refleja parcialmente esa preocupación. Y, por otro lado –a riesgo de ser reiterativos– coincide con las intenciones que se indicaron al inaugurar las conferencias de 2011: “fomentar la formación de científicos con conciencia de sus responsabilidades éticas y socioambientales; la reflexión crítica y autocrítica sobre las implicaciones sociales de la labor científica; el intercambio inter y transdisciplinario, así como la defensa de la dignidad humana con dimensiones planetarias”.

Desde estas líneas queremos agradecer profundamente a todas las personas que colaboraron en la construcción de este libro, especialmente a los autores, por su comprensión y paciencia. Ya encontraremos espacios donde sean posibles nuevas *emergencias* y *convergencias*.

Para concluir esta introducción, debemos decir que por más que a lo largo de los últimos treinta años, y de que el concepto asociado haya sido tergiversado, tanto por sus usos ilegítimos como clientelares, habría un cuarto aspecto que complementa las palabras del maestro Lozano, y es el que se ha intentado plantear detrás de los esfuerzos que han fructificado en el presente libro: la solidaridad.

E Vizcaya, L Pacheco y O Miramontes
Ciudad de México, diciembre de 2013.

EL PREJUICIO MODERNO DETRÁS DE LA ACTUAL “SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO”

Aline Guevara Villegas*

INTRODUCCIÓN

Con frecuencia se critica¹ a la educación y a la comunicación de la ciencia² por su incapacidad para cumplir satisfactoriamente con el proyecto por el cual ambas prácticas surgieron: cerrar la brecha existente entre quienes no son especialistas en ciencia, y los expertos gestores de la ciencia y la tecnología (inscritas hoy en un vocablo que las hace continuas y les otorga nuevo significado: la tecnociencia). La brecha se presenta como insalvable: el público parece tener un interés superficial ante una tecnociencia

* Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México. / aline.guevara@correo.nucleares.unam.mx

¹ La totalidad del presente ensayo estuvo alimentado por las reflexiones expuestas dentro del curso: “Michel Foucault: entre historia y filosofía”, ocurrido durante septiembre y octubre de 2011, impartido por el Dr. Fernando Betancourt Martínez, del Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM.

² En este ensayo, con el término *comunicación de la ciencia* me refiero a la práctica que produce discursos que hablan sobre la ciencia y que se dirige a públicos que no son expertos científicos. Los discursos de comunicación de la ciencia se producen para hablar de ciencia a quienes no son profesionales en alguna disciplina científica. En México, la comunicación de la ciencia es mejor conocida como “divulgación”. He de aclarar que los discursos pseudocientíficos quedan fuera de este paraguas nominativo, pues toman prestado o “roban” las características de los discursos científicos, que todos podemos reconocer, para hacer afirmaciones no científicas (esto es, afirmaciones que no están avaladas por la comunidad científica en general), con el fin de hacerlas pasar *como si* fueran legítimamente científicas.

que sólo parece asombrarlo o asustarlo, y respecto a la cual se siente impotente.³ Nada pueden hacer por ésta o frente a ésta.

Hay quienes afirman que la ingenuidad y simpleza filosófica de los comunicadores y educadores de la ciencia ha generado en el público una visión cerrada, teleológica y determinista de la ciencia y la tecnología, lo cual no hace sino reforzar el dogma tecnocientificista y el estatus de autoridad de una élite.⁴ Tanto los grupos de antitecnocientíficos, como quienes confían en el progreso ilimitado de la ciencia, comparten este conjunto de creencias dogmáticas promovidas por la comunicación y la educación científicas.⁵ El envío reciente de artefactos explosivos caseros a expertos nanotecnólogos de nuestro país⁶ y la compra millonaria que hiciese el ejército mexicano de artefactos fraudulentos, sólo porque el fabricante los ofreció como “científicamente fundamentados”,⁷ son ejemplos de que la educación y la comunica-

³ A. Irwin, p. 9.

⁴ L. Olivé, pp. 71-74.

⁵ En términos foucaultianos, la comunicación de la ciencia tradicional (caracterizada por su disposición moderna) ha promovido las condiciones de existencia presentes para la emergencia de ciertos sujetos posibles frente a la práctica científica. Por ejemplo, las nociones de “experto” y “no experto”, que se aceptan en la propia definición de la comunicación de la ciencia, prescriben y proscriben lo que es posible hacer y no hacer para cada categoría o clase de sujeto. Desde esta categorización, los tecnocientíficos son expertos que pueden, mediante su práctica, transformar el mundo físico. En los discursos más radicales los sujetos expertos pueden incluso salvarlo o destruirlo, o mínimo decirnos cómo hacerlo. Los no expertos no parecen poder hacer nada más que enfrentarse a un poder que viene desde arriba y que se ejerce sobre ellos: se enfrentan a un destino tecnocientífico ya determinado ni más ni menos que por la realidad que se descubre y modifica. Frente a la tecnociencia, desde la perspectiva del no experto, sólo es posible aceptarla o combatirla. Estas parecen ser las únicas actitudes posibles de los no expertos frente a la práctica científica. Nótese que lo relevante de esta categorización de sujetos es que establece una distinción crucial entre ellos: los primeros son *responsables* por todas las transformaciones que la tecnociencia hace sobre el mundo físico. Los segundos *no pueden serlo*, porque al no conocer los detalles epistemológicos de tal transformación (al no ser “expertos”, justamente) no pueden crearla ni dirigirla.

⁶ He aquí una referencia a estos eventos: <http://www.nature.com/news/2011/110822/full/476373a.html>

⁷ Un texto de septiembre de 2011, del físico Luis Mochán, sobre las evidencias que refutan la postura de la milicia respecto a que el detector GT200 es un artefacto “científicamente probado”: <http://em.fis.unam.mx/public/mochan/blog/20110913senado/presentacion.pdf>. He aquí además

ción de la ciencia no han podido crear y establecer una cultura científica no dogmatizada, mediante la cual los ciudadanos, se dice, puedan tomar decisiones con base en sus intereses y conveniencia.⁸

Ahora bien, dadas las abrumadoras evidencias sobre la falta de una cultura científica en nuestras sociedades, es urgente que se establezca cuanto antes una en cada nación, porque sólo así podrán alcanzar aquel estado idílico conocido como “sociedad del conocimiento”. Por ello, desde hace un par de décadas, las naciones más poderosas del mundo buscan un cambio en sus estrategias educativas y comunicativas⁹ en torno a la tecnociencia.

Un par de preguntas que se plantean ya en los proyectos de política científica de cada país catalogado como “desarrollado”, “emergente” o “tercermundista” son: ¿habrá otros modelos de comunicación y de educación de la ciencia y la tecnología que permitan a cada país constituirse como *la* sociedad del conocimiento?, ¿habrá modelos más eficientes y eficaces para cerrar la brecha entre el experto y el que no lo es?

En el presente ensayo expondré en la primera parte, con base en el trabajo de la socióloga Susan Robertson, algunos antecedentes históricos que han configurado un proyecto específico conocido como “sociedad del conocimiento”, y que se ha establecido globalmente gracias al apoyo de ciertas organizaciones internacionales como el Banco Mundial (BM) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

Con base en este análisis histórico, argumentaré que el proyecto “sociedad del conocimiento” no es uno que permita liberarnos hoy de las cuitas que nos aquejan como país y como mun-

una muestra de la cobertura mediática sobre el fraude: <http://www.eluniversal.com.mx/editoriales/55146.html>

⁸ Más adelante veremos que, en términos prácticos, esto es más un slogan para convencer sobre un proyecto global que un objetivo fundamental a conseguir para hacer a los ciudadanos libres. Dadas las condiciones en que se desarrolla y se establece el proyecto “sociedad del conocimiento”, no se requiere de ciudadanos críticos, sino de ciudadanos convencidos en la tecnociencia.

⁹ Revísense los libros *Practising Science Communication in the Information Age* e *Investigating Science Communication in the Information Age* (Oxford University Press, 2009), para encontrar ejemplos de los múltiples esfuerzos de las naciones desarrolladas para lograr el “*public engagement with science and technology*”.

do, sólo porque esté cimentado en *conocimientos*, pues su fracaso radica en que dicho proyecto sigue *fundamentado en un sistema político generalizado de corte neoliberal, para el cual los valores de libertad, democracia y justicia no son primordiales, y en cambio, sí pueden ser potenciales obstáculos*. Esto quiere decir que la tendencia global no es dirigirse hacia una sociedad elegida y proyectada por cada nación, y que tenga por uno de sus motores al conocimiento tecnocientífico, es decir, no hay una tendencia a la creación de distintas sociedades que consideren al conocimiento como condición necesaria, pero no suficiente, para mejorar. Más bien, se tiende a la aparición de una sociedad general y total en la cual los valores primarios son aquellos que mantienen la viabilidad de una economía de mercado, aun a costa de la justicia social y ecológica, la democracia y la libertad de las regiones.

Afirmaré que el asunto principal a resolver desde este proyecto neoliberalizado global centrado en el conocimiento no es establecer un conjunto de relaciones justas y libres entre las naciones, y dicho sea de paso, tampoco es generar conocimientos para conocer la verdad del mundo o de nosotros mismos, sino lograr la aptitud de todas las regiones para que cumplan con los roles que les han asignado (donde cada uno de los países se inserta para configurar un sistema global, conjunto) durante *el proceso del uso del conocimiento como mercancía y valor agregado, en el vaivén de la oferta y la demanda*.

Por ello, no hay mejor racionalidad para una sociedad del conocimiento globalizada y neoliberal, para la cual el valor de eficacia económica es lo principal, que la racionalidad tecnocientífica, cuyo valor principal es la eficacia operativa. Esto quiere decir que en el proceso de producción de los conocimientos y materializaciones tecnocientíficos, no importa que cada región pierda su autonomía, su cohesión social, sus posibilidades de constituirse en sociedades justas o ecológicamente estables; sólo importa que sean operativamente eficientes en la consecución de los valores que impulsan al mercado de conocimientos.

En la segunda parte de este ensayo haré una descripción del modelo de déficit en la comunicación y la educación de la ciencia, para argumentar que el fracaso que enfrentan las naciones para cerrar la brecha entre el ciudadano y el tecnocientífico no

es tal. No hay un fracaso por *el uso de un mal modelo de comunicación y educación; más bien, para un sistema neoliberal, no hay otro modelo posible de comunicación y educación en ciencia y tecnología que el modelo de déficit.*

El problema que existe detrás de todos los esfuerzos para crear modelos alternativos que fomenten la fuerte participación ciudadana, en aspectos de desarrollo tecnocientífico, radica en que hay un prejuicio moderno sobre lo que significa 'conocimiento'. Este prejuicio hace que no existan modelos educativos o comunicativos que generen otras condiciones de existencia que establezcan las posibilidades de emergencia de ciudadanos *que puedan relacionarse de manera distinta entre sí frente a la tecnociencia.*

El tipo de ciudadano que va en concordancia con la sociedad del conocimiento, tal cual se perfila en el presente, es el *comprometido* con la tecnociencia (incluso, en inglés se usa el vocablo *engagement*), porque el sistema político-económico neoliberal que da pauta a toda política científica en cada nación (y por lo tanto, el modelo de comunicación y de educación a seguir), así lo requiere. La cultura científica de toda sociedad del conocimiento neoliberal debe ser sensible al papel central y *suficiente* que tiene la tecnociencia en el desarrollo y progreso de toda nación.

Intentaré justificar que para que prospere toda sociedad del conocimiento de tendencia neoliberal es necesario que se asuma la concepción moderna de conocimiento: una creencia verdadera y justificada que sólo se puede obtener a través del método científico, y que sólo puede materializarse en artefactos tecnológicos. Con relación a la posición que todo ciudadano tiene frente a este conocimiento, y en correspondencia con la asunción moderna de dicho término, se sigue que para que un ciudadano adquiera una cultura científica es necesario que *conozca y acepte* las explicaciones claras y exactas de los métodos, teorías, leyes y cuerpo de conocimientos tecnocientíficos, para que a través de un *ejercicio de comparación* entre la vaguedad de sus creencias (que se asume son injustificadas, inarticuladas y emocionales) contra la contundencia lógica de lo que acaban de entender (afirmaciones sistematizadas, articuladas por su consistencia lógica y justificadas por razón y empiria), *razone y se convenza* de que la investigación y el desarrollo tecnocientífico a la larga siempre

reportan beneficios, de que los sistemas de I+D deben ser apoyados y fomentados, y de que es necesario incidir en las vocaciones de los jóvenes con miras a engrosar las filas de tecnocientíficos disponibles. Justificaré, pues, que el cierre de la brecha entre el científico y el ciudadano, desde el punto de vista de la sociedad del conocimiento neoliberal, significa el *cierre de las resistencias*.

Hay consecuencias importantes por asumir la noción de conocimiento moderno a niveles microfísicos (la escuela, los medios, los institutos de investigación): la tendencia a comunicar el mito del conocimiento experto como último bastión de lo verdadero, a aceptar que el determinismo tecnocientífico es un hecho, y a concebir a la naturaleza como algo transparente y maleable ante el control tecnocientífico, lo que permite que el público se conforme con ser pasivo, con renunciar a su voz y a su capacidad de decisión. Mientras la comunicación y la educación de la ciencia presentan la racionalidad y autoridad de la tecnociencia como únicos medios de establecer la distinción entre lo falso y lo verdadero, y como el único camino al progreso y al beneficio humano, se anula la posibilidad de discusión sobre la pertinencia de las respuestas tecnocientíficas en la aplicación de entornos concretos. Pero sobre todo, el prejuicio moderno sobre el conocimiento podría impedir que las sociedades sometan a análisis concienzudo el proyecto de sociedad del conocimiento que se les presenta hoy día y que puedan pensar en otros modos de insertar el conocimiento en el futuro de su región.

Finalmente, a manera de conclusión, expondré que si se acepta la perspectiva pseudomoderna¹⁰ del proyecto neoliberal de sociedad del conocimiento, no parece ser razonable negarse al único camino para progresar, ser libre y desarrollarse. Ante los discursos que hablan de la necesidad de erigirse sin miramientos como "sociedad del conocimiento", es necesario crear otros que expliciten que no porque esa sociedad tenga como base de su proyecto de nación el conocimiento tecnocientífico, necesariamente vivirá en un mejor mundo. La nueva comunicación y edu-

¹⁰ *Pseudo*, en el sentido de que no se trata ya de un proyecto de tipo moderno que buscaría dar, mediante recursos epistemológicos, con la verdad o la realidad del mundo. Actualmente hay una transformación sobre la noción de "conocimiento" que va de lo epistemológico a lo operativo. Este asunto se expone más adelante.

cación de la tecnociencia deben ser claras al respecto, y también en el sentido de que hay una encrucijada actual entre el orden por justicia y el orden por eficiencia. No es tanto en el nivel del conocimiento experto que los ciudadanos deben ser capaces de decidir, sino al nivel del tipo de orden que desean para sí.

Para poder crear modelos alternativos de comunicación y educación, que permitan liberar a los discursos sobre ciencia, es necesario primero liberarse del prejuicio moderno. Pero la comunicación de la ciencia y la educación, por sí mismas, no pueden hacerlo todo. Sin el cambio de postura en otros niveles microfísicos, traducidos en una política científica de naciones y regiones, la propuesta que los comunicadores y educadores alternativos puedan dar es efímera, y se verá desvinculada y desarticulada por los proyectos políticos sustentados en la economía de mercado.

¿EN QUÉ CLASE DE SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO NOS CONSTITUIMOS HOY?

Si la globalización fue el zumbido que se dejaba oír en las políticas de los 90, al punto que podíamos respirarlo en el aire, el equivalente del siglo XXI debe ser sin duda la idea de una "economía basada en el conocimiento". De manera análoga a la globalización, el conocimiento es para nuestros tiempos tanto un nuevo problema como una panacea. Si no tenemos suficiente de éste, estamos destinados a convertirnos en países tercermundistas. Si no somos todavía una economía del conocimiento, o no estamos "en transición" para ser una, entonces las organizaciones como la OCDE y el Banco Mundial nos llevan de la mano para guiarnos en la dirección correcta.¹¹

Susan L. Robertson

Baste el párrafo anterior para ponernos en contexto. La propia idea de "sociedad del conocimiento" o "economía del conocimiento" suena progresista. No pareciera que haya un mejor modo de organización social. ¿Cómo resistir a su influjo futurista y prometedor? Sin duda, vale la pena cuestionarse, porque actualmente esta idea, constituida ya en un proyecto global, dirige el rumbo de cada región del planeta.

¹¹ S. L. Robertson (2008).

Según la socióloga Susan L. Robertson, la idea de una economía basada en el conocimiento tuvo sus orígenes ideológicos y materiales en los años 60 y 70 del siglo XX, como resultado de la crisis del fordismo atlántico. Estados Unidos se vio beneficiado con la captura de científicos exiliados después de la Segunda Guerra Mundial y, para los años 70, su sistema tecnocientífico estaba más aventajado que el de sus competidores europeos y asiáticos. En medio de una crisis económica que afectaba a toda la región, Estados Unidos se vio impulsado a buscar una nueva estrategia de acumulación centrada en la expansión y la profundización del sector de servicios, y en la extensión de los medios legales para proteger los derechos de la propiedad intelectual, desde el propio país al globo entero.

Estas ideas y estrategias, que beneficiarían a los Estados Unidos (y que pronto serían adoptadas por los países desarrollados atacados por la misma crisis, pero que contaban con sistemas tecnocientíficos fuertes), contribuyeron a la creación de la Organización Mundial de Comercio y de acuerdos internacionales con los cuales se cimentarían los caminos legales para que el *conocimiento, por primera vez en la historia, fuera una mercancía y valor agregado, sujeto a la demanda y la oferta*. La OCDE, al adoptar bajo la fuerza de los países desarrollados la noción de “sociedad de la información” en los años 70, fungió como una agencia que colocó a nivel global la agenda de estos países. Pero no fue sino hasta 1990 cuando el concepto de “economía basada en el conocimiento”, añadido oficialmente en los proyectos de la OCDE, que la estrategia de rescate económico de los países desarrollados se estableció *como un proyecto global*.¹²

Un rastreo análogo hace Robertson con respecto al plan de desarrollo que impulsa el Banco Mundial. El argumento que el BM dio para echar a andar su Programa K4D (Knowledge for Development) era que:

el conocimiento constituye un gran potencial para que los países fortalezcan su desarrollo económico y social, *al establecer modos más eficientes de producción y de bienes y servicios, y una distribución más efectiva de éstos, esto es, a un menor costo y a un mayor número de gente. Combinado con las políticas*

¹² *Op. cit.*, p. 5.

*económicas liberalizadoras, la revolución del conocimiento nos lleva a una mayor globalización y a un aumento en la competencia [de mercado] mundial.*¹³

Para el proyecto globalizado, hoy tomado como “sociedad del conocimiento”, no hace falta más la investigación epistemológica respecto a la relación del conocimiento con la verdad o la realidad, investigación que persiguiera por siglos la filosofía hasta los primeros decenios del siglo XX; hoy día *el conocimiento es definido como toda propiedad intelectual con valor comercial*. Nótese que hay una transformación filosófica fundamental: ante la relevancia del mercado, la epistemología como investigación que relaciona al conocimiento con la verdad y la realidad carece ya de sentido. Sin embargo, verdad y realidad no han sido dejadas de lado: al patentarse los distintos conocimientos, *su valor en el mercado puede tornarse real*, pues en su momento el conocimiento se convierte en valor económico que, a su vez, se torna en crecimiento económico.¹⁴

No toma mucho tiempo notar que, en efecto, el lenguaje utilizado en los argumentos que dan tanto la OCDE como el BM para adoptar e impulsar la noción de economía o sociedad del conocimiento, tiene su origen en un plan económico específico: el modelo de desarrollo mundial, subraya Robertson, es una extensión de la modernidad occidental y del liberalismo comercial. Este modelo basado en el conocimiento, que se ha adoptado en todas las regiones, no es uno alternativo, nuevo o prometedor. Es un modelo neoliberal, ya viejo y conocido.

Sociedad del conocimiento neoliberalizada y sus valores

¿Cuál es el problema con este proyecto de desarrollo global centrado en el intercambio no regulado de conocimientos, excepto por aquellos protegidos por los derechos de propiedad? Permítame adelantar una respuesta: el grave problema es que su valor central no es otro sino el de la libertad de mercado.

El *neoliberalismo*, según el politólogo noruego Dag Einar Thorsen,¹⁵ es un término que se ha utilizado de modo despectivo

¹³ *Op. cit.*, p. 9. Las cursivas son mías.

¹⁴ *Op. cit.*, p. 5. Las cursivas son mías.

¹⁵ D. E. Thorsen (2009).

para definir un conjunto más o menos demarcado de creencias políticas que se fundamentan en la idea de que el bienestar humano puede lograrse al fomentar las libertades empresariales individuales, en un ambiente institucionalizado, caracterizado por una fuerte protección al derecho a la propiedad privada, a los mercados libres y al libre comercio internacional. El único propósito legítimo del Estado es salvaguardar la libertad individual, entendida como una libertad mercantil para los individuos y las corporaciones. El Estado debe tener un papel mínimo en el establecimiento de las relaciones entre individuos y grupos, para dejar la responsabilidad de operación de los mercados no regulados en las manos de estos individuos y organizaciones.

La *justificación científica*¹⁶ detrás de esta creencia neoliberal es que el Estado no cuenta con la información necesaria para calcular matemáticamente los vaivenes del mercado (los precios, en función de la demanda y la oferta), como sí lo tienen aquellos grupos involucrados directamente en las transacciones comerciales. Por otra parte, al Estado le es impropio tener parte en el control del mercado porque está sujeto a los caprichos de las voluntades de grupos de presión, que pueden entorpecer los procesos de libre mercado a través de mecanismos *como la democracia, a favor de sus propios intereses*.¹⁷ La única razón aceptable para regular los intercambios por parte de los estados es para salvaguardar la libertad mercantil y los derechos de propiedad. En el plano internacional, se considera que los tratos también deben estar sujetos a mercados no regulados y al libre comercio. Según el neoliberalismo, es sólo a través de la liberación de mercados y el intercambio internacional como se liberará el potencial creativo y el espíritu empresario de los individuos.¹⁸

Ahora es posible entrever que en el neoliberalismo hay un problema axiológico evidente: todo estándar moral se supedita a un único valor, que es el de la libertad de mercado. Según Thorsen y otros autores, desde la perspectiva neoliberal “una perso-

¹⁶ Justificación que resulta cara a todo proyecto político liberal, como lo explícita Ambrosio Velasco en su artículo: “La revolución hobbesiana”, pues es a través de esta justificación, desde la racionalidad moderna, como es posible anular el disenso y la controversia. Más adelante abundaré sobre ello.

¹⁷ D. Harvey, en Thorsen (2009: 12).

¹⁸ *Op. cit.*, p. 15.

na virtuosa es aquella que se abre acceso a los mercados relevantes y funciona como un actor competente en esos mercados. Es capaz de aceptar los riesgos asociados al libre comercio, y se adapta a los cambios generados por éste".¹⁹ Dado que el valor a proteger es el libre mercado, "la inequidad y la injusticia social, bajo esta perspectiva, son moralmente aceptables, porque tales condiciones podrían concebirse como el resultado de una cadena de decisiones libres hechas por individuos".²⁰ Pero no sólo está desprotegido el valor de la justicia. El neoliberalismo también se mantiene silencioso respecto a si el Estado debiera ser democrático y sujeto a un libre intercambio de ideas. Un Estado neoliberal no tiene por qué estar comprometido con la democracia. Peor aún, como el valor principal del neoliberalismo es la supervivencia en el mercado, si los procesos democráticos entorpecen los procesos individualistas del libre comercio, entonces la democracia debería ser abolida, para fomentar la re-localización del poder, de lo político, a los procesos de la economía de mercado.²¹ En efecto, un Estado neoliberal puede perfectamente ser construido en sistemas autoritarios, corruptos, antiecológicos o injustos.

Ahora queda claro que un proyecto de sociedad del conocimiento global, trazado bajo un sistema neoliberal, no tiene compromisos que vayan más allá de la economía de mercado. No tiene conflictos si, al plantear su proyecto de gobernanza global, no logra establecer un equilibrio entre el orden por justicia (noción que también debiera abarcar el ámbito ecológico) y el orden por eficacia.²² La decisión ya está tomada de antemano.

Por su falta de compromiso con el equilibrio entre la justicia (social y ecológica) y la eficacia, el mundo trazado por el neoliberalismo ya se configura y divide en regiones, para constituirse en dos mundos distintos: uno, el de aquellos países que se especializan en la producción de conocimiento, donde los gobiernos, las universidades y las empresas se concentran bajo el esquema de la triple hélice²³ para la investigación y el desarrollo; y otro

¹⁹ *Op. cit.*, p. 16.

²⁰ *Ibid.*

²¹ *Ibid.*

²² F. Broncano (2006: 151).

²³ La triple hélice se refiere "a la interacción dinámica entre un sistema

mundo, en el que los pueblos forman parte última del proceso de producción tecnocientífica, y se dedican a hacer el trabajo manufacturero (y con frecuencia, antiecológico) de la maquila y la distribución de servicios. Los segundos deben pagar tributo a los primeros por el uso del conocimiento a través de las patentes. Los segundos ven con frecuencia devastado su entorno ante el descuido de sus gobiernos para instaurar políticas pro-ecológicas. Eso no importa. Mientras todas las regiones del mundo, en conjunto, sean parte de un proceso de producción de bienes y servicios de manera *operativamente eficiente*, no con respecto al propio conocimiento, ni para la mejora de la vida de las personas, ni con respecto a la ecología, o con respecto a la distribución equitativa de lo obtenido en el proceso, *sino operativamente eficiente para mantener los equilibrios del libre mercado, el proyecto se considerará exitoso*.

Como se ha visto, la eficacia operativa desde la perspectiva neoliberal no está, de ningún modo, opuesta a la eficacia operativa de la racionalidad tecnocientífica, pues la eficacia instrumental de la tecnociencia puede traducirse en innovaciones que *tienen por finalidad* constituirse en eficacia económica para un sistema neoliberal.

Orden de mercado como orden racional y necesario

La racionalidad individualista, instrumental y economicista del proyecto de sociedad del conocimiento que se instaura hoy desde un trasfondo neoliberal, tiene sus antecedentes en la revolución epistemológica hobbesiana, durante la cual se consiguió establecer un orden social mediante la supuesta fundamentación racional y científica del poder político.²⁴ Al esgrimirse la racionalidad científica y su autoridad como cimiento de los proyectos

académico superior orientado a la eficiencia investigadora, un sistema gubernamental que dedica una parte sustancial de su presupuesto a la financiación estratégica de la investigación, y un sistema empresarial que se embarca en trayectorias tecnológicas arriesgadas". Véase F. Broncano, p. 152.

²⁴ A. Velasco (2003: 52-54). En el apartado sobre neoliberalismo expuesto anteriormente se explicitan las justificaciones científicas del proyecto neoliberal, para el cual la demanda y la oferta de bienes y servicios puede ser calculada en forma de precios. Estas nociones constituyen la base empírica sobre la cual es posible trazar un plan político con "base científica".

políticos, fue posible eliminar la viabilidad en la vida política de la controversia y el debate. Desde entonces, el valor que prima en la vida política, bajo una perspectiva liberal, no es la libertad política y la autodeterminación de los ciudadanos, sino la *seguridad de la vida y los bienes de los individuos*.²⁵

El filósofo Eduardo Nicol notó que al nacer este régimen que busca asegurar la subsistencia de los individuos, y que por tanto adquiere un carácter de *razón de fuerza mayor*, basado en la necesidad, se impuso en realidad un sistema autoritario y antidemocrático que da la apariencia de control racional. Emergió “una modalidad de razonamiento sin dar razones, de un pensamiento que no comunica una realidad común, y de una acción social sin conjunción ni auténtica solidaridad”.²⁶

Para que la sociedad del conocimiento neoliberal pueda ser presentada en términos de una razón de fuerza mayor, debe esgrimir su componente tecnocientífico (con el cual transforma²⁷ al mundo) como un camino necesario y un fin constituyente, al punto que “nuestro destino parece estar ligado indefectiblemente al poder tecnológico”.²⁸ La renuncia a la autodeterminación, a la libertad, a la autonomía de cada ciudadano y de su grupo social, a la conciencia y responsabilidad colectivas,²⁹ para asegurar un individualismo que establece su supervivencia a través de los vaivenes de una razón pragmática economicista,³⁰ se justifican mediante una razón de fuerza mayor tecnocientífica, presentada como necesaria, como benéfica y como progresista.

²⁵ *Ibid.*

²⁶ J. Linares (2008: 259–260).

²⁷ Transformación de un mundo que la tecnociencia no necesariamente tiene por objeto conocer profundamente o develar (Linares 2008).

²⁸ *Op. cit.*, p. 389.

²⁹ *Op. cit.*, p. 388.

³⁰ *Op. cit.*, p. 263.

NO BUSQUE UN MODELO DE COMUNICACIÓN MÁS ADECUADO.
YA LO TIENE. . .

A Modern is someone who believes that others believe.
Bruno Latour³¹

En la introducción he dicho que la comunicación y la educación de la ciencia no han sido efectivas para cerrar una brecha existente entre el público y los gestores de la tecnociencia. Desde todos los bastiones de reflexión (los intelectuales y los políticos), se acusa a la comunicación y la educación de la ciencia de haber sido incapaces de crear una cultura científica que permita cerrar la brecha. Sin duda, se imputa semejante fracaso al modelo de comunicación, que ha imperado a lo largo del siglo XX y el XXI, conocido como el modelo de déficit.³²

De mentes vacías que deben ser llenadas: el modelo de déficit

El modelo de comunicación que nos ocupa considera que los involucrados en el proceso comunicativo tienen papeles muy específicos y bien claros: los expertos tecnocientíficos crean el conocimiento que habrá de comunicarse a receptores que tienen un déficit de éste. Es responsabilidad del comunicador de ciencia o del educador trasladar los conocimientos científicos de manera clara y exacta de un punto a otro, para que el receptor pueda llenar sus huecos epistemológicos.

Los comunicadores y educadores que ejercen el modelo de déficit (de manera consciente o inconsciente) asumen que el público es ignorante respecto a la ciencia, y que, por tanto, lo es frente a la realidad y la verdad. El público aceptaría de buen grado el desarrollo de la ciencia (o vería su peligrosidad), y la cuestión de que a la larga la ciencia progresa y es un constante generador de beneficios para la sociedad (o que sus progresos sólo representan una maldición a combatir), si tan solo supiera más sobre la lógica detrás del “método científico” y los resultados que se obtienen³³ al seguirlo: los conceptos, las teorías y las leyes que hablan sobre el mundo y sobre nosotros mismos.

³¹ B. Latour (2010).

³² A. Irwin (2009: 7).

³³ *Ibid.*

Según la tradición de la comunicación y la educación de la ciencia, eminentemente moderna, es través de explicaciones claras y exactas de los anteriores aspectos de la ciencia, como el neófito podría convencerse de la superioridad epistémica de la tecnociencia al comparar sus propias creencias (que, ante las evidencias, notará han sido adquiridas de forma práctica e “irracional”, por ser poco sistematizadas) con aquellas que le presentan la comunicación y la educación de la ciencia, con un evidente carácter “racional” y organizado.³⁴

Con lo expuesto anteriormente, ya se puede notar que hay varios supuestos de corte cientificista que se movilizan desde la comunicación y la educación “deficitaria” de la ciencia. Primero se asume que el neófito carece de elementos racionales que le permitan distinguir el sinsentido de la verdad y de la realidad, por lo tanto, es necesario entrenarlo para que logre adquirir la racionalidad detrás de esta distinción. Esta racionalidad es la única válida. Esto nos dirige hacia un supuesto más detrás del modelo de déficit: la idea absolutista de la razón, que afirma que no hay racionalidad más allá de la racionalidad científica. Otro asunto más detrás del modelo de déficit, y que tiene como antecedente la idea absolutista de la razón, es la confianza (o desconfianza) ciega que se insta a depositar en los expertos, pues no hay mejor personaje que conozca los alcances, los límites, las incertidumbres y los riesgos de la gestión tecnocientífica, que los propios científicos y tecnólogos. Otro supuesto más que se fundamenta en el absolutismo de la razón es el determinismo tecnocientífico que con este modelo se moviliza, porque acepta la idea de que las respuestas que genera la tecnociencia a los problemas sociales son las únicas posibles, pues sólo hay una “única realidad”, y una “única verdad”, transparentes sólo al método científico. Tarde o temprano, la nanotecnología, la bomba de hidrógeno y la teoría de la relatividad habrían de aparecer en el escenario del mundo porque siempre estuvieron ahí como potencialidades puestas para ser descubiertas. Es decir, se comunica un futuro tecnocientífico ante el cual, por lo visto, el resto de los mortales sólo podemos permanecer pávidos.

³⁴ A. Guevara Villegas (2009).

Distintos proyectos de sociedad del conocimiento requieren distintas disposiciones públicas ante la tecnociencia

Afirmo que el fracaso del proyecto de la educación y la comunicación de la ciencia en la constitución de una cultura científica pública que permitiese cerrar la brecha entre el público y los tecnocientíficos no es tal. Lo sería si lo que se proyectase como “sociedad del conocimiento” tuviera como valores primordiales aquellos de justicia social y ecológica, de autodeterminación y de democracia que hemos expuesto antes.

Por supuesto, los filósofos, los sociólogos y los historiadores de la ciencia han criticado el fracaso de los comunicadores y los educadores en su intento por generar unas condiciones de existencia que propicien, a su vez, la aparición de las condiciones de posibilidad para la emergencia de sujetos críticos. Estos filósofos, historiadores y sociólogos afirman que los comunicadores y educadores no han podido sentar las bases de una cultura científica que permita a los sujetos ser *críticos y responsables* respecto al desarrollo tecnocientífico,³⁵ para que puedan a la larga escoger el tipo de sociedad que mejor satisfaga sus necesidades e intereses. Pero el proyecto crítico de los intelectuales no necesariamente corresponde con el proyecto político de los estados impulsados por la OCDE, el BM y el FMI.

Como hemos visto en el apartado anterior, la sociedad del conocimiento que se ha apuntalado globalmente no es una que reciba con gozo a los sujetos críticos. *La brecha que hay que cerrar en esta sociedad del conocimiento globalizante no es otra que la brecha que abre la resistencia pública ante las evidencias de que el desarrollo tecnocientífico no necesariamente produce bienestar social.*³⁶ Para este tipo de proyecto político globalizante, la cultura científica de la que se habla es una de tipo operativo, que no requiere la comprensión cabal sobre una práctica humana que transforma al mundo y que no admite la discusión y la duda,³⁷ únicamen-

³⁵ F. Broncano (2006: 182) afirma que: “El principio general de la democracia es que no hay autoridad sin responsabilidad”. Al asumirse parte de una opinión autorizada, los ciudadanos deben compartir las responsabilidades de las decisiones tomadas.

³⁶ A. Irwin, pp. 9–11.

³⁷ J. Linares, p. 262.

te, debe permitir el *compromiso* social, público, que *no impida* el desarrollo tecnocientífico.

Bastan dos ejemplos para ejemplificar cómo es que el modelo de déficit es correspondiente al proyecto de una sociedad del conocimiento neoliberal:

a. El mito del conocimiento experto

Cuando se emplea el modelo de déficit para *decir* la tecnociencia a otros, se moviliza el mito de que el conocimiento experto es necesario para la supervivencia y la satisfacción de necesidades. La figura del experto, desde el modelo de déficit, apoya al proyecto neoliberal de sociedad del conocimiento porque permite que los individuos renuncien

al ejercicio directo de sus derechos y libertades, para entregarlos a una persona ficticia que se constituye en autoridad soberana, quien a través de leyes explícitamente elaboradas, prescribirá y proscibirá ciertas acciones en ámbitos que considere pertinentes, ámbitos que constituyen el espacio público-estatal. [...] La ciudadanía política se reemplaza por la ciudadanía privada y pasiva, y la libertad política y positiva se sustituye por la libertad negativa del individuo. El ciudadano termina siendo un súbdito con derechos concedidos *por un poder que le es ajeno y sobre el cual no tiene control alguno*.³⁸

b. El determinismo tecnocientífico y la noción de progreso

Desde la perspectiva del modelo de déficit, la tecnociencia siempre progresa, pues se asume que este progreso se debe, por un lado, a que la ciencia cada vez alcanza descripciones más cercanas a la realidad, y que, por lo tanto, tienden a ser verdaderas.

Por otro lado, la tecnología progresa porque cada vez tiene mayor capacidad de transformación y control sobre el mundo. Pero como advierte el filósofo Fernando Broncano, detrás de la idea de progreso hay siempre impedimento a la actitud crítica:

³⁸ A. Velasco, *op. cit.*, pp. 55-56.

detrás de cada anuncio asegurándonos el *progreso hay una exigencia de resignación a ese artefacto*, la búsqueda de un atajo para no tener que pasar por el foro público a la luz del día para que sea examinado con todo el cuidado. [...] deberíamos ponernos a pensar si acaso nuestra política no está ya siendo configurada, no tanto por nuestras opciones tecnológicas, cuanto por la resignación a su inevitabilidad...³⁹

Por su parte, el filósofo Jorge Linares advierte que la idea de progreso da a entender que la naturaleza es totalmente maleable y transparente a la tecnociencia. La naturaleza, entonces, pareciera estar ahí para ser transformada y controlada.⁴⁰

La comunicación y la educación de la ciencia, puestas en términos deficitarios, sólo pueden propiciar la actitud pasiva, pues no hay mucho qué decir, mucho qué decidir, ni mucho qué discutir. Todo parece estar dicho ya por las razones de fuerza mayor (que finalmente acaban siendo las del mercado, aunque eso ni el propio comunicador/educador lo sepa), a través de la movilización del mito tecnocientífico.

No hay mejor comunicación y educación de la ciencia, para una sociedad del conocimiento neoliberal, que una que genera las condiciones de existencia para que haya la posibilidad de sujetos pasivos, quienes no tengan la convicción de impedir la generación de unos conocimientos que se constituirán en mercancías y valor agregado en los bienes y servicios.

CONCLUSIONES

Sustentar un proyecto inequitativo en idealizaciones modernas

Ante los problemas que enfrentamos en el mundo presente, uno que ha sido totalmente ocupado y llenado en el cual no hay ya espacios vacíos,⁴¹ es evidente que la promesa de progreso de la racionalidad moderna no ha sido cumplida.

³⁹ F. Broncano, *op. cit.*, p. 38.

⁴⁰ J. Linares, *op. cit.*, p. 385.

⁴¹ J. Riechmann (2005).

Sin embargo, este fracaso no ha hecho que la idea moderna del conocimiento como fuente de poder y beneficio social (hoy traducido en el desarrollo tecnocientífico) desaparezca, pero sí ha provocado su mutación. En el presente, la racionalidad científica ha sido intercambiada por una racionalidad tecnocientífica; no hay ya tanto una búsqueda de la verdad como una búsqueda de la transformación y el control de la naturaleza y las sociedades.⁴²

En el proyecto de sociedad del conocimiento neoliberal, la verdad sigue erigiéndose como instrumento para convencer de su viabilidad. Este es sólo un ejemplar dentro del conjunto de proyectos antidemocráticos, contrarios a los valores de justicia y autodeterminación, que se presentan –paradójicamente– como procesos modernos democráticos, justos y libres, *porque dan la apariencia de estar acorde con los supuestos axiológicos de una idealizada racionalidad científica, que adquiere su validez por su supuesta conexión con la verdad y de ésta con la libertad. Quien posee las verdades, posee libertad.*

Sin embargo, las idealizaciones modernas que se movilizan en los discursos políticos actuales han mutado ante el peso de fuertes evidencias históricas respecto al doble filo que ostenta el desarrollo tecnocientífico. Por ello, proyectos políticos antidemocráticos, basados en los supuestos neoliberales, han dejado de apelar a la autoridad de la ciencia como argumento de validación, y han movilizado, en cambio, el discurso de que es necesario adoptar el proyecto de una sociedad del conocimiento por conveniencia e interés comunitario. Así, aun cuando no buscan la verdad, las naciones que ostentan el poder económico se aseguran la aceptación global de un proyecto político que les permita garantizar su viabilidad económica, al relacionar tal proyecto con la noción moderna de conocimiento.

⁴² J. Linares (2008). Véase la primera parte sobre “los anunciadores del riesgo mayor”.

El reto en los niveles microfísicos

O bien la reforma es realizada por personas que se pretenden representativas y que hacen profesión de hablar por los otros, en su nombre, y entonces es un remodelamiento del poder, una distribución del poder que va acompañada de una represión acentuada, o bien es una reforma reclamada, exigida por aquellos a quienes concierne y entonces deja de ser una reforma, es una acción revolucionaria que, desde el fondo de su carácter parcial, está determinada a poner en entredicho la totalidad del poder y de su jerarquía.

Guilles Deleuze⁴³

Falta hacer una aclaración en torno a este proyecto neoliberal centrado en el conocimiento: nótese que el prejuicio moderno es uno que toda nación comparte, y esto permite que los juegos de poder, que ya describiera Michel Foucault como microfísicos, con ocurrencia local, adquieran una fuerte institucionalización global. La propuesta que alguna vez hiciese Estados Unidos para asegurar su capital intelectual no hubiera prosperado de no ser porque todos los países que constituían la OCDE, que tienen deudas con el FMI y con el BM, creen en el conocimiento en términos modernos. El sometimiento a este sistema neoliberal no se ejerce desde los países poderosos por un acto de fuerza contra países tercermundistas. El sometimiento que *emerge como resultado de esta relación internacional* ocurre porque todos compartimos un prejuicio moderno en torno al valor del conocimiento científico. Este prejuicio nos hace considerar al conocimiento científico como condición *suficiente* para mejorar nuestras sociedades. Y esta asunción, en consecuencia, ha llevado a toda nación a perseguir un proyecto *ontológicamente inequitativo*: no es posible que todo país o región involucrada en este sistema neoliberal pueda constituirse como productor de valores de mercado que se pueden patentar. Esto no puede ocurrir porque no hay maquila, mano de obra especializada, ni disposición de servicios sin conocimientos patentados, y viceversa. Alguien tendrá que hacer el trabajo sucio, aunque nadie lo quiera como perspectiva futura.

⁴³ "Los intelectuales y el poder. Entrevista a Michel Foucault-Gilles Deleuze", en *Microfísica del poder*. España: Ediciones La Piqueta, 1992.

Eso lo podrán saber los politólogos que intervienen en la OCDE, pero el comunicador de la ciencia o el profesor de secundaria que explica lo que es el método científico, o el propio físico que produce discursos en torno a su conocimiento como descripción de la realidad, no tienen por qué saber que refuerzan un sistema ontológicamente inequitativo. El problema es que la microfísica del poder que señala Foucault, y que se ve impulsada por la creencia compartida en una idealización moderna de conocimiento, ocurre a nivel de las escuelas, en los medios y en las instancias de creación tecnocientífica. Toma forma detrás de cada proyecto político de nuestro siglo. En cada espacio microfísico hay instancias que refuerzan la creencia de que el conocimiento científico es todo lo que se necesita para progresar. Esto conlleva su propio peligro, porque bajo tal asunción no podemos ni localizar las trampas en las que nos hemos metido, ni podemos encontrar otros modos de estructurar las relaciones regionales y globales. El peligro más grande que enfrentamos es el que advirtiera Michel Serres: todo aquello que reduce las posibilidades de ser, de existir, es violencia. Al asumir el proyecto pseudomoderno de sociedad del conocimiento, aceptamos un modo de existir que limita las posibilidades de ser de regiones enteras. Hemos elegido un sistema ontológicamente violento.

Es necesario, pues, cambiar la imagen idealizada que se tiene del conocimiento y de su papel en la configuración de sociedades justas. Bien advierte Fernando Broncano al decir que el conocimiento es necesario pero insuficiente y falto cuando lo que se busca es un ordenamiento justo de la sociedad.⁴⁴ El conocimiento, ya se ve, por sí mismo no garantiza que vivamos en un mejor mundo.

No hay duda: pueden haber modelos de comunicación y educación de la ciencia en los cuales se intente desmembrar la perniciosa relación que hay en la mente pública entre la idea de bienestar social y la idea científicista de conocimiento tecnocientífico. Un proyecto responsable para *decir* la tecnociencia a otros debería explicitar el asunto: que la producción de conocimientos no es suficiente para mejorar la vida de los ciudadanos. También debería exponer la posibilidad de que haya diversas formulacio-

⁴⁴ F. Broncano, p. 150.

nes de sociedades erigidas con el conocimiento como pilar, y que es responsabilidad de todos determinar e instaurar aquella que mejor se adapte a las contingencias y necesidades regionales, con base en los valores de justicia, autonomía y libertad locales. También es necesario aclarar en los niveles microfísicos que aun con la democracia, con la participación y con la autodeterminación, no hay garantía de que los resultados obtenidos serán benéficos.

Aun asumiendo lo anterior, la comunicación de la ciencia y la educación en ciencia no pueden resolver los problemas de injusticia, autoritarismo, violencia social y ecológica que vive nuestro planeta, sólo por cambiar el modelo para decir la tecnociencia a otros. Los proyectos comunicativos y educativos que tienen relevancia y presencia constante en un sistema político dado, *la tienen porque son coherentes con ese sistema ya institucionalizado*. Sin un cambio en la generalidad de los niveles microfísicos no hay comunicación ni educación crítica que prospere, pues lo que se está poniendo en juego no es un proyecto político impuesto por abusivos a sometidos, sino la elección de sistemas axiológicos distintos que configuran sociedades diferentes. Ejemplos sobran, de proyectos educativos y comunicativos que han caído en el vacío y la desarticulación porque hay un desencuentro axiológico entre los grupos sociales involucrados en el acto microfísico de la comunicación y la enseñanza de las ciencias. Sin duda, es necesario un cambio de paradigma conceptual desde el nivel microfísico, que tenga el tiempo suficiente de establecerse a niveles institucionales.

REFERENCIAS

- Broncano, Fernando (2006), *Entre ingenieros y ciudadanos. Filosofía de la técnica para días de democracia*. España: Montesinos.
- Foucault, Michel (1992), *Microfísica del poder*. España: Ediciones La Piqueta.
- Guevara Villegas, Aline (2009), *Visualizar lo invisible: intercambios y mutaciones entre esferas de conocimiento*. México: Proyecto de tesis de maestría (en proceso).
- Irwin, Alan (2009), "Moving forwards or in circles? Science communication and scientific governance in an age of innovation", en Holliman *et. al.* (eds.), *Investigating Science Communication in the Information Age*. New York: Oxford University Press.
- Latour, Bruno (2010), *On the Modern Cult of the Factish Gods*. USA: Duke University Press.
- Linares, Jorge E. (2008), *Ética y mundo tecnológico*. México: Fondo de Cultura Económica/UNAM.
- Olivé, León (2004), *El bien, el mal y la razón*. México: Paidós/UNAM.
- Queraltó, Ramón (2008), "Mutación de la ética en la sociedad tecnológica contemporánea. Ética y felicidad humana", *Ludus Vitalis* XVI (30): 165-196.
- Riechmann, Jorge (2005), "¿Cómo cambiar hacia sociedades sostenibles? Reflexiones sobre biomimesis y autolimitación", *Isegoria* 32: 95-118.
- Robertson, Susan L. (2008), "«Producing» Knowledge Economies: The World Bank, the KAM, Education and Development", published by the Centre for Globalisation, Education and Societies. United Kingdom: University of Bristol. <http://susanleerobertson.files.wordpress.com/2009/10/2008-simons-kam.pdf>
- Thorsen, Dag Einar (2009), "What is Neoliberalism?", publicado de forma electrónica por el Departamento de Ciencia Política. Noruega: Universidad de Oslo. <http://folk.uio.no/daget/What%20is%20Neo-Liberalism%20FINAL.pdf>
- Velasco, Ambrosio (2003), "La revolución hobbesiana", en Benítez, *et. al.* (eds.), *Filosofía moral y filosofía natural en la modernidad*. México: UNAM.

Esta es una página en blanco.

IDEOLOGÍA, CULTURA Y ENSEÑANZA

*Flavio Cocho Gil**

PALABRAS INICIALES

Esta exposición presenta en forma resumida, un conjunto de tesis sobre ideología pero añadiendo, para mayor claridad de la exposición, el mínimo de explicaciones necesarias en lo que atañe a cómo la ideología es determinada en última instancia, y de forma dialéctica, por factores económicos.

De ese doble compromiso, concisión y claridad, surge este documento de “longitud intermedia”.

Por otra parte, el objetivo de este trabajo es, en sus apartados A y B, allegar elementos teóricos de juicio mínimos que permitan en el último, apartado C, abordar el estudio de las funciones ideológicas de la universidad capitalista. Es preciso advertir que se trata de una exposición resumida y muy general de tal problema. Por otra parte, se han omitido conscientemente estudios sobre temas de enorme importancia en lo que concierne a la universidad capitalista, por ejemplo, las funciones económicas que esta última cumple y el papel que juega a nivel de superestructura política, o bien temas cruciales como la naturaleza de clase del estudiantado y del magisterio.

* Profesor fundador del Programa de Ciencia y Sociedad de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Originalmente publicado de forma mimeográfica el año 1979, y dentro de las “Comunicaciones Internas” del Departamento de Matemáticas de la misma facultad, este trabajo fue desarrollado como parte de las labores del Programa de Ciencia y Sociedad. Se reproduce aquí con el propósito de contribuir a la recuperación de la memoria histórica.

Finalmente, queremos recomendar dos obras que han jugado un papel básico en la redacción de esta exposición:

Braverman, Harry (1975), *Trabajo y capital monopolista. La degradación del trabajo en el siglo XX*. México: Editorial Nuestro Tiempo.

Macciocchi, María Antonietta (1980), *Gramsci y la Revolución de Occidente*. México: Siglo XXI.

A. TESIS SOBRE MECANISMOS Y MANIFESTACIONES DE INTEGRACIÓN IDEOLÓGICA

1. EN EL MODO de producción capitalista, en el estudio del capitalismo monopolista de Estado y en la época de la revolución científico-técnica y de la automatización, la división técnica del proceso de trabajo produce en una creciente masa de asalariados, integrados en el proceso productivo y en los procesos de circulación y distribución de mercancías, lo siguiente:

- a) La enajenación del asalariado del producto de su trabajo y de todo control o iniciativa sobre el mismo, en virtud de la taylorización y la administración científica capitalista que, al reducir toda actividad humana a simples “reflejos automáticos y condicionados”, intenta económicamente aumentar la producción, intensificando así la acumulación capitalista, vía el aumento de la plusvalía relativa de la que se apropia el capital.
- b) Con lo anterior, es decir, con la transformación de la actividad laboral del asalariado en trabajo enajenado, embrutecedor y reductor de la capacidad de raciocinio del ser humano, se reduce la resistencia ideológica del asalariado a la penetración ideológica burguesa; en esta medida, la división técnica capitalista del trabajo, y en general de toda actividad humana, se transforma en un importantísimo *mecanismo* de integración ideológica del ser humano a favor de los intereses de clase de la burguesía, esto es, a favor del mantenimiento de las relaciones sociales de producción capitalista.

2. AHORA BIEN, por otra parte, la división social capitalista del trabajo, establece un tipo de explotación sobre los asalariados,

colectiva y uniforme: el hecho de que el enajenante proceso técnico capitalista del trabajo uniformice colectivamente, por obra de la división social del trabajo, a una creciente masa de asalariados en la explotación económica y física que ejerce el capital, propicia en éstos la solidaridad mutua, tanto económica, como política e ideológica. En esa medida, la división social capitalista del trabajo uniformiza colectivamente a una creciente masa de asalariados, en el sentido de identificarlos mutuamente en intereses anticapitalistas.

3. SE PRODUCE, en consecuencia, la siguiente *contradicción dialéctica*:

- a) "Factor capitalista": el *proceso técnico* del trabajo tiende a actuar como un mecanismo de integración ideológica burguesa, vs.
- b) "Factor anticapitalista": la *división social* del trabajo tiende a identificar mutuamente, en intereses anticapitalistas, a una creciente masa de asalariados.

En última instancia, esta lucha dialéctica se resuelve en forma anticapitalista, con el surgimiento de una creciente masa asalariada de "instinto" anticapitalista. (Entendiendo por "instinto" anticapitalista una primera protesta social contra las formas más visibles y superficiales de la explotación capitalista).

Es en ese sentido que, por ejemplo, ya en el pasado Marx dijera que el capitalismo al desarrollarse crea su propio sepulturero, el proletariado, y que la única clase social revolucionaria es la clase obrera.

4. EL SURGIMIENTO de este "instinto" anticapitalista es un proceso que se acelera y cambia cualitativamente, esto es, se transforma en *conciencia* anticapitalista, de mayor medida en tanto más grande sea el choque entre la "alta preparación cultural y calificación en el trabajo vs. realización de una cada vez más descalificada y enajenante actividad laboral".

Así pues, debe mencionarse la contradicción dialéctica entre:

- a) "Factor capitalista": realización de una cada vez más descalificada y enajenante actividad laboral, impuesta por el capital, vs.

- b) “Factor anticapitalista”: alta preparación cultural y calificación en el trabajo, de la masa asalariada sometida al capital;

lo que tiende a transformar el “instinto” anticapitalista en *conciencia* anticapitalista, tanto más rápidamente cuanto mayor sea el peso de lo que hemos llamado el “factor anticapitalista”.

5. EL TRÁNSITO de “instinto” a conciencia anticapitalista puede ser propiciado o bien retardado:

- a) Puede ser propiciado por la acción, política e ideológica, de organizaciones revolucionarias actuando sobre la masa asalariada (sindicatos, partidos y otras formas eventuales de organización);
- b) Puede ser retardado por el capitalismo; precisamente para oponerse, rechazar o mediatizar la posible consolidación de una conciencia anticapitalista es que a la burguesía se le hace imprescindible un aparato estatal (superestructura política de coerción) y un aparato ideológico (superestructura ideológica de consenso social), con el objetivo último de defender sus intereses de clase: la existencia de las relaciones sociales de producción capitalistas.

6. EN CONSECUENCIA, si bien es en sí “intrínsecamente” cierto que la forma técnica de explotación capitalista, ejercida en el proceso de trabajo, es un mecanismo de integración ideológica burguesa, es un error de juicio considerarlo como el mecanismo único y básico de dicha integración; esto es, precisamente porque dicho mecanismo de integración ideológica burguesa no es capaz de evitar históricamente el surgimiento de un “instinto” o conciencia anticapitalista en una creciente masa asalariada, que, a la burguesía, se le hace necesario tanto el Estado, como mecanismos de coerción-represión, así como el inculcar “manifestaciones ideológicas burguesas”, de consenso social, a todo lo largo y ancho de la sociedad capitalista.

Es en esta medida que todos los pensadores marxistas, desde Carlos Marx a la fecha, han dicho y dicen que para el mantenimiento de las relaciones sociales de producción capitalistas

(nivel económico), la burguesía necesita a su servicio un Estado (nivel político superestructural) coercitivo-represivo, y una "ideología burguesa hegemónica" (nivel ideológico superestructural), imperante sobre toda la sociedad y que logre el consenso social de esta última en favor del mantenimiento de los intereses de clase de la burguesía.

7. LAS MANIFESTACIONES ideológicas que inculca la burguesía a toda la sociedad, con objeto de evitar el surgimiento de una conciencia anticapitalista en la sociedad, esencialmente en las clases y capas sociales explotadas por el capital, tienen como objetivos:

- a) A *nivel económico*: en última instancia, lograr el mantenimiento y continuación de las relaciones sociales de producción capitalistas, pues de eso depende la existencia misma de la burguesía como clase social históricamente dominante.
- b) A *nivel ideológico* superestructural: lograr en parte también esto último, inculcando la idea de que "el modo de producción capitalista es el mejor de los mundos posibles"; cabe pues, reformarlo pero no eliminarlo históricamente.

En la última frase decimos 'lograr en parte' porque, en última instancia, si están en peligro de desaparición las relaciones sociales de producción capitalista, en momentos de crisis (por ejemplo en presencia de una situación revolucionaria), la burguesía ha recurrido, recurre y recurrirá a la coerción-represión directa vía el Estado.

8. EN EL MODO de producción capitalista, en el actual estado del capitalismo monopolista de Estado, *algunas* de las manifestaciones ideológicas básicas que inculca la burguesía socialmente, son:

- a) El culto al *eficientismo*.
- b) El culto al *consumismo*.
- c) El culto a la *neutralidad de la cultura*, en particular de la "ciencia".

- d) La idea de que los centros académicos “ofrecen una amplia posibilidad de movilizarse socialmente, desde los más bajos estratos sociales hasta la cúspide social.
- e) El culto a la “revolución científico-técnica” como generadora, *per se*, de una creciente calificación técnico-científica en los asalariados y, en general, de una aplicación del ámbito cultural del ser humano.
- f) El culto al *autoritarismo*.
Y como la manifestación ideológica burguesa más básica y que incluye a las anteriores:
- g) Se inculca, se propicia, la incapacidad de pensar en el ser humano, en particular, en la creciente masa de asalariados sometida al capital; esto es, la burguesía intenta desnaturalizar y pervertir el proceso científico de adquisición de todo conocimiento.

Al respecto de las anteriores manifestaciones ideológicas burguesas, se deben mencionar, tanto su origen y motivación al nivel económico, determinante en última instancia, como la forma dialéctica en que dichas manifestaciones se elaboran, a saber:

Origen y motivación (capitalista) económica

En última instancia, el objetivo básico de la burguesía es lograr el máximo beneficio económico, esto es, *acumular capital*. Dadas las relaciones sociales de producción capitalistas, ese objetivo lo logra la burguesía *apropiándose de la plusvalía*, esto es, apropiándose indebidamente del trabajo social de los demás. En esa medida, la acumulación capitalista será tanto más grande cuando:

1. Sea mayor la plusvalía generada en los procesos productivos.
2. Más fácilmente pueda realizarse la plusvalía vía los procesos de circulación y distribución de mercancías, esto automáticamente implica, para el capital, la necesidad de ampliar el mercado de consumo, es decir, la capacidad de absorción del mercado a cuanta mercancía produce el capitalismo –independientemente de su valor de uso– deberá, pues, ser incrementada indefinidamente.

Así, pues, a la burguesía le es absolutamente necesario:

1. Aumentar la *eficiencia* del proceso de generación de plusvalía, de suerte tal que se incremente tanto la productividad como el volumen de producción de mercancías;
2. Aumentar indefinidamente el *consumo* de las mismas por parte de toda la sociedad.

Consecuentemente, está de más decir que —a nivel de la superestructura ideológica— le será preciso a la burguesía inculcar ideológicamente a toda la sociedad los cultos al eficientismo y al consumismo como “medida de todo progreso social”, las dos primeras manifestaciones ideológicas que se han mencionado.

Por otra parte, si la burguesía ha de lograr que la sociedad comulgue con la “idea científica y lógica” de que el eficientismo y el consumismo son la medida de todo progreso social, deberá intentar “demostrarlo” de tal suerte que la “imparcialidad científica” lo afirme, y *no la burguesía en sí*, evitando así presentarse socialmente como juez y parte.

Esto último obliga objetivamente —si bien no es la única motivación burguesa que a ello contribuye— a inculcar a toda la sociedad la falacia de la “neutralidad” (económica, política e ideológica) de la cultura y de la “ciencia”, tercera manifestación ideológica mencionada.

Cuando se habla aquí de cultura debe aclararse que no existe cultura en abstracto, que es lo que precisamente pretende la burguesía, sino, valga la frase, “cultura de la sociedad en un cierto estadio histórico de su desarrollo”; en función de esto, diremos aquí que la cultura (social) de una época histórica es el conjunto de ideas o manifestaciones ideológicas del conjunto de la sociedad en tal o cual estadio histórico de su desarrollo, lo que va desde la literatura hasta el derecho (nuestras concepciones “legales” sobre la noción de Estado) y desde el arte hasta las ciencias naturales y exactas. En última instancia no hay que perder de vista que la “cultura de una época” es, *grosso modo*, la cultura de la clase social dominante en esa época y que, en esta medida, tiene, a nivel de superestructura ideológica, la función básica de defender y consolidar la existencia de las relaciones sociales de producción que sustentan a la clase social dominante.

Ahora bien, en última instancia, e independientemente de las manifestaciones ideológicas que intente o logre socialmente inculcar la burguesía, es un hecho evidente, inocultable, que sólo una minoría social se beneficia con la existencia de las relaciones sociales de producción capitalistas. En tales condiciones y de acuerdo a la óptica social de la misma burguesía, esta última se siente obligada a ofrecer demagógicamente parte de los “beneficios” (económica y políticamente) al resto de la sociedad, para así intentar comprar, sobornar, mediatizar, al posible y eventual futuro enemigo de clase. Se dice aquí ‘demagógicamente’, en el sentido literal de la palabra: hacer un ofrecimiento que no se cumplirá.

Todo lo anterior lleva objetivamente a la burguesía a intentar “demostrar científicamente” que “todo el mundo” puede escalar la cúspide social, “todo el mundo” puede, capitalistamente, triunfar en la vida; esto es, se hace preciso demostrar que “incluso si no se tiene inicialmente capital”, la sociedad capitalista ofrece una amplia oportunidad de movilidad social, *para todos*, desde los más bajos estratos sociales hasta la cúspide social. Pero como, no obstante todo, es obvio socialmente que aquel que no posee capital no escala la cúspide social en el modo de producción capitalista, a la burguesía se le hace necesario inculcar la idea de que “no sólo es cuestión de poseer inicialmente capital, sino que también es necesario poseer una amplia preparación cultural”, lo que lleva a la burguesía, en línea recta, a la necesidad de inculcar socialmente la idea de que la preparación cultural *individual* es un factor de movilidad *social* –ocultando así la realidad de la explotación social– por tanto, los centros académicos que ofrecen dicha preparación cultural individual son también un factor de movilidad social, en el sentido de que la permiten y la propician. Surge así la cuarta manifestación ideológica burguesa mencionada.

En parte de lo que se ha dicho anteriormente se ha mencionado que ideológicamente la burguesía pretende presentar a la cultura, y en particular a la ciencia (y por tanto a la tecnología), como *neutros* política, económica e ideológicamente. Esta es una primera motivación burguesa que obliga al capitalismo a intentar demostrar que, *per se*, la ciencia y la técnica son “intrínse-

camente" factores de *progreso social* –independientemente de la existencia de las relaciones sociales de producción capitalistas– de ahí que, por ejemplo, se intente demostrar que la revolución científico-técnica "aumenta" la calificación técnica y científica cultural de todo asalariado. Una segunda motivación burguesa, que va en el mismo sentido, es el intento capitalista de utilizar, a favor de sus mismos intereses de clase, a las organizaciones políticas opositoras, a las organizaciones políticas de la misma clase trabajadora. Esto lo logra parcialmente si consigue inculcar la idea de que la revolución científico-técnica, en el seno mismo de las organizaciones políticas de la clase trabajadora, *per se*, es factor de progreso y emancipación social ya que, de lograr tal objetivo, la burguesía conseguirá el apoyo de las organizaciones políticas de la clase trabajadora para el desarrollo económico *del capitalismo* y de su consolidación. En esa medida, la quinta manifestación ideológica burguesa mencionada es una manifestación básica.

En cuanto a la sexta manifestación ideológica burguesa mencionada, el culto al autoritarismo, no amerita mayor justificación: en *toda* sociedad estratificada en clases sociales, por tanto en jerarquías, el culto al autoritarismo no es otra cosa que la más elemental y evidente justificación burguesa de la existencia de éstas. En esa medida, pues, sale sobrando decir que es básica.

En cuanto a la séptima y última, la que propicia la incapacidad de pensar en el ser humano, y que intenta desnaturalizar y pervertir todo proceso científico de adquisición del conocimiento, su importancia es obvia: recalcamos que contiene a las anteriores y, en última instancia, trata de ocultar el hecho de que las relaciones sociales de producción capitalistas son relaciones sociales de explotación en todos sentidos.

Antes de seguir adelante, cabe hacer las observaciones siguientes: al hablarse de *algunas* manifestaciones ideológicas básicas que inculca socialmente la burguesía, se está *implícitamente* aclarando que no hemos mencionado todas, ni todas las que pudieran mencionarse pueden denominarse básicas, si bien en beneficio del capital pueden ser igualmente importantes. Se introduce aquí, pues, una diferencia conceptual entre lo básico y lo importante, para el capital, que debe aclararse.

Por *básico* se quiere entender aquí aquella manifestación ideológica que se desprende directa y *explícitamente* de una necesidad *prioritaria* del aparato productivo capitalista y que además es *independiente* de otras manifestaciones ideológicas (léase “su existencia no depende de la existencia de las otras”).

Dos ejemplos: el eficientismo es consecuencia directa y explícita de la necesidad prioritaria (por excelencia) de incrementar la acumulación capitalista vía el incremento de la plusvalía relativa, todo esto muy independientemente de que en otras épocas y en otros modos de producción social haya habido o haya culto al eficientismo; por otra parte, el eficientismo capitalista existe independientemente de la eventual existencia o no del culto al dogma del consumismo, el que a su vez es consecuencia directa y explícita de la necesidad prioritaria (por excelencia) de realizar en la distribución-venta de mercancías, la plusvalía relativa; sin consumo no hay venta de mercancías, y sin ésta no hay, en última instancia, acumulación capitalista. Vemos además que los dos ejemplos mencionados adquieren particular importancia en la época del capitalismo monopolista de Estado, en la cual la productividad y el volumen de producción capitalista se han incrementado a su máximo.

Por *importante* se quiere entender aquí, no solamente las anteriores manifestaciones ideológicas básicas ya mencionadas, sino *las que en última instancia y en forma indirecta* también contribuyen eficazmente a consolidar la hegemonía ideológica de la burguesía y que, además, pueden ser *implícitamente y en “segunda instancia”* consecuencia de la combinación ideológica de dos o más manifestaciones ideológicas básicas de la burguesía.

Un ejemplo: el culto a la meritocracia –que puede tener muy diferentes contenidos según el modelo de producción social en el que se encuadra– es, en el modo de producción capitalista, una consecuencia “en segunda instancia” de combinar socialmente más de una manifestación ideológica de la burguesía; en efecto, es resultado tanto de “abandonar la capacidad de adquirir científicamente todo conocimiento”, como del culto al eficientismo y del culto a la “creencia en la posibilidad de movilizarse socialmente hacia la cúspide social capitalista (sin necesidad de capital) por obra y gracia de la llamada capacidad individual”.

En efecto, hay que perder la capacidad de pensar para creer que haciendo méritos a favor de los intereses del capital, siendo más eficiente en su servicio, se tiene asegurado absoluta e inevitablemente el ascenso social a la cúspide de la sociedad capitalista.

Ahora bien, ¿por qué separar artificialmente, se preguntará el lector, las manifestaciones ideológicas burguesas en básicas y no-básicas si, en última instancia, tanto unas como otras pueden ser de igual importancia para la defensa, a nivel ideológico, de los intereses de clase de la burguesía? La respuesta, creemos, se ajusta al pensamiento gramsciano en la forma siguiente: lo importante de adquirir tal o cual conocimiento reside en la capacidad de normar nuestros criterios *en la práctica política concreta* de la lucha de clases, en este caso ideológica, por transformar revolucionariamente a la sociedad; ahora bien, si bien podemos y debemos criticar todas y cada una de las manifestaciones ideológicas burguesas, si deseamos construir una perspectiva revolucionaria, *no* podemos atacar radicalmente y a fondo todas y cada una de las innumerables manifestaciones ideológicas de la burguesía, sólo fuera porque no poseemos en la práctica el suficiente número de cuadros revolucionarios preparados para llevar a cabo tal tarea (por cierto, no la única tarea revolucionaria a realizar).

Así pues, debemos objetivamente en la práctica, nos guste o no, *priorizar* nuestros objetivos de ataque y en ese sentido deben combatirse prioritariamente aquellas manifestaciones ideológicas básicas sobre las que, en última instancia, se sustentan todas los demás; de otro modo, lo único que se logra es corregir y hacer más eficientes, por tanto, las concepciones ideológicas fundamentales de la burguesía.

Que el lector nos perdone, pero la mejor ilustración de lo dicho nos parece dada en la siguiente metáfora literaria: "A la Hidra de Lerna, no se la combate eficazmente cortándole tentáculos que pronto se reproducen, sino atacándola en el centro, en la cabeza".

Forma dialéctica como se elaboran las mencionadas manifestaciones ideológicas burguesas

i. EN PRIMER LUGAR su “elaboración dialéctica” obedece a la ley fundamental de la lógica dialéctica, de la lógica marxista, la *ley dialéctica de la negación*, esto es, las manifestaciones ideológicas que elabora la burguesía *tratan de negar* la realidad social; las manifestaciones ideológicas anteriormente mencionadas *pretenden ocultar*, de todas las maneras posibles, a las relaciones sociales de explotación capitalistas.

Basta un ejemplo: se habla de “neutralidad de la cultura” precisamente cuando es un hecho que ni la cultura, ni la ciencia en particular, son neutras política, económica e ideológicamente.

Es, en este sentido, que cabe decir que –al punto de vista capitalista– el mayor mérito de la ideología burguesa consiste en lograr hacer creer: uno, que tal ideología *no* existe; y dos, que no hay relaciones sociales de explotación capitalistas.

ii. EN SEGUNDO LUGAR, la “elaboración dialéctica” de las manifestaciones ideológicas burguesas implica:

Uno. Todo un conjunto de “movimientos dialécticos del pensamiento”, tales como *procesos* de análisis-síntesis, inducción-deducción, “paso de lo concreto a lo abstracto”, todos aquellos otros procesos descritos y estudiados por la teoría marxista del conocimiento.¹

Dos. Una *reelaboración* de la realidad en el sentido que –si bien siempre se constituye a partir de elementos de la misma y en este sentido es su reflejo– finalmente la *deforma* y, en el caso concreto estudiado, la niega: la misma burguesía *niega* la existencia de la explotación social que impone. Es exclusivamente en este único sentido que puede hablarse, sin caer en posiciones filosóficas idealistas, de que “se han creado tales o cuales manifestaciones ideológicas burguesas”.

9. HASTA AQUÍ, excepción hecha del caso de la división técnica del proceso de trabajo, se ha hablado únicamente de *manifestaciones* ideológicas burguesas, y no de los *mecanismos* (o vehículos)

¹ Empleamos aquí la nomenclatura de Lefebvre, Henri (1977), *Lógica formal y lógica dialéctica*. Madrid: Siglo XXI.

vía los cuales se inculcan, propagan y distribuyen socialmente tales manifestaciones.

En cuanto a *mecanismos* de integración ideológica, y cuáles son, debemos responder en la forma que ya lo hiciera Gramsci: son *todos* los incluidos en las nociones de *sociedad civil* y *sociedad política*, esto es, todos los que hacen explícita y directamente referencia al aparato productivo, circulativo y distributivo de mercancías al nivel económico (más el caso ya mencionado de la división técnica del proceso de trabajo).

No nos es obviamente posible enunciar todos y cada uno de dichos mecanismos pero, no obstante, sí podemos mencionar algunos relevantes. Un análisis concreto y detallado de ellos obliga, asimismo, a un análisis concreto y detallado del particular tipo de formación social en el que históricamente se enmarquen.

Algunos de estos mecanismos son:

- A nivel de *sociedad política*: el gobierno, todas las instancias jurídico-políticas del Estado, los partidos políticos, los sindicatos, las organizaciones políticas en general.
- A nivel de *sociedad civil*: los medios de comunicación de masas (radio, TV, prensa, publicaciones en general), los medios de comunicación individual (por ejemplo la “educación familiar”), los *centros académicos de todo tipo*, las asociaciones culturales, profesionales y científicas; las organizaciones confesionales o religiosas.

Repetimos, se trata de *algunos* mecanismos y su importancia relativa *depende del caso concreto* de la formación social históricamente concreta que se estudie.

B. AGENTES DE INTEGRACIÓN IDEOLÓGICA

1. HEMOS HABLADO de manifestaciones y mecanismos de integración ideológica burguesas, y de la forma dialéctica como dichas manifestaciones se elaboran a partir de la realidad concreta, en particular, de la estructura económica determinante en última instancia. No obstante, hemos omitido hablar de *quiénes son* los *agentes* que elaboran, hacen circular y distribuyen la ideología burguesa a todo lo largo y ancho de la sociedad hasta, fi-

nalmente, lograr que toda la sociedad piense que “el modo de producción capitalista es el mejor de los mundos posibles”, esto es, hasta lograr que sea parte de la “filosofía popular y del sentido común” el pensar que deberán existir siempre relaciones sociales de producción capitalistas.

Los agentes ideológicos encargados socialmente por la burguesía de realizar tal tarea constituyen el objetivo básico de los estudios marxistas que realizara, en la década de los treinta del siglo XX y en su obra inconclusa *Los cuadernos de la cárcel*, Antonio Gramsci. A él nos referimos en este tema por considerar que ha sido el pensador marxista que más profundamente lo estudió.

Eso nos obliga a hacer una referencia somera sobre algunas aportaciones básicas al marxismo del pensamiento gramsciano: las nociones de *bloque histórico* y de *intelectual orgánico*.

2. *Bloque histórico*. En toda formación social históricamente concreta se configura, se realiza una alianza económica, política e ideológica entre ciertas clases, capas sociales, fracciones de clase y grupos sociales (incluso, a veces, de diferentes clases sociales) con los objetivos de:

- a) Defender *globalmente*, a nivel económico, político e ideológico, los intereses de lo que hemos denominado bloque histórico y en el seno del cual *siempre hay una clase social* (por ejemplo, la burguesía) *dominante y hegemónica*, esto es, una clase social cuyos intereses de clase deben ser *prioritariamente* defendidos por el bloque histórico. Por ejemplo, la defensa prioritaria de relaciones sociales de producción capitalistas constituye un bloque histórico socialmente dominante y hegemónico.
- b) En la medida de lo anterior, defender *en particular* los intereses de clase de la clase social dominante en el bloque social dominante (bloque histórico) y muy en particular, defender primordialmente los intereses de clase de tal o cual fracción social de la clase social dominante y hegemónica. Puede tratarse, por ejemplo, de la clase de la oligarquía financiera en una formación social históricamente concreta, en un momento histórico dado.

La importancia concreta de la noción de bloque histórico reside

en que, *en concreto y en la práctica*, la lucha de clases toma características dialécticas sumamente complejas, esto es, raramente en la práctica se afrontan “clase antagónica contra clase antagónica”, en forma uniforme, monolítica y radical, y en ausencia de “aliados colaterales” sociales; en la práctica, raramente la lucha de clases a nivel económico (determinante en última instancia) se refleja lineal, automática e instantáneamente en el tipo de lucha de clases en curso al nivel superestructural de la política y de la ideología.

Por así decirlo, la noción de bloque histórico es a la noción de formación social históricamente concreta, lo que la noción de clase social es a la noción de modo de producción social.

3. *Intelectual orgánico*. Para mantener, por un lado, la cohesión *interna* del bloque histórico y, por otro lado, para mantenerlo como dominante (económica y, consecuentemente, políticamente) y hegemónico (ideológicamente) sobre el resto de la sociedad, se hace preciso –“a partir de la alianza de intereses económicos (determinantes en última instancia) que justifican la existencia del bloque histórico”– integrar ideológicamente a toda la sociedad, de tal suerte que:

- a) las diferentes componentes sociales del bloque histórico sean conscientes históricamente de su propio *destino manifiesto*, esto es, que el mantenimiento del bloque histórico esté por encima de las diferencias particulares (económicas y políticas) de fracciones o grupos que lo constituyan: de esta suerte, y en última instancia, se defenderían prioritariamente los intereses de la clase social dominante en el bloque histórico socialmente dominante.
- b) el resto de la sociedad se someta, de ser posible “de buen grado” –de otro modo se recurrirá a la coerción-represión de los aparatos estatales– al dominio económico, por tanto político, del bloque histórico dominante.

Tan compleja tarea de cohesión social a nivel ideológico -al respecto de la cual ya hemos mencionado manifestaciones y mecanismos de integración ideológica- la realizan ciertos agentes sociales que Gramsci llamara *intelectuales orgánicos*, sobre los cuales se debe aclarar lo siguiente:

a) Aquí conviene dejar hablar a Gramsci:²

Cuando se establece la distinción entre intelectuales y no intelectuales, en realidad se está haciendo mención al inmediato ejercicio social de la categoría profesional de los intelectuales; es decir, se considera la dirección en que recae el mayor volumen de la actividad profesional: si se produce en energía intelectual o en esfuerzo nervio-muscular. Esto significa que si bien se puede hablar de intelectual, no podemos referirnos a no intelectuales, porque el no intelectual no existe. Pero la relación entre el esfuerzo de trabajo intelectual-cerebral y el muscular-nervioso, no es siempre uniforme, ya que se presentan diversas calidades de ocupación intelectual. No existe humana facultad de obrar de la que quepa excluir toda intervención intelectual; no se puede separar el *Homo faber* del *Homo sapiens*. En fin, todos los hombres, al margen de su profesión, manifiestan alguna actividad intelectual, y ya sea como *filósofo*, artista u hombre de gusto, participa de una concepción del mundo, observa una consecuente línea de conducta moral y, por consiguiente, contribuye a mantener o a modificar un concepto universal, a suscitar nuevas ideas. Por tanto, el problema de crear un nuevo tipo de intelectual radica en desarrollar críticamente la manifestación intelectual –que en todos, en cierto grado de evolución, existe– modificando su relación con el esfuerzo muscular-nervioso en un nuevo equilibrio, consiguiendo que éste, como elemento de actividad práctica general que renueva perpetuamente el mundo físico y social, se convierta en el fundamento de una nueva e integral concepción del mundo. El tipo tradicional de intelectual se confiere vulgarmente al literato, al filósofo, al artista. Por eso, los periodistas que se creen escritores, filósofos o artistas se consideran también *verdaderos* intelectuales. En la vida moderna, la educación técnica debe estar estrechamente conectada al trabajo industrial, aun el más primario y descalificado, debe formar la base del nuevo tipo de intelectual.

² Gramsci, A. (1967), *La formación de los intelectuales*. México: Grijalbo, Colección 70, pp. 26–27.

Debe notarse en el texto anterior el hecho clave de que no existen los no-intelectuales: el separar lo manual de lo intelectual sería tanto como separar, cayendo en el idealismo filosófico, el plano de las ideas del mundo real del cual son, dialécticamente, reflejo. Y si, a pesar de esto, la burguesía asigna a cierto estrato social la función social de “intelectual” lo hace con el objetivo, como ya se vio en esta exposición, de utilizarlos a su servicio, defendiendo sus concepciones del mundo y, en última instancia, sus intereses de clase.

- b) Así pues, con la noción de intelectual orgánico el pensamiento gramsciano designa una función social, a nivel ideológico, que la burguesía encarga a ciertos individuos para mejor consolidar sus intereses de clase.
- c) Ahora bien, como la estructura económica es determinante en última instancia, lo anterior *no implica* en Gramsci que el funcionario social llamado intelectual orgánico no tenga origen, situación y posición de clase; por lo contrario, eso se da unido dialécticamente e indisolublemente con la función social superestructural de intelectual orgánico de la burguesía. Lo que sí eventualmente puede implicar es que, *para la burguesía*, puede llegar a ser más importante la función social de intelectual orgánico de un individuo que la función económica que, por ejemplo, juegue en la producción. Un ejemplo: un ideólogo-escritor de la burguesía puede realizar una labor más importante para el capitalismo, en ciertos casos, al editar un libro, que los eventuales intereses o beneficios económicos que la venta de tal libro produzca en el mercado capitalista. Otro ejemplo de naturaleza contradictoria: la venta del libro *Trabajo y capital monopolista*, de Braverman, produce beneficios económicos capitalistas al vender 3 mil ejemplares, pero provoca mayores daños ideológicos al capitalismo al desmistificar ideológicamente toda una serie de concepciones económicas inculcadas tradicionalmente por la burguesía. En tal caso, Braverman ha jugado objetivamente el papel de “intelectual orgánico antagónico” al capital. Se ha querido mencionar este ejemplo para *insistir en que la estructura de la sociedad es dialéctica*.

- d) *A grosso modo* Gramsci explica que los intelectuales orgánicos están socialmente jerarquizados mutuamente, los hay grandes intelectuales orgánicos e intelectuales orgánicos de segunda categoría. En términos generales, los grandes intelectuales serían los encargados de reelaborar las concepciones y doctrinas ideológicas burguesas, desde el arte hasta las ciencias exactas, entendiéndose por elaborar o reelaborar lo ya mencionado en el apartado A, en la tesis 8. Los intelectuales orgánicos de segunda categoría serían los encargados de hacer circular y distribuir dichas doctrinas ideológicas burguesas, haciéndolas asimilables para toda la sociedad: transformándolas en la “filosofía popular de la sociedad”.

Al respecto de lo anterior se impone hacer tres aclaraciones inmediatas:

1. El jerarquizar internamente a los funcionarios sociales capitalistas llamados intelectuales orgánicos obedece a una *premisa básica* del marxismo: en *toda* sociedad clasista *toda* actividad humana se divide, subdivide y jerarquiza internamente, no hay excepciones a esta regla ni aún a nivel de la superestructura ideológica, no puede haberlas en la medida de que esta última es un reflejo y está condicionada, en última instancia, por la división social del trabajo que impone el capitalismo.
2. El *cómo* cuantificar socialmente esta jerarquización, hija de la división social del trabajo, no puede hacerse en abstracto, ni hay reglas estereotipadas para ello, recordemos que el mismo Gramsci dice que tales análisis sólo se desprenderán del estudio concreto de la eventual formación social históricamente dada y del tipo concreto de bloque histórico que ahí se configure. Es, pues, un trabajo a realizar para cada caso particular, por ejemplo, el caso concreto de la actual formación social mexicana.
3. Al identificar cualitativamente a los grandes intelectuales orgánicos con los reelaboradores de las concepciones ideológicas burguesas, y a los intelectuales de segunda categoría con los administradores-distribuidores de dichas con-

cepciones para toda la sociedad en términos de filosofía popular, deben hacerse, a su vez, dos aclaraciones más:

Primera aclaración. En la medida misma en que la realidad es compleja y dialéctica, incluso los aquí llamados intelectuales orgánicos de segunda categoría también contribuyen parcialmente a reelaborar toda concepción ideológica burguesa, si ésta no es su función social principal. En cuanto a en qué medida lo hacen, repetimos lo ya dicho anteriormente: debe de analizarse, en concreto y en su momento histórico dado, tal o cual formación social, tal o cual bloque histórico dominante y todo lo que éste, concreta y prácticamente implica.

Segunda aclaración. Los llamados intelectuales orgánicos de segunda categoría, en la medida misma en que son los vulgarizadores a nivel de “filosofía popular” de las concepciones ideológicas de la burguesía, tienen un público, una audiencia social, ciertamente mucho más numerosa que el llamado intelectual de élite o “gran” intelectual orgánico, cabe, pues, preguntarse si no son, en última instancia, más importantes socialmente para la burguesía los llamados intelectuales orgánicos de segunda categoría que los otros, ya que ejercen su influencia ideológica no sólo sobre una élite reducida sino sobre toda la sociedad. Tal pregunta llevaría la intención de considerar la clasificación gramsciana sobre las diferentes jerarquías de intelectuales orgánicos como arbitraria o artificial; en todo caso, como una más de las que es posible “inventar”. A tal respecto, la respuesta gramsciana es, esquemáticamente, la siguiente: lo *realmente importante* es el aplicar los conocimientos en la lucha *práctica y concreta* por la transformación social y a tal respecto es tarea *prioritaria*, en lo que a que a lucha de clases a nivel ideológico se refiere, combatir a los “creadores/reelaboradores” de las grandes concepciones ideológicas burguesas y no a los distribuidores de éstas, incluso si su audiencia social es mucho mayor, ya que el combatir una *reinterpretación vulgarizada* de una concepción ideológica en sí, sólo logra hacer a esta última más eficiente, puesto que corrige errores de importancia super-

ficial. La “máxima de conducta política” del pensamiento gramsciano, al respecto de lo anterior, se sintetiza en la forma siguiente: anular, combatir radicalmente al creador/reelaborador de las grandes concepciones ideológicas burguesas y asimilar y convencer a posiciones revolucionarias al simple distribuidor-administrador de dichas concepciones, con tanta mayor razón cuanto que estos últimos, en primer lugar, precisamente tienen una gran audiencia social y, en segundo lugar, su origen, posición y situación de clase se coloca generalmente en el seno del sector asalariado explotado por el capital.

- e) Una última aclaración es importante: los llamados intelectuales orgánicos de la burguesía sirven explícita o implícitamente, directa o indirectamente, a los intereses de tal o cual clase social y, globalmente, de tal o cual bloque histórico. Al decir ‘implícita’ e ‘indirectamente’ se quiere señalar que los intelectuales suelen, generalmente, considerarse “al margen de las clases sociales y ajenos a todo interés económico, político e ideológico”: *suelen ellos mismos considerarse al margen de la historia social*. Esto obedece, esencialmente, a que al intelectual orgánico de la burguesía, o de un bloque histórico dominante, la misma burguesía dominante en dicho bloque histórico le concede conscientemente cierta “autonomía relativa” para mejor facilitar así su función social a nivel ideológico al servicio de la misma burguesía.

Hay dos motivos para lo anterior:

- Un motivo *histórico*: toda clase social que se alza como dominante en la historia a nivel económico al apoderarse del aparato político (o jurídico-político) debe contar, para regir los destinos de la sociedad, con toda clase de “cuadros” económicos, políticos e ideológicos, esto incluye a los llamados intelectuales orgánicos. No obstante, suele suceder que la clase social que empieza a ser históricamente dominante no cuenta aún con sus propios cuadros, con sus propios intelectuales orgánicos, y se ve obligada, al menos durante la época en que trata de consolidar su dominio

social, a utilizar a los intelectuales orgánicos de la clase social históricamente desplazada (si es que éstos se prestan a ello). Baste un ejemplo: el poder bolchevique emergente de la Revolución de Octubre, para poner otra vez en marcha la sociedad, se vio obligado a utilizar a muchos cuadros de la vieja época zarista. En esas circunstancias, el llamado intelectual, servidor ayer de una clase social y mañana de otra, llega a sentirse “al margen de la historia social”.

- Un motivo propio de la misma *heterogeneidad* del bloque histórico dominante: el que el intelectual orgánico logre cumplir cabalmente la tarea de cohesionar internamente al bloque histórico, del cual es servidor ideológico, en última instancia cohesionar a la clase social que lo domina, por encima de diferencias de facción o de grupo, amerita objetivamente que le sea concedida cierta autonomía relativa respecto a fracciones y grupos; *el llamado intelectual suele confundir la autonomía relativa con independencia total.*

B.BIS UNA MANIFESTACIÓN IDEOLÓGICA BÁSICA, QUE DEFIENDE DIRECTA Y EXPLÍCITAMENTE LOS INTERESES DE CLASE DE LA BURGUESÍA

1. EN PÁGINAS anteriores se mencionaba que un conjunto de manifestaciones ideológicas básicas de la burguesía se inculcan y elaboran socialmente de acuerdo a la ley fundamental de la lógica dialéctica, la ley dialéctica de la negación, esto es, la burguesía trata de negar, a nivel ideológico, la realidad social. Las manifestaciones ideológicas anteriormente mencionadas *pretenden ocultar* las relaciones sociales de explotación capitalistas. Se intenta así evitar el surgimiento de una conciencia anticapitalista en el seno de una creciente masa asalariada. Esto en cuanto al cómo se inculcan y se elaboran.

Por otra parte, se decía que con esta labor ideológica de mediatización de toda la sociedad, se trata de implantar en la conciencia de todos los individuos que la constituyen, la “idea lógica y natural” de que “el capitalismo es el mejor de los mundos posibles”. Esto en cuanto a lo que se intenta inculcar socialmente como principio básico.

Así pues, actúa una vez más la ley fundamental de la lógica marxista, la ley de la negación dialéctica: la ideología burguesa se presenta socialmente *ocultándose a sí misma, como si no hubiera tal ideología*, y en la medida en que esto se logre, *toda* la sociedad reaccionará “en forma natural” a nivel ideológico defendiendo, incluso instintivamente, el modo de producción capitalista como “el mejor de los mundos posibles”.

De esta suerte la reacción “espontánea” de toda la sociedad a favor de la defensa del modo de producción capitalista no parecerá haber sido forzada por la clase social históricamente dominante, por la burguesía.

Está de más decir que, de lograrse este objetivo, se consolidará históricamente el modo de producción capitalista, incluso si, eventualmente, éste atraviesa por las cíclicas crisis sociales que históricamente suelen afectarlo, como fue el caso de la crisis económica norteamericana del año 1929.

2. AHORA BIEN, cuando toda una estructura social defiende espontáneamente el modo de producción capitalista, cuando se llega incluso a mediatizar a las clases o sectores sociales explotados en ese sentido, entonces –al punto de vista de la burguesía– toda sociedad está, digamos así, “madura” para serle inculcada, *abierta, explícita y directamente* la ideología burguesa en términos de sus principios básicos: la defensa de las relaciones sociales de producción capitalista, la defensa de los intereses de clase de la burguesía, la defensa del Estado burgués, la defensa de los “valores morales” (el lograr la máxima ganancia, el acrecentar la riqueza personal) de la burguesía. Tanto más cuanto que se pregonizará esto en nombre del “sentido común espontáneo de la gente” y de la “objetividad y neutralidad científicas”.

Por otra parte, *y esto hay que recalcarlo*, para la burguesía es objetivamente necesario poder proceder de esta forma abierta, a nivel ideológico y en la defensa de sus intereses de clase, puesto que *debe lograr la cohesión ideológica interna* –recordemos la segunda función social de toda ideología– *del bloque histórico socialmente dominante*, al interior del cual la burguesía es, a su vez dominante: el identificar, en general, a todo el bloque histórico socialmente dominante, y en particular a la burguesía, en torno a su propio *destino manifiesto*, lo que sólo se puede lograr eficaz-

mente defendiendo abiertamente las “bases clasistas” de dicho destino de dominación histórica “imperecedera”.

El lector argüirá que, en la medida en que la burguesía defiende abierta y explícitamente sus intereses de clase y las relaciones sociales de producción capitalistas, polarizará en contra suya –el otro polo de la “contradicción ideológica”– quiéralo o no, en última instancia, a sectores explotados, por ejemplo, al sector más revolucionario de la clase obrera, con lo que, en última instancia se entablará la lucha histórica de clases por la desaparición del modo de producción capitalista.

En efecto, así es, pero, como el mismo Marx dijera, este fenómeno es *inherente* al desarrollo contradictorio y dialéctico del mismo capitalismo: al desarrollarse y “consolidarse” crea automáticamente su propio sepulturero.

Ahora bien, si en última instancia se entabla una lucha histórica de clases por la desaparición del modo de producción capitalista, muy a pesar de todos los intentos ideológicos de la burguesía por mediatizarla, ¿por qué, pues, preocuparse por analizar detenidamente las “manifestaciones y mecanismos de integración ideológica burguesa”?

Por dos razones: una, para *asegurar* históricamente la desaparición del modo de producción capitalista, tarea que no compete a la “fatalidad histórica” sino a la *práctica política* del ser social, tal y como ya especificará Marx en la onceava tesis sobre Feuerbach: “de lo que se trata es de transformar al mundo”; y dos, para saber concretamente cómo *acelerar* tal desaparición.

C. FUNCIONES IDEOLÓGICAS
DE LA UNIVERSIDAD CAPITALISTA

1. NOS INTERESA aquí, exclusivamente, hablar de las funciones ideológicas de la universidad capitalista. Ella juega un importante papel económico en el modo de producción capitalista, pero este aspecto no es el objeto de este estudio.

Antes de seguir adelante, conviene aclarar cuatro aspectos:

- a) *Instruir*. Literalmente deberíamos interpretarlo como “comunicar un instructivo”, comunicar ciertas reglas, normas, fórmulas estereotipadas. Ampliando este concepto entenderemos por instruir el comunicar ciertos conocimientos de forma *acrítica*, útil *técnicamente* para el aparato productivo capitalista.
- b) *Educar*. Literalmente deberíamos interpretarlo como “enseñar a pensar”, no se trata, pues, aquí de comunicar ciertas reglas, normas, fórmulas estereotipadas, sino enseñar al individuo a adquirir científicamente el conocimiento en el sentido de que esta adquisición es *crítica*: cuestiona los motivos individuales o sociales que se tengan para adquirir tal o cual tipo de conocimientos, y controla y tiene plena iniciativa, no sólo sobre todo el proceso de conocimiento, sino también sobre los fines perseguidos al ponerse en marcha tal proceso. En particular, para nosotros *pensar* significa ser capaz de aplicar conscientemente la teoría marxista del conocimiento.

Dos ejemplos que vienen al caso: en un trabajo taylorizado un asalariado se limita exclusivamente a seguir un *instructivo*; cuando por el contrario, el asalariado controla y tiene iniciativa sobre su propia actividad, entonces *piensa* al realizarla.

- c) *Contenido del saber académico*. Como su mismo nombre lo indica, esto hace referencia a lo que culturalmente se transmite o comunica académicamente a un ser humano, esto es, vía los centros académicos; no debe confundirse con la *forma* en que se trasmite tal saber académico.

- d) *Continente del saber académico*. Esto hace explícitamente referencia a la forma como se comunica o transmite el saber académico; a no confundir con su contenido en sí.

Por otra parte, al hablar del “continente del saber académico”, de la forma como se comunica el saber académico, se hace preciso definir la estructura académica que concretamente permite tal comunicación, conviene, pues, definir un quinto concepto:

- e) *Estructura académica*. Hace explícitamente referencia a la estructura académica, jurídica y administrativa que sirve de vehículo de transmisión del saber académico.

Un ejemplo que viene al caso: la división de una universidad en tales o cuales escuelas o facultades hace referencia a la estructura académica universitaria; nos habla, en particular, de su estructura administrativa.

2. HABLEMOS AHORA, y en primer término, de la estructura, académica: es el equivalente universitario de la división técnica del proceso de trabajo y, en forma análoga a esta última, en el modo de producción capitalista, es *por sí* un factor de enajenación, un mecanismo de integración ideológica a favor de los intereses de clase de la burguesía. El hecho de que estudiantes y maestros generalmente no sean conscientes de este hecho no modifica la validez de esta afirmación, incluso, y precisamente por no ser conscientes de tal hecho, la estructura académica capitalista cumple más eficazmente ese papel ideológico integrador.

En una sociedad dividida en clases sociales, en particular en el modo de producción capitalista, la clase social históricamente dominante, la burguesía en nuestro caso, estructura y jerarquiza la sociedad, sus diferentes “instancias” económicas, políticas e ideológicas, a imagen y semejanza de cómo está estructurada la “instancia social básica”: el aparato productivo (lo que no implica forzosamente que, por ejemplo, un centro académico o una organización política, sean “centros productivos de mercancías” en el sentido clásico de la economía política). El conocimiento de ese hecho nos facilita el problema de describir la estructura académica capitalista.

En efecto, el equivalente a la taylorización y a la administración científica capitalista del proceso de trabajo, en lo que atañe a su división técnica, se reproduce en la universidad capitalista, muy en particular en la llamada universidad de masas.

Vemos así que la estructura académica capitalista implica:

- a) Una división jerárquica y autoritaria del aparato académico y administrativo: “máximas autoridades” que definen y controlan los fines de la universidad (por ejemplo, un rector, una junta de gobierno, un secretario general y así sucesivamente); los “capataces encargados de la administración científica” (por ejemplo, los directores de escuelas e institutos de investigación, cuya autoridad emana de la que las “máximas autoridades” conceden); los “asalariados magisteriales”, el personal académico, cuya actividad docente intenta el capitalismo, vía las “máximas autoridades” académicas, taylorizar en forma creciente. En esa medida, y *en forma análoga* a como sucede en la división técnica capitalista del proceso de trabajo, se provoca enajenación ideológica del personal académico: el que realmente llegue parcial o totalmente a producirse depende de otros factores que más tarde estudiaremos. En todo caso, la estructura académica capitalista es un mecanismo de integración burguesa: ello facilita que los *objetivos sociales* de la universidad capitalista sean fijados “exteriormente” a ella por el capital, sea directamente, o vía el Estado.
- b) Una subdivisión técnica de los centros universitarios, en institutos de investigación y en escuelas y facultades, que obedece lineal y explícitamente a las necesidades que, a nivel de “cuadros” (profesionistas), tiene el aparato productivo capitalista.

Las relaciones jerárquicas del modo de producción capitalista se reproducen en la universidad, de tal forma que de acuerdo al tipo de centro responde la “calidad” del “cuadro” que se forma. Veamos esto con un ejemplo: en una escuela de ingeniería y en una escuela de ciencias exactas y naturales es posible formar, igualmente, técnicos en electrónica, no obstante lo cual ambas escuelas están, académica y administrativamente, separadas. La

razón capitalista es obvia: a la escuela de ingeniería masificada le tocará preparar los “técnicos medios” que instrumentarán y supervisarán el modelo de producción planeado y revisado en la esfera de la dirección de la empresa. A los estudiantes más “aptos” de este tipo de escuela, se les aparta del resto, dándoles una preparación más adecuada conforme a la labor que van a desarrollar. A estos últimos se les dejará participar en algunos proyectos del departamento de investigación de la escuela o de alguna empresa. Los más “aptos” serán los futuros gerentes y/o “cuadros dirigentes” del aparato productivo; los que no ocupen estos puestos pasarán a segundo plano a cumplir la función de capataz de confianza del capitalismo. En tanto que, digamos un físico, se integrará no directamente en la producción (el caso habitual en México) sino en la “infraestructura científica de apoyo” de dicho aparato productivo (por ejemplo, en un Instituto Mexicano del Petróleo), o bien como educador en los “centros de enseñanza media superior”. Los físicos “más aptos” pasarán a ser los elegidos, y se les formará como investigadores en los institutos de investigación en donde, después de haber obtenido un grado de maestría o doctorado, tendrán la licencia o “patente de curso” que los capacita como generadores de “ciencia básica” o “ciencia aplicada en alto nivel”. Esto es, una escuela de ciencias exactas como la Facultad de Ciencias, UNAM, no prepara cuadros para la investigación, esto es función social de los “institutos”. En síntesis, los centros académicos están estructurados jerárquicamente de acuerdo a la función social que cumplen, dándose en la práctica publicidad en cuanto a la información en distintos centros, pero con orientación distinta; no es lo mismo formar un técnico medio en electrónica que un investigador en electrónica.

Es obvio que como la subdivisión técnica de los centros académicos obedece a designios del capitalismo que sólo este último define y controla, tal subdivisión enajena tanto al “asalariado académico”, el personal docente, como al estudiantado. Actúa o tiende a actuar, pues, como un mecanismo de integración ideológica burguesa.

- c) Una tendencia a degradar y limitar la actividad académica del personal docente, el equivalente de la taylorización

de la actividad asalariada en el aparato productivo capitalista, que trata de transformar a dicho personal docente de "educadores" en "instructores" de cierto tipo de técnicos útiles para el capital en su aparato productivo, circulativo y distributivo de mercancías. Vemos así aparecer, pues, las "carreras cortas de alta calificación técnica" y los planes de estudio cada vez más subdivididos y atomizados en disciplinas técnicas asimismo cada vez más especializadas. Obviamente esto actúa como mecanismo enajenador del personal académico y, por eso mismo, del estudiantado, a quien instruye dicho personal. Así pues, tiende todo esto a actuar como un mecanismo de integración ideológica burguesa.

Cabe anotar aquí que los comentarios anteriores son válidos también en el campo de la investigación. La idea de una cultura científica, un método y un espíritu científicos, posesión común de todos los científicos y que les permita una comprensión racional de toda la realidad, está muy lejos de ser cierta. La formación del científico implica en general un aprendizaje muy largo, basado en libros de texto, en monografías y en ejemplos que definen lo que "se puede hacer y lo que no" y que, como menciona T. S. Kuhn en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*: "Se trata de una educación estrecha y rígida, probablemente más que ninguna otra, exceptuando quizá la teología ortodoxa". Aunque Kuhn argumenta que esta rigidez ha mostrado ser muy eficiente para el "progreso de la ciencia", de ningún modo dicha "eficiencia" compensa la rigidez, estrechez de miras, ignorancia de otras disciplinas y del contexto social en que se originaron las ideas científicas, que suelen ser características del científico en la sociedad capitalista. Si, como hace notar Levy-Leblond,³ se toma en cuenta la anarquía en las publicaciones, la "carreritis" y las reglas que dejan atrás "edificios no acabados y ecos semi-roídos", podemos afirmar que, en general, en el capitalismo, el trabajo científico es superficial, a corto plazo y sin una imagen global.

³ El 90 por ciento de los artículos nunca son citados: Levy-Leblond, J. M. (1980), "La ideología en/de la física contemporánea", en Rose, H., y Rose, S. (eds.), *La radicalización de la ciencia*. México: Nueva Imagen, p. 250.

Es una verdadera proletarización del trabajo intelectual en la que al científico se le ha desprovisto de su "cerebro".⁴

3. EN LO QUE respecta al continente del saber académico, a la forma como se comunica o transmite la instrucción académica, cabe decir que es una "forma de comunicación" autoritaria y jerárquica (el capitalismo trata de que así sea); en una sociedad clasista, por ello mismo jerarquizada y autoritaria, no puede ser de otra forma.

La relación jerárquica-autoritaria de profesor-alumno, profesor-ayudante, investigador-ayudante, la valoración de conocimientos vía exámenes finales "a todo o nada", los "exámenes profesionales" que no son otra cosa que exámenes sociales de ingreso a otro estrato social corporativo, constituyen algunos ejemplos de lo que entendemos aquí por comunicación jerárquica y autoritaria. Esto cumple una función ideológica básica (pero no la única): inculcar *con la práctica*, al profesorado, pero esencialmente al estudiantado, la "idea natural" de la inevitable existencia (sin definir socialmente para qué) de castas, jerarquías, estratificación social y, por tanto, de clases sociales en toda sociedad "bien organizada": *se inculca así, en la universidad capitalista, la "mentalidad clasista", la ideología burguesa.*

En esa medida, y de lograrse cabalmente dicho objetivo, el egresado académico, al integrarse al aparato productivo capitalista, defenderá, incluso inconscientemente, la existencia de las clases sociales, en tanto mayor medida cuanto que él piensa haber logrado, gracias a su "capacidad individual", emerger socialmente a pesar de los "filtros universitarios" encontrados a lo largo de su formación académica.

El ejemplo, triste pero clásico, del eventual hijo de la clase obrera que traiciona a su propia clase de origen, al lograr graduarse en la universidad capitalista, es, quizá, la mejor ilustración de lo dicho: no siempre sucede así pero muchas veces sí.

Lo anterior señala un importantísimo objetivo de la universidad capitalista, inherente a su propia estructura académica: "demostrar" a crecientes masas de estudiantes, que a su vez difundirán como egresados al resto de la sociedad, esta manifestación

⁴ En la última parte de esta exposición hablaremos del por qué estos objetivos no los logra totalmente la burguesía.

ideológica burguesa –el que la estratificación en clases sociales es *inherente* a la existencia de diferentes “capacidades *individuales*”, con lo que se oculta la realidad de las relaciones *sociales* de explotación capitalista.

4. YA SE HA DICHO indirectamente, en la tesis 2 de este apartado C, que en la universidad capitalista, en particular en su variante “de masas”, se tiende a transformar el contenido del saber académico y su continente –trata la burguesía de que así seade “educación” en “instrucción”: el capitalista necesita “muchos profesionales” útiles, esencialmente a nivel económico, y no seres humanos pensantes que impugnen la existencia misma del modo de producción capitalista. Cabe añadir que, en cuanto al contenido en sí del saber académico, se inculca, o mejor dicho, se pretende inculcar (por lo menos):

- a) El dogma de la “neutralidad de la cultura” y, en particular, de la “ciencia”.
- b) El dogma del “eficientismo”: ser eficientes *sin* cuestionar el fin social de dicha eficiencia.
- c) El dogma de que la ciencia y la técnica, y en última instancia, la revolución científico-técnica es, *per se*, factor de progreso social y de ampliación del ámbito cultural humano.
- d) El dogma de que en los centros académicos (ya se habló de esto también en la tesis 3 de este apartado C), dependiendo de la “capacidad individual”, con lo que se oculta la realidad social, es posible movilizarse hasta la cúspide de la sociedad capitalista. Lo que en la práctica, efectivamente, logrará una minoría de egresados, los que ideológicamente servirán de “ejemplo” de tal posibilidad (independientemente de otras funciones sociales que cumplen al servicio de la burguesía).
- e) En menor grado que lo anterior, pero como consecuencia de ello ya que el “triumfo social” resultante de llegar a la cúspide social capitalista se mide económicamente por la mayor o menor capacidad de consumo de toda clase de mercancías, el dogma del “consumismo”.

Y, por último, en forma paradójica para un “centro académico” pero *consecuencia dialéctica de todo lo anterior*, se pretende lograr:

- f) *Desnaturalizar y pervertir el proceso científico de adquisición de todo conocimiento, esto es, se termina inculcando la incapacidad de pensar. Así pues, se realiza en la universidad capitalista, en la práctica, la ley de la negación, fundamental, de la dialéctica marxista: “el fin cultural último con el que demagógicamente pretende la burguesía haber creado la universidad capitalista”, “el enseñar a pensar es, en la práctica, negado por la misma existencia de dicha universidad capitalista”.*

Todo lo anterior se logra en la medida en que el contenido del saber académico transmitido, por el hecho mismo de ser instructivo y no educativo, *oculte* que la cultura, y la ciencia en particular:

- a) *tiene una historia social,*
- b) *es una fuerza productiva,*
- c) *incluso en las regiones culturales pretensamente más abstractas, se da siempre un debate ideológico, explícita e implícitamente, lo que es, por ejemplo, particularmente visible en las notas académicas y libros de texto que hacen referencia a las ciencias naturales y exactas.*

5. LOS “AGENTES SOCIALES” conscientes o inconscientes, voluntarios o no, encargados de la “inoculación” de tales manifestaciones ideológicas burguesas al estudiante son, obviamente, los miembros del personal docente. *La existencia de una minoría de profesores a conciencia revolucionaria no hace más que confirmar la regla;* el que esa minoría pase a ser una mayoría depende de factores que estudiaremos en la última parte de esta exposición.

Cualquiera que sea el caso, y de acuerdo con lo dicho, una gran parte del magisterio de la universidad capitalista cumple la función social capitalista a nivel de superestructura ideológica de intelectual orgánico al servicio de la burguesía. El hecho de que realice tal función social en forma consciente o inconsciente no limita la validez de la afirmación anterior.

6. A LO LARGO de todo este apartado hemos descrito cómo la burguesía trata de orientar las “funciones ideológicas” de la universidad capitalista. No obstante, es evidente que no siempre lo logra: basta como ilustración el ejemplo del “mayo 68 francés”. Varias son las causas de esta “resistencia interna” a la penetración ideológica burguesa.

Menciono algunas que estimo básicas:

- a) La universidad capitalista, y ante todo la de masas, no está aislada del resto de la sociedad, *está inmersa en ella*, en esa medida las luchas sociales, la lucha de clases que se realiza a escala de toda la sociedad, *se propaga al interior* de los recintos universitarios. Los ejemplos históricos sobran.
- b) En la universidad capitalista de masas, el personal docente es una masa asalariada sometida, en mayor o menor grado a los mismos cánones de explotación económica y física que el resto de los asalariados de la sociedad capitalista. Así pues, en la universidad capitalista de masas, en particular en lo que atañe al personal docente que vive exclusivamente de la universidad, se termina por generar paulatinamente un “instinto” anticapitalista.
- c) El estudiante que ingresa a la universidad capitalista lo suele hacer con la idea de que es una “escalera social” que lo movilizará “hacia lo alto” de la sociedad capitalista *ya que esto inculca ideológicamente la burguesía*; ahora bien, precisamente en la universidad capitalista de masas tal posibilidad de movilización social no se producirá, pues el aparato productivo capitalista necesita crecientemente una masa de “cuadros asalariados *cada vez más descalificados y, por tanto, cada vez peor retribuidos* económicamente. En esa medida, se provocará la “frustración social” del estudiante y con ello, en multitud de ocasiones, *un cambio cualitativo en su posición ideológica*: terminará cuestionando “globalmente” todo el modo de producción capitalista. Otra vez, aquí, el ejemplo clásico es el “mayo 68 francés”.
- d) Cualquiera que sea el caso, siempre suele ser mayor la preparación profesional del futuro egresado universitario que lo que realmente necesitará aplicar una vez que se integre al aparato productivo capitalista: esto llevará al estudiante a considerar como “irracional” al modo de producción capitalista y, en una segunda etapa, a su impugnación global.

En la medida en que los anteriores factores son *inherentes* al capitalismo, *la universidad capitalista de masas siempre vivirá en crisis*.

ORGULLO Y PREJUICIO. EL CAMINO DE LA CIENCIA DESDE EL INSTITUTO HASTA LA SOCIEDAD

Gabriela Frías Villegas*

En el siglo XXI la ciencia está en todas partes: desde el GPS que guía al auto en el camino, hasta en el tratamiento de tumores cancerígenos por irradiación. Sin embargo, para la mayor parte de la población la ciencia es un misterio. Con el surgimiento de las nuevas tecnologías, que permiten un intercambio veloz de información, dando lugar a las llamadas “sociedades de la información” (SI),¹ parecería que es posible para todos estar enterados de los últimos avances de la ciencia. Sin embargo, esto está lejos de la realidad.

Por un lado, las nuevas tecnologías excluyen a grandes sectores sociales; por otro, aunque los artículos científicos se publiquen en la red, resultan incomprensibles para la mayoría de la

* Coordinadora de la Unidad de Comunicación de la Ciencia, Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México. / gabriela.frias@nucleares.unam.mx

¹ De acuerdo con Delia Covi Druetta, en su libro *Educación en la era de las redes*, algunos autores ubican el surgimiento de la sociedad de la información a mediados de los años setenta. Es una sociedad caracterizada por un modo de ser comunicacional que atraviesa todas las actividades: industria, entretenimiento, educación, organización, servicios, comercio, etc. En este tipo de organización social, la información ocupa un lugar sustantivo y se convierte en fuente de riqueza. Se produce un crecimiento rápido en las tecnologías de información y comunicación (TIC), las que impactan a todos los sectores sociales.

N. de los eds. En este trabajo *instituto* se refiere a un centro de investigación científica.

gente. Así, a pesar de que actualmente es posible hallar una gran cantidad de información sobre biología, química, matemáticas y física en Internet, la mayor parte de los individuos que no son especialistas se apropian de poco o nada de esta información, y no pueden discriminar entre lo que es conocimiento científico y lo que no lo es.

El camino que recorre la información científica desde los institutos en los que se genera hasta los miembros de la sociedad, que deberían estar enterados de las últimas investigaciones que se llevan a cabo en dichas instancias, es tortuoso y complicado. Por un lado, los científicos no están acostumbrados a hablar sobre sus investigaciones con aquellos que no son expertos, y por otro, los individuos que no están en contacto directo con la ciencia, la perciben como un conocimiento complicado, árido y ajeno. Incluso, hay individuos que ni siquiera están enterados de que se lleva a cabo investigación científica en su país, en qué lugares se ejecuta o qué tipo de prácticas realizan los científicos.

Durante los encuentros entre la comunidad científica y los individuos de otros grupos culturales, se enfrentan varias representaciones del mundo que pueden ser contradictorias. Además, las discusiones están mediadas por prejuicios que, de acuerdo con Carina Cortassa, forman parte de la imaginación social colectiva, del entorno simbólico más amplio en que se inscribe el diálogo entre ciencia y sociedad (Cortassa: 169). Algunas veces, estos prejuicios resultan justificados, pero la mayoría de las veces consisten en visiones distorsionadas del otro, es decir, aquel que no pertenece a la comunidad propia.

LAS COMUNIDADES CIENTÍFICAS

La comunidad epistémica pertinente² que decide qué saberes se consideran conocimientos científicos, son los investigadores profesionales que han sido educados, durante varios años, en

² De acuerdo con Villoro, llamaremos *sujeto epistémico pertinente* de la creencia de *S* en *p* a todo sujeto al que le sean accesibles las mismas razones que le son accesibles a *S* y no otras, y *comunidad epistémica pertinente* al conjunto de sujetos epistémicos pertinentes para una creencia. Todo sujeto forma parte de una comunidad epistémica determinada, constituida por todos los sujetos epistémicos posibles que tengan acceso a las mismas razones.

la tradición de la ciencia occidental. Esta comunidad epistémica funciona mediante ciertas prácticas cognitivas.³ Tomemos como ejemplo a los físicos nucleares. Dentro de este contexto, son un conjunto de agentes cuyo propósito común es estudiar “las leyes de la naturaleza” y entender al universo en su conjunto. Ellos interactúan en una comunidad formada por pares, trabajando algunas veces solos, y otras, en grandes grupos conformados por científicos de todo el mundo. Un ejemplo de sus acciones es plantear teorías, por ejemplo, la de la existencia de una partícula que le da masa a todo lo que conocemos, llamada “partícula de Higgs”, para después crear experimentos que les permitan comprobar si sus teorías son ciertas. Algunos de estos proyectos experimentales requieren de la participación de una gran cantidad de individuos, no solamente pertenecientes a la comunidad de los físicos, sino también a otras muchas disciplinas: computólogos, ingenieros, administrativos, albañiles, electricistas, etc. Cuando obtienen una prueba experimental de su hipótesis, la someten a la aprobación de la comunidad de físicos nucleares, enviándola a una revista especializada para su publicación. Estas publicaciones muchas veces tienen cientos de autores. El comité de dicha revista somete el trabajo a evaluación, y decide si es digno de ser publicado o no. Si dicho artículo se acepta para su publicación, se considera como una validación de los resultados. Otra manera de someter los resultados de una investigación al escrutinio de la comunidad es presentarlos en un congreso especializado en el tema sobre el que versan. Estos resultados pueden recibir aprobación o desaprobación inmediata por parte de los asistentes del congreso.

Durante el proceso que va de la propuesta de una hipótesis

³ De acuerdo con Olivé, en *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento*, las prácticas cognitivas son aquellas a través de las cuales se aplican y se evalúan los diferentes tipos de conocimientos. Se ven como las unidades de análisis centrales de la epistemología, y se entienden como sistemas dinámicos que incluyen al menos los siguientes elementos, que deben verse como íntimamente relacionados e interactuando entre sí: a) Un conjunto de *agentes* con capacidades y con propósitos comunes; b) Un *medio* del cual forma parte la práctica, y en donde los agentes interactúan con otros objetos y otros agentes; c) Un conjunto de objetos (incluyendo otros seres vivos) que también forman parte del medio (sujetos de investigación, pacientes, vacunas, animales, etc.); d) Un conjunto de acciones (potenciales y realizadas de hecho) que constituyen una estructura.

a la prueba experimental y a su aceptación como tal, en la comunidad epistémicamente pertinente, intervienen varias representaciones de la física nuclear.⁴ Por una parte, las representaciones *objetivas* son aquellas que tienen los investigadores para creer que un objeto físico tiene ciertas características y que “es como se le describe”. Las *subjetivas* son “formas de ver el mundo”, que pueden ser intersubjetivas, por ejemplo la creencia de que algunos objetos físicos “existen” aunque no haya modos experimentales de comprobar que “están allá afuera”. Finalmente, las *ideológicas* forman parte de las creencias subjetivas de la ideología acerca de la física, dentro del grupo de los físicos. Por ejemplo, qué áreas de estudio de la física son importantes estudiar y por qué.

Todas estas representaciones, que se hacen dentro de la comunidad de los físicos, influyen en los argumentos que se dan en el debate para reconocer o no un cierto tipo de saber como conocimiento científico. Este debate tiene lugar entre pares; aquellos que no pertenecen a la comunidad científica muchas veces ni siquiera se enteran de que éste se está llevando a cabo.

En otras ocasiones, grandes comunidades, por ejemplo, ciudades enteras, están en contacto con un gran proyecto científico, como el Gran Colisionador de Hadrones. Estas comunidades participan como mano de obra en los proyectos, dirigen los establecimientos que dan hospedaje y alimentación a los científicos o simplemente ven pasar por la calle los aparatos que conforman los experimentos. Aunque es posible que muchos de los grandes proyectos científicos experimentales no tengan una repercusión directa en la vida de los ciudadanos, están presentes en su cotidianidad. Es en ejemplos como éste en que es de suma importancia crear un diálogo entre los distintos actores sociales que conforman, indirecta o directamente, el edificio de la ciencia.

⁴ Las representaciones son modelos del mundo, pero no sólo son modelos, pues el modelo es parte de la representación, pero también lo representado forma parte de la representación y, más aún, la representación incluye la relación que se establece entre lo representado y el representante. Para que esa relación exista, es indispensable que intervenga un agente, individual o colectivo, que produce la representación y que guía sus acciones en función de tal representación. Las representaciones son imágenes especulares del mundo, que pueden no corresponder con la realidad.

LAS REPRESENTACIONES DE LA SOCIEDAD
DESDE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

Aunque los científicos están inmersos en la sociedad, sus representaciones de la misma corresponden a un grupo de gente que no está interesada en los avances de la ciencia, si éstos no suponen algún beneficio inmediato en su vida. Por ello, algunos científicos están convencidos de que es una “pérdida de tiempo” entablar diálogos con grupos culturales ajenos a la ciencia. Algunos otros se resisten a comunicar los resultados de su trabajo a los representantes de los medios masivos de comunicación, argumentando que pueden “desvirtuar” el discurso científico. Algunos más insisten en que “simplificar” la ciencia para que otros la entiendan les parece “ridículo” y critican a los colegas que lo hacen.

Por otro lado, los miembros de la comunidad científica están conscientes de que necesitan tener apoyo público para sus proyectos, en particular en forma de recursos monetarios. Por ello, algunos institutos y experimentos científicos, por ejemplo, el Centro Europeo para la Investigación Nuclear (CERN), tienen estrategias a gran escala dirigidas a comunicar su trabajo.

En los últimos años, cada vez más científicos están participando en acciones de comunicación de la ciencia, especialmente los jóvenes que inician carreras científicas. Su primer acercamiento con grupos ajenos al suyo suele estar permeado por las ya mencionadas representaciones de la sociedad que tiene la comunidad científica. Sin embargo, conforme el acercamiento avanza, dichas representaciones cambian radicalmente. Los científicos se percatan de que los individuos están sumamente interesados en la ciencia y que están dispuestos a entrar en debates, sin importar si están a favor o en contra de la visión particular que presentan. Están orgullosos por la labor que realizan y por el interés que genera y sienten una gran satisfacción al compartirla. Cabe mencionar que en los modelos de comunicación en los que participan los científicos, usualmente se conciben como procesos unilaterales y asimétricos epistémicamente: los científicos les transmiten la información a un público que debe absorberla.

LAS REPRESENTACIONES
DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA
EN LA SOCIEDAD

En 2009 se realizó una “Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México”, que elaboraron el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se encontró que el 83.6% de los mexicanos “confían demasiado en la fe y muy poco en la ciencia”. Dicha encuesta también encontró que 57.5% de los mexicanos considera que “debido a sus conocimientos, los investigadores científicos tienen un poder que los hace peligrosos”.⁵

Estos resultados muestran que, aunque los individuos ajenos a la ciencia reconocen que ésta puede ser útil, prefieren tener una representación del mundo basada en otros tipos de saberes. Además, perciben la asimetría epistémica derivada del conocimiento de los científicos, que les confiere un poder que la mayoría de los individuos no tiene.

La imagen de la ciencia que tienen los ciudadanos debería estar fincada en una reflexión crítica y en un diálogo con la comunidad científica. Al respecto, León Olivé señala lo siguiente:

Las personas cultas al inicio del siglo XXI deberían tener una confianza racionalmente fundada en los resultados de la ciencia, y esa confianza racionalmente fundada sólo puede venir de una adecuada idea de la racionalidad científica; de otra manera, la confianza se basa sólo en la autoridad de la ciencia, y tener confianza sólo por autoridad es algo que violenta la calidad racional y autónoma de las personas. Pedirles a las personas racionales que acepten resultados científicos por medio de un argumento de autoridad significa pedirles que acepten una incoherencia práctica (Olivé 2000: 77).

Aunque esta idea pareciera utópica, pues sabemos que el conocimiento científico está en manos de los expertos que forman una comunidad epistémica pertinente para su estudio, podemos recordar las palabras de Luis Villoro respecto a este problema:

⁵ Datos sobre las encuestas tomadas de *El Universal*:

<http://www.eluniversal.com.mx/notas/735065.html>

Todos, pues, estamos fuera de determinadas comunidades epistémicas, en la medida en que no somos sujetos pertinentes para juzgar las razones de un saber determinado, pero todos podemos acceder a ellas por la educación. El sentido de la educación es convertir a los individuos en sujetos pertinentes del saber; su meta es lograr que la mayoría de los hombres no quede excluida de las comunidades epistémicas de la sociedad a la que pertenecen. Así, la educación es un proceso para adecuar las comunidades epistémicas a la sociedad real. El ideal regulativo último de toda educación sería convertir a todo hombre en miembro de una comunidad universal que le fuera accesible todo saber humano; en terminología kantiana: convertir a todo sujeto empírico en miembro de la intersubjetividad (Villoro: 148).

La idea de convertir a todo sujeto empírico en miembro de la intersubjetividad puede ser muy complicada, aun con el uso de las nuevas tecnologías como Internet, que propician una rápida transmisión del conocimiento. Sin embargo, es deber de la comunidad científica hacer un esfuerzo por compartir sus conocimientos con la sociedad, no sólo en cuanto a sus contenidos, sino también sobre sus riesgos y aplicaciones. Asimismo, cada ciudadano debería hacer un esfuerzo por aprender acerca de las opciones que le ofrece esta rama del conocimiento, de una manera crítica, y participar en el debate acerca de sus aplicaciones. Por esta razón, concuerdo con Feyerabend en la defensa que hace de la participación de los ciudadanos en los debates científicos, ya que dentro de su obra *¿Por qué no Platón?* dice:

El ciudadano tiene que poder intervenir en la marcha de las instituciones a las que ha contribuido económicamente, bien sea de manera privada o como contribuyente: escuelas superiores y universidades. [...] Una democracia es una asamblea de hombres maduros y no un rebaño de ovejas que tienen que ser guiadas por un pequeño grupo de sabelotodos. La madurez no se encuentra, desde luego, en medio de la calle, sino que se tiene que alcanzar. No se aprende en las escuelas [...] sino que se aprende mediante la participación activa en las decisiones que todavía están pendientes de resolución. [...] En última instancia, somos

nosotros los que debemos decidir cómo se tienen que aplicar las formas de saber especializado, hasta qué punto se puede confiar en él, cuál es su relación con la totalidad humana. Los científicos parten de que no hay nada mejor que la ciencia. Pero los ciudadanos de una democracia no pueden darse por satisfechos por una fe tan piadosa. La participación de los profanos en decisiones fundamentales sería necesaria aun cuando esto supusiera una reducción en la cuota de éxitos de las decisiones que se tomen (Feyerabend: 76).

Feyerabend sostiene que las decisiones fundamentales de la ciencia no deberían dejarse solamente en manos de los expertos y que en una democracia los ciudadanos tendrían que poder enterarse de los avances científicos que se llevan a cabo en las universidades que ayudan a sostener. Este punto es importante, pues en los estados modernos, en particular en México, en la UNAM, gran parte de la investigación científica se realiza con fondos que provienen de los impuestos de los ciudadanos.

En este contexto, León Olivé ha propuesto un “nuevo contrato social sobre la ciencia y la tecnología”, que consiste en lo siguiente:

La sociedad sostiene a la ciencia y la tecnología como medios idóneos para satisfacer los valores de desarrollo cultural, bienestar, equidad y justicia social (entendida como la satisfacción de las necesidades básicas de todos los miembros de la sociedad). Las comunidades científicas merecen ser apoyadas porque ellas y sus productos tienen un valor para la sociedad. Asimismo, los agentes del sistema científico reconocen que éste no está aislado y asumen compromisos en la búsqueda de soluciones a problemas sociales (Olivé 2007: 41).

En el sentido de este nuevo contrato social sobre la ciencia y la tecnología, los individuos tendrían derecho de exigir su participación en los debates sobre la pertinencia de los proyectos de ciencia y tecnología.

Es interesante señalar que en los contextos en los que se han llevado a cabo diálogos entre los miembros de la comunidad científica y otros grupos culturales, muchos individuos tienen una representación de sí mismos respecto a sus conocimientos

sobre ciencia que puede frenar las discusiones críticas. En particular, muchos de ellos desconfían de su capacidad para comprender los conocimientos científicos y para participar en los debates al respecto de ellos. En ese sentido, Carina Cortassa señala lo siguiente:

Una inquietud normal –y recurrente– del público deriva de una correcta percepción del alto grado de vulnerabilidad de la posición que ocupa, de advertir su imposibilidad objetiva para juzgar de manera autónoma el valor epistémico de las proposiciones científicas o de las razones presentadas en su favor. En tales circunstancias, al parecer, la asimetría reduciría sus opciones a la disyuntiva de creer o no creer las afirmaciones de los expertos. [...] Sin embargo, reconocer que las condiciones son asimétricas en modo alguno implica confinar al público a la única opción de la confianza ciega (Cortassa: 161).

Así, uno de los problemas fundamentales en los encuentros dialógicos entre miembros de la comunidad científica y de otras comunidades, es la desconfianza que tienen los participantes en la discusión sobre sus propios conocimientos.

LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA DESDE LOS INSTITUTOS

Así como los miembros de los grupos culturales ajenos a la ciencia tienen una fuerte desconfianza en su capacidad para discutir sobre temas científicos, los miembros de la comunidad científica pueden sentir desconfianza en su capacidad para comunicar los conceptos científicos sin usar un lenguaje especializado.

La comunicación de la ciencia es una disciplina en pleno crecimiento y un área de estudio en sí misma. Es por ello que los institutos de investigación científica deben impulsar la inclusión y la creación de proyectos de comunicación de la ciencia desde el seno de sus comunidades y apoyar la inclusión de expertos en comunicación de la ciencia, que ayuden a mediar entre los miembros de las comunidades epistémicas pertinentes en ciencia y aquellos pertenecientes a otras comunidades. Esta mediación no solamente debe consistir en el traslado del conocimiento científico a distintas comunidades a través de la modificación de

la forma en los textos de comunicación de la ciencia. Más bien en facilitar el entendimiento de las representaciones, los prejuicios, los valores y las visiones del mundo propias y del otro, para mejorar el intercambio de ideas y la creación de un pensamiento crítico.

CONCLUSIONES

Las comunidades científicas deben impulsar diálogos y aprender sobre los intereses de otras comunidades epistémicas. Por su parte, los miembros de la sociedad deben exigir su inclusión en los debates en ciencia y tecnología. En este sentido, es crucial que los institutos de investigación científica creen proyectos de comunicación de la ciencia entre los distintos actores involucrados, en los que se contemplen las representaciones de la ciencia y de los científicos. Para esto, es importante contar con expertos en estudios teórico-prácticos de comunicación de la ciencia, que sean capaces de mediar entre los distintos grupos. Ellos deben contar con estudios teóricos que permitan crear modelos para crear acciones dialógicas más efectivas.

REFERENCIAS

- Cortassa, Carina (2010), "Asimetrías e interacciones. Un marco epistemológico y conceptual para la investigación de la comunicación pública de la ciencia", *ArtefaCToS* 3 (1): pp. 151–185.
- Corvi, Delia (2007), *Educación en la era de las redes*. México: UNAM.
- Feyerabend, Paul (1985), *¿Por qué no Platón?*. Madrid: Tecnos.
- Olivé, León (2000), *El bien, el mal y la razón*. México: Paidós.
- (1999), *Multiculturalismo y pluralismo*. México: Paidós.
- (2007), *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento*. México: FCE.
- Villoro, Luis (1982), *Crear, saber, conocer*. México: Siglo XXI.

COMPLEJIDAD, CRITICALIDAD Y HUMANISMO CREATIVO

*Germinal Cocho Gil**

Voy a hablar de algunos aspectos de la física de la complejidad y de los fenómenos críticos y, por decir así, de las implicaciones que por analogía se pueden extraer para entender a los organismos biológicos, así como de las que nos podrían dar sugerencias a nivel de organización social.

COMPLEJIDAD

Distingamos primero a los sistemas simples con pocos elementos; son los sistemas típicos de la mecánica. Quizá el más viejo y hasta cierto punto el más característico es el sistema solar. Sabemos que si tenemos el Sol y un planeta, que puede ser la Tierra, hablamos del problema de dos cuerpos; la ley de interacción es la gravitación universal de Newton, que dice que la fuerza atractiva es proporcional al producto de las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa y podemos entender lo que pasa ahí: las mareas, las estaciones y cosas de ese tipo. Esos son los sistemas, diríamos, reduccionistas y la ciencia más característica es la mecánica.

Sin embargo, dentro de la física la cosa no se quedó ahí, después regresaremos a esto, pero por ahora hay que decir que alrededor de 1800 Sadi Carnot inventa la termodinámica, con todas

* Instituto de Física y Centro de Ciencias de la Complejidad, Universidad Nacional Autónoma de México. / cocho@fisica.unam.mx

Texto basado en la transcripción de la conferencia, del mismo título, que tuvo lugar el 6 de diciembre de 2011 en la Facultad de Ciencias, UNAM.

las comillas que queramos. ¿De qué se trata esto? Pensemos en el gas que tenemos en este auditorio, tenemos muchas moléculas aunque no de muchas clases; habrá oxígeno, nitrógeno, helio y smog o carbón, lo que sea, pero el número de moléculas será grande, algo así como 10^{25} , y entonces tendríamos que escribir igual número de ecuaciones de movimiento tipo Newton y resolverlas. ¡No hay quien lo haga ni a quien se le ocurra! Sin embargo, es un hecho que podemos decir cosas de características promedio, características emergentes, ya que tenemos la termodinámica y podemos tomar como variables la presión, el volumen (que es el volumen del auditorio) y la temperatura; además, para gases diluidos hay una ecuación muy sencilla que dice que la presión por el volumen es proporcional a la cantidad de gas por la temperatura.

$$pV = nkT$$

Entonces tenemos ahí una sencillez que es, diríamos, emergente, que tiene que ver con grados colectivos y que realmente es muy vieja; que se refiere a sistemas con muchos elementos, pero con interacciones sencillas. Diríamos que la distinción entre mecánica y termodinámica es muy parecida a la problemática actual, planteada como reduccionismo vs. holismo, emergencia. Como que se percibe que es la segunda vuelta de una espiral.

Vayamos ahora a los sistemas complejos. Éstos se caracterizan, entre otras cosas, por ser heterogéneos, tanto en los componentes como en las interacciones entre ellos. En el caso del gas y la termodinámica, eran pocos componentes diferentes y en una primera aproximación sólo interaccionaban cuando había choques, pero en los sistemas complejos, por ser heterogéneos, lo que va a pasar es que si queremos definir alguna característica óptima, tendremos complicaciones. La característica a optimizar sería, por ejemplo, la menor energía; en sistemas biológicos o sociales podría hablarse de eficiencia o algo así. La complicación surge del hecho de que en un sistema mecánico o termodinámico hay sólo una solución que es la mejor en algún sentido, pero en los sistemas que son heterogéneos, en elementos y en complejidad, lo que sucede es que hay un número grande de solu-

ciones cuasiequivalentes. No hay uno solo que sea el mejor, sino que hay varios que tienen algo en común, por eso son lo que llamaríamos cuasióptimos, pero cada uno es diferente. Es decir, una propiedad básica de los sistemas complejos es la emergencia de colectivos con propiedades genéricas (i. e., que todos son cuasiequivalentes), pero que exhiben diversidad individual. Dicho de otro modo, el que los sistemas complejos cuenten con muchos óptimos cuasiequivalentes es la base de la diversidad.

Relacionado con esto último tenemos el problema de la predestinación y el libre albedrío que me parece se ha planteado desde los tiempos de Jesucristo. Y tomando prestada una frase de Ricardo Mansilla, podemos decir que: "el libre albedrío es individual pero la predestinación es colectiva". Para ejemplificar, pensemos en una manifestación social que salga de la UNAM. Resulta que cada estudiante y cada profesor es diferente, pero se puede conjeturar que una de las consignas sea del tipo: "Dame la U, dame la N", etc., y corear: "¡UNAM, UNAM!" Quiere decir que propiedades colectivas son predecibles, aunque las propiedades individuales sean diferentes.

Adelantándonos un poco, si a nivel social tenemos un sistema complejo y queremos optimizar completamente una de las características vamos a tener problemas, porque lo característico de estos sistemas es que si optimizamos una cosa se nos estropea la otra; y para que eso no ocurra tenemos que buscar un cierto equilibrio entre las variables a optimizar. Un ejemplo de estos problemas se da en el sistema capitalista, donde sólo se maximiza la producción, y produce pobres, gradientes sociales terribles, ¡produce lo que produce! Quiere decir que, en cierto sentido, el fundamentalismo en sistemas complejos, llamémoslo mecanicista pero en general fundamentalismo, es un riesgo, porque si dices: "esta característica es la buena" y la optimizas se va a pagar el precio respecto a las otras, y muchas veces el precio es grande.

GENERICIDAD Y ESPECIFICIDAD

Conviene ahora mencionar un par de analogías y una anécdota.

En el cerebro se ha visto que hay neuronas, y que están conectadas con otras, hay transmisores químicos y lo que se ve es que

dada una salida para un movimiento o una salida para un cúmulo de neuronas, hay muchos patrones bioquímicos de retardo de transmisión sináptica que son equivalentes. Quiere decir que el sistema nervioso central trabaja con módulos cuasiequivalentes, y es lo que permite que cuando tengo que recordar algo nuevo sólo haya que modular estas cosas cuasiequivalentes. Entonces, se tiene que esta característica de cuasiequivalencia de módulos es básica en el cerebro, y de hecho, es básica como propiedad de los organismos biológicos.

La segunda analogía tiene que ver con la medicina, sus internados y residencias. Por un lado, el cuerpo humano y sus enfermedades constituyen un sistema complejo y eso va a implicar que va a haber cosas genéricas, y por ello las enfermedades se clasifican en grandes áreas. Pero, por otro lado, luego nos topamos con variantes muy específicas, y por eso a veces se dice que no hay enfermedades sino enfermos. Eso es lo que explica que mientras que puede haber matemáticos que a los veinte años hicieron algo revolucionario, médicos de la misma edad así de geniales no los hay; no les basta la carrera y tienen que hacer un internado, una residencia, ¿por qué?, porque necesitan dominar la variedad. No se vale decir: "bueno, me hago cargo de este enfermo, pero como no se porta como me lo enseñaron en el libro, pues para fuera". Así, es un hecho que esta variedad que hay, asociada a la heterogeneidad de los sistemas complejos, no se va a aprender en una universidad, sino que, en general, uno la aprende en la universidad de la vida.

La anécdota es sobre Leo Kadanoff, quien es un físico teórico muy matemático, de la Universidad de Chicago; él es un cuasi-Nobel, y de hecho, estaba en un grupito de cuatro candidatos, pero como el Premio Nobel se lo pueden dar a tres, entonces la comisión sueca se lo dio al mejorcito, a Kenneth G. Wilson.¹ En aquella época se decía que uno se sacó el Premio Nobel y tres lo perdieron. Con esto quiero decir que Kadanoff es un físico-matemático de primera línea.

En el Instituto de Física hay la costumbre, que a veces se cumple, de organizar mensualmente un coloquio, con la idea de traer

¹ Wilson, K. G. (1983), "The renormalization group and critical phenomena", *Reviews of Modern Physics* 55: 583-600.

premios Nobel o alguien de muy buen nivel, siempre que sea buen expositor, y si no, de lo que haya a la mano, de nuevo, siempre que sea buen expositor, porque hay gente que será buena haciendo ciencia pero que en una charla son una peste. Resulta que una vez llegó Leo Kadanoff para estar en el coloquio y su plática se titulaba: "La mecánica de fluidos y los cuentos de mi abuelita", y todos nos quedamos a oír, intrigados y curiosos por lo que diría, porque hay físicos que son buenos y son poetas, por éste no, éste tenía fama de ser demasiado matemático.

Él dijo más o menos lo siguiente: Miren, en la mecánica de fluidos hay una ecuación, la de Navier-Stokes, una ecuación a derivadas parciales y con un término no-lineal chiquitito: velocidad por la derivada de la velocidad, que uno diría que casi es cero, y por tanto despreciable. Resulta que en cuanto estamos en tres dimensiones no podemos predecir casi nada y mi abuelita dice: "veo las nubes, me duele el talón, entonces va a llover y va a granizar". Así, lo que él estaba diciendo –no exactamente con estas palabras– equivale a que la educación del físico es un poco deformarle la cabeza para que vea básicamente la masa, la posición, la velocidad, la aceleración, y "lo demás es un ruido que podemos olvidar y que no le toca a los físicos", y ahora lo que está pasando es que eso no es suficiente. Necesitamos más conceptos y esos no los vamos a aprender en la universidad, los vamos a aprender viendo a literatos, al vulgo; lo que no quiere decir ignorantes, sino que vulgo quiere decir no físicos. Entonces, se debería tener una mentalidad abierta porque las categorías que durante siglos han sido suficientes ya no lo son.

En cierto sentido, él estaba diciendo algo parecido a lo que venimos comentando anteriormente, o sea, que hay cosas genéricas que han sido tratadas con categorías como velocidad, posición, etc., pero que en este momento se va a tener que ampliar lo que es la física y ahí hay que salirse de la cosa usual y ver lo que hay afuera. Entonces, habría que tender puentes con otros conocimientos, incluyendo los del "vulgo". Pongo vulgo entre comillas porque para un físico un filósofo es vulgo, y una cocinera también, y a lo mejor tienen recetas de experimentos que hacen, que le sirven; por tanto, hay que saber escuchar, saber qué más tienen.

Un primer punto a resaltar de todo lo que hemos dicho, es que los organismos biológicos, los organismos sociales, y muchos de los fenómenos físicos que se nos presentan ahora, son fenómenos complejos y que éstos implican una doble cosa: que va a haber leyes genéricas muy amplias, pero que vamos a tener especificidades. Por ello se dice que cada cabeza es un mundo, y si hacemos un experimento nos sale una cosa, y si lo volvemos a hacer no sale exactamente lo mismo.

Les contaré otra anécdota, ahora un poco más personal. Cuando yo estudiaba el doctorado en Princeton, por allá en los años sesenta, había discusiones fuertes sobre si el tabaco hacía mal o no. Nosotros, como estudiantes graduados, veíamos la evidencia y decíamos: “claro que hace mal”. Las compañías de tabaco aguantaron decenios justamente por la no repetitividad de estos fenómenos complejos, porque los resultados de un experimento no coincidían con los de otros y con eso peleaban. Por tanto, hay que entender que la no repetitividad de los sistemas complejos puede ser base del forcejeo que existe en otros debates, por ejemplo, en torno al cambio climático. Es decir, hay que tenerlo en mente para poder elaborar respuestas adecuadas.

CRITICALIDAD

Hay una cosa adicional de los sistemas biológicos y, de hecho, de una buena organización social: que están en punto crítico.

Hablaré de agua, vapor, imanes, pero en general uno puede hablar de toda una clase de fenómenos en los que hay dos cantidades, dos fuerzas, que están en equilibrio, pero no en equilibrio estático sino dinámico, y que si gana una aparece un cambio cualitativo, y entonces tenemos una situación de fácil regulación. En el caso del agua el cambio cualitativo sería la condensación, y tendríamos un líquido; si gana la otra fuerza, pasaríamos a gas, a vapor. En medicina se habla de homeostasis porque basta una señal pequeña para tener un cambio grande y con poca energía. En el caso de un problema social complejo lo que quisiéramos encontrar es la característica culpable, esa que si le ponemos el dedo y lo movemos un poco pues cambiamos a una estructura más justa, algo análogo a lo que pasa con los fenómenos físicos.

A este conjunto de cosas se le conoce como fenómenos críticos y transiciones de fase,² y para describirlos se habla de parámetros de orden y de parámetros de control. Por ejemplo, estando a nivel del mar, cuando el agua se transforma en vapor a 100°C, el parámetro de orden es la cantidad de agua o la cantidad de vapor de nuestro sistema; y el parámetro de control es la temperatura. Entonces, en lo que serían cambios de fase o fenómenos críticos generalizados, como digo, hay dos fuerzas contrarias, y hay que ver cuál es la cantidad importante asociada a éstas, lo que determinará el parámetro de orden, y también habrá que precisar cuál es el parámetro de control.

Continuando con el ejemplo del cambio de fase agua-vapor, a nivel del mar, si nos acercamos a 100°C pasamos de tener sólo agua a tener agua con pequeñas burbujas de vapor; luego, en la temperatura crítica de 100°C se tiene una mezcla fractal, es decir, se tienen gotas grandes en cuyo interior hay burbujas medianas, y dentro de las burbujas medianas hay gotas chiquitas, dentro de las gotas chiquitas hay otra vez burbujas, de modo que si nosotros tomásemos una fotografía con zoom y otra con una ampliación 10 veces mayor se verían muy parecidas. Cuando superamos ya los 100°C, se tiene vapor con algunas gotitas de líquido, y luego desaparecen estas gotitas de líquido y se tiene sólo vapor. Lo que quiere decir es que en el punto crítico, en la curva de transición, en que están empatando la cohesión entre las moléculas de agua (lo que en física llamamos energía interna) con la agitación térmica, se tiene una mezcla de fases. Así, podemos hablar de fluctuaciones retrógradas y anterógradas; si inicialmente estamos en líquido, y ponemos la flecha del tiempo conforme vamos calentando, habrá fluctuaciones anterógradas porque hay burbujitas de vapor que parecen anticipar la otra fase. En cierto sentido, si somos muy abusados, antes de los 100°C diríamos: "aquí hay una fase que es vapor sin haber llegado a ella". Y al revés, cuando ya estamos en la fase de vapor hay fluctuaciones retrógradas, porque se observan algunas gotitas de líquido, que corresponden a la fase anterior.

² Solé, R. V., Manrubia, S. C. (1994), *Orden y caos en sistemas complejos*. España: Universitat Politècnica de Catalunya. Ver los capítulos sobre fenómenos críticos (cap. 7) y de sistemas críticos autoorganizados (cap. 8).

En el ferromagnetismo tenemos una cosa parecida. Si a un imán de hierro se lo calienta entonces disminuye la imantación, y cuando pasa una cierta temperatura, que se conoce como temperatura de Curie (en honor a Pierre Curie), se desimanta. Tenemos un sistema diferente, la transición no es de agua a vapor, es de imantado a no imantado. Pero si nosotros igualamos matemáticamente la imantación al tanto por ciento de gotas de agua, en la zona crítica las ecuaciones son idénticas. Quiere decir que para muchos fenómenos, muchas estructuras físicas que son diferentes (como el agua y el imán), y que pueden ser también biológico-físicas, las leyes físicas, las leyes que nos permiten decir cosas, son idénticas una vez que se establece un paralelismo.

Además, hay otro aspecto interesante. En el punto crítico se tienen clases cuasiequivalentes y se puede ver que las características importantes sólo dependen de las simetrías externas y del tipo de parámetro de orden asociado. Las simetrías externas tienen que ver esencialmente con las dimensiones del espacio; así, un imán está en 3 dimensiones, pero podemos tener una laminita de hierro, que está en 2, y un alambrito en una. Por otro lado, los parámetros de orden pueden ser escalares (p. e., la densidad de las gotas de agua), vectores, tensores y cosas así. Dicho de otra manera: las dinámicas microscópicas pueden ser muy diferentes, pero en el punto crítico sólo dependen de las dimensiones del espacio y de las características genéricas del parámetro de orden. Entonces, en el punto crítico es más fácil regular y ahí muchos fenómenos tienen un parecido grande. Así, uno podría especular que la vida biológica,³ que está en punto crítico en muchos niveles, implica que la vida artificial es quizá, relativamente sencilla, cosa que comentaremos después.

El ensayo *Entre el cristal y el humo*,⁴ del franco-israelí Henri Atlan, plantea una metáfora muy interesante; está diciendo que la vida está entre lo ordenado, que es el cristal, y el desorden, el humo, en esa zona que permite que haya regulación. Se puede ver que las proteínas, los ácidos nucleicos y las redes genéti-

³ Se recomiendan los trabajos de Tom Ray sobre vida no biológica, por ejemplo, "Jugué a ser Dios y creé la vida en mi computadora", y visitar su sitio web: <http://life.ou.edu/>

⁴ Atlan, H. (1990), *Entre el cristal y el humo: ensayo sobre la organización de lo vivo*. Trad. del francés por Manuel Serrat Crespo. Madrid: Debate.

cas están en zona crítica, o sea, que están en una zona en donde es fácil la homeostasis, la regulación. Por otro lado, las enzimas cumplen su función dado que son blandas, sirven para pegar cosas, acercar reactivos, se deforman, y todo eso incrementa el ritmo al que se dan las reacciones químicas; si las enzimas fuesen duras, no habría esta facilidad que tienen los organismos vivos de tener reacciones, pues para que funcionasen sin enzimas tendrían que hacerlo a temperaturas muy altas. Es decir, lo que hacen las enzimas, a fin de cuentas, depende de estar entre el cristal y el humo. Y decíamos además que en el sistema nervioso central, en el cerebro, en distintos niveles se está en zona crítica, y que ello es lo que permite la regulación, el aprendizaje y todo un conjunto de cosas.

Resumiendo un poco, podemos decir que los organismos vivos tienen propiedades genéricas, como complejidad, criticalidad, homoquiralidad (que todos sean dextrógiros o levógiros), robustez y modularidad, pero claro, surge la pregunta de si habrá otras. El caso es que no lo tenemos claro, no sabemos. Y, si tuviésemos claras esas cuatro o cinco cosas, quizás la vida artificial estaría relativamente cerca y sería sencilla; lo que no sería sencillo sería repetir el proceso que dio lugar a una *Escherichia coli*, a un árbol o a un perro. Pero hay bastantes científicos que son optimistas de esto; yo soy uno de ellos y creo que la vida artificial está a la vuelta de la esquina, con los riesgos que representa, dado el tipo de sociedades que tenemos en este planeta.

Ahora bien, ya de lleno en esa labor del pensamiento analógico, tendríamos una frase, casi eslogan, en la que se podría abundar: "Un organismo biológico o una organización social robusta, adaptable y creativa, debe ser compleja y estar en zona crítica". Conviene decir que la robustez se refiere a que soporte los cambios externos relativamente fuertes, y lo creativo, a que no sólo se adapte sino que invente.

Así pues, si vemos la sociedad actual, concluimos que es compleja, pero los poderes dominantes sólo buscan una cosa, que es maximizar la producción y, de hecho, maximizar el dinero que ellos tienen. Y bueno, cuando hay cosas que están acopladas y maximizas una, pues le sueles dar en la torre a las demás y a los demás. Entonces, hay que tener en mente que el fundamen-

talismo es mal negocio, en este caso se traduce en producción y dinero, pero si se sustituye por otro fundamentalismo se corre el riesgo de meter la pata en algún punto.

CRISIS DE LA RAZÓN

En el momento actual la gente habla de posmodernismo, de *new age* y cosas por el estilo, pero en gran parte estamos ante una crisis de la razón, una crisis romántica, porque los romanticismos tenían eso. Si vemos sus características, se parecen mucho. ¿Y para qué serviría pensar en todo esto? Pues para entender y enfrentar respuestas del tipo: “no entiendo nada y no puedo hacer nada, vamos a vivir el presente”; o “vámonos a una nueva religión, astrología, o lo que sea”. Es decir, ya que estas crisis se parecen y se diferencian porque son propiedades de sistemas sociales en punto crítico, pues hay que aprovecharlo. Yo digo que las crisis de la razón, los romanticismos, son procesos de zona crítica y la crisis actual tendría mucho de eso. La característica general de estas crisis es que a partir de un dominio inicial del pensamiento racional, éste empieza a declinar, hasta que llegan a dominar las emociones y los misticismos.

Se diría que hay un misticismo cuando uno cree en algo aunque no lo pueda probar. Además, eso en lo que se cree es considerado una verdad evidente, cuya validez no necesita ser demostrada, y si le enseñan un contraejemplo se responde categóricamente buscando algún defecto. Esto no sólo pasa en la religión, pues a veces se dice que se necesita una mística política,⁵ porque cuando uno lucha por algo, en general, no se tiene la seguridad de que se pueda llegar a la utopía ni que al llegar allí no haya patología. Y en las crisis éstas, baja la razón, sube la emoción, y hay estos aspectos místicos.

A continuación comento dos crisis históricas: la primera es la helénico-helenística, y la segunda el romanticismo propiamente dicho.

Alrededor del siglo V a. C. las ciudades-Estado griegas estaban cómodas, no tenían muchos problemas, pues vivían de los

⁵ Ver los “Ensayos sobre una civilización perversa”, en Cocho, Flavio (2005), *Metapocatástasis de civilización*. México: CEFPSVLT, pp. 410-415.

esclavos, había confianza, tanto en sus instituciones como en su visión del mundo, etcétera, hasta que tienen que enfrentar las invasiones persas, que son derrotadas en la batalla naval de Salamina. Aprovechando el resultado, Atenas forma una especie de imperio colonial, con el que Pericles construye la Acrópolis, promociona las artes y todo un conjunto de cosas. Pero tiempo después otras ciudades de Grecia están inconformes, en particular Esparta, y como no le gusta el poderío ateniense le declara la guerra, la guerra del Peloponeso, lo que a la postre genera gran destrucción del mundo griego antiguo. Luego llega la invasión macedónica con Filipo y Alejandro y, pues, allí se acaba el mundo helénico; los historiadores consideran ese hecho como el inicio del periodo helenístico.

Conviene mencionar que la diferenciación de Esparta y Atenas es un ejemplo de cómo factores parecidos pueden dar lugar a culturas diferentes, pues el idioma era igual y la religión era igual, y, sin embargo, Atenas era una sociedad artístico-académica y Esparta una sociedad militar. Es un ejemplo que muestra que puede haber características generales, pero diferencias específicas.

Entonces, si comparamos cosas a nivel de arte, pensando en los romanticismos, encontramos similitudes. Por ejemplo, ya se tienen resultados al comparar las esculturas de Pérgamo con las de Atenas. Pérgamo era una ciudad al noroeste de Asia Menor, en el territorio de lo que hoy es Turquía, y resulta que el templo ahí construido es monumental, de hecho, los alemanes se lo llevaron piedra por piedra, y ahora está en Berlín, en lo que se conoce como Museo de Pérgamo.⁶ Y resulta que hay un gran friso continuo, conformando al podio, y cuya temática trata de la batalla contra los Titanes, y pues ahí se ven representadas primordialmente las emociones, la cara de encabritamiento, con cuerpos agitados y rostros dominados por la emoción. Por lo contrario, si uno ve la Venus de Milo, el Partenón o cosas parecidas de la cultura helénica, lo que muestran, además de su belleza, es una gran tranquilidad, no están enojadas, son poco emotivas. Y eso pasa también, lo veremos después, cuando en 1800

⁶ Se puede hacer una visita virtual: <http://www.smb.museum/museen-und-einrichtungen/pergamonmuseum/home.html>

se transita del clasicismo al romanticismo y se rompe un conjunto de reglas y predomina la emoción. Es decir, en la transición helénico-helenística, a nivel de arte, ya se ve el predominio de la emoción.

A nivel de filosofía, la característica es que se pasa de filosofías universales, como las de Platón y Aristóteles (quienes querían comprender el mundo y explicarlo todo), a filosofías que como el epicureísmo, el estoicismo y el escepticismo, hablan nada más de una persona y de cómo debe comportarse. Entonces, en las crisis románticas se pasa de pensamientos generales a categorías muy locales e inmediatas, como la persona, la familia, etc., muy al estilo de Descartes: “pienso, luego existo”. Es decir, aunque Aristóteles y Platón corresponden al final del helenismo, se puede decir que tenemos el paso de filosofías helénicas generales a esas filosofías individualistas, en las que sólo importa el placer (aunque sea placer intelectual), o esas en las que hay que aguantar las cosas, o en las que uno duda de todo lo que hay.

Estas crisis también existen a nivel individual. Hay un caso que estaba asociado con alguien que lo divorciaron a la brava, ya se sabe cómo son esas cosas, y pasó de preocupaciones generales a decir: “la sociedad vale gorro, la familia, todo; sólo estoy yo y mi vecindad”, y luego, ya en la salida de la crisis, se fue ampliando el horizonte y todo quedó más o menos igual.

Entonces uno se pregunta: ¿y luego, qué pasó con esta transición histórica? Pues que después hubo una salida, llamémosla neoilustración, que tuvo lugar en Alejandría, tras la muerte de Alejandro Magno. Para entonces Alejandría era un crisol de gente diferente, porque ahí había griegos, egipcios, judíos, o sea, se dice que esta neoilustración se debe a “la potencia de la mezcla”; y también se desarrollan las ciencias. Entre los personajes de esta época se encuentran Arquímedes, Euclides, Ptolomeo y Eratóstenes, por ejemplo; y también Aristarco de Samos, quien concibe un sistema heliocéntrico y calcula la distancia aproximada de la Tierra al Sol.

Pero no sólo eso, también se desarrollan las técnicas, teniendo lugar una verdadera revolución industrial, pues el vapor no sólo era una curiosidad o un juguete, sino que era empleado en las minas, ¡hay unas cosas realmente impresionantes! La fuente

principal de lo que digo es el libro de Lucio Russo,⁷ y que sugiere, desde el título mismo, que estamos ante una revolución olvidada o frustrada. Como no soy religioso, cuando lo vi por primera vez aposté que la causa de esa frustración había sido la llegada de la religión; pero no fue eso, es que llegaron los romanos y su cosmovisión de dominar al mundo, basada en sus legiones, no contemplaba estos aspectos que hoy llamaríamos tecnocientíficos. Y no sólo eso, sino que a los griegos se los llevan de esclavos, no tanto para las minas, sino como secretarios porque los romanos pudientes tenían dinero, pero eran analfabetas y los griegos no. Entonces, se aplasta esta impresionante revolución; de hecho, a nivel militar las máquinas que tenía Alejandro eran, no sé, por poner un número, 10 o 15 veces mejores que las máquinas de sitio que había en la Edad Media. Entonces, ahí el punto es que hay un cierto patrón: primero una especie de ilustración, luego una crisis de la razón, y eventualmente una salida a través de una neoilustración; en este caso, fue una revolución científica-industrial y que luego se colapsa.

Hay más de estas crisis de la razón a lo largo de la historia, pero se puede considerar a la helénico-helenística como la primera. Quizá conviene decir que hemos tratado de buscar en el Oriente, pero no encontramos ni en India ni en China ni en Japón, quizá porque somos malos pescadores.

Entonces, limitados a Europa, tenemos un segundo ejemplo: la revolución romántica, el romanticismo propiamente dicho, que tuvo lugar a caballo de 1800.

Resulta que hasta la Revolución Francesa se creía que con el conocimiento, con la Ilustración, el mundo iba a ser mejor. Claro que lo que le enseñaban a los ricos no iba a ser lo mismo que le enseñaban a los campesinos, pues a éstos les enseñaban cositas más pequeñas. En ese momento la Revolución Francesa es cúspide de la Ilustración, y se imponen cambios hasta en la forma de medir el tiempo, destacando el calendario revolucionario francés, cuyos meses llevan nombres como Brumario, Nivoso, Germinal, etc., inspirados en un culto a la naturaleza. Pero lue-

⁷ Russo, L. (2003), *The Forgotten Revolution. How Science Was Born in 300 BC and Why It Had to Be Reborn*. Berlin: Springer.

go viene la época del Terror, todo eso, y la República se colapsa.⁸ Hay, digamos, derrota de la revolución y hasta en cierto sentido perversión; hay personajes como Napoleón, quien se proclama emperador en algún momento, pero que extendió las ideas revolucionarias a toda Europa, y entonces la valoración histórica de él depende de cómo se interprete.

A nivel de la física tenemos a Sadi Carnot, hijo de Lazare Carnot. Este último era el principal ingeniero militar, primero de la República, esa que surge de la Revolución Francesa, y luego de Napoleón, una vez que habían sido derrotados los republicanos. Y pues Carnot “inventa” la termodinámica, ya decíamos, con todas las comillas que quiera uno poner. La termodinámica trata, como dije, de propiedades colectivas de muchas cosas, el calor es una forma de energía, y hay procesos irreversibles. Y había debate entre los mecanicistas, partidarios de Newton, por un lado, y los termodinámicos, por el otro. Los primeros decían: “No, no, lo redituable es lo de Newton”; y los segundos respondían: “No, vean; es que el mundo es esto otro, y además tiene una aplicación social para máquinas que no tiene lo otro”. Es un poco como la discusión que hay ahora entre reduccionismo, holismo y sistemas complejos. En mi opinión personal, no estamos ante un nuevo renacimiento, como se dice; es la confrontación de la neomecánica contra la neotermodinámica, pero en fin, tendría que justificar eso con detalles técnicos.

Se ve que en el romanticismo también pasa esto: domina la razón, hay crisis, se cuestiona la razón y se pone énfasis en la emoción. Hay figuras como Goethe, hay misticismo, pero uno muy particular que decía que en la naturaleza hay dos fuerzas contrarias. La idea que tenían los biólogos románticos, y un poco la física romántica, era que había pocos principios contrarios, y eso es una cosa interesante. Había una crítica fuerte a la Ilustración. Hay elementos político-sociales también, por ejemplo, el nacimiento de Alemania, que surge a partir de estados dispersos y fragmentados, en un momento en que prevalece el dominio intelectual de Francia. Todo esto demanda un análisis más profundo, pero se ve que es crisis de la razón, énfasis en la emoción,

⁸ Se recomienda la lectura de “La Revolución Francesa y sus falsificaciones”, en Cocho, F. (2012), *Caleidoscopio cultural*, tomo II, pp. 215–307. México: CEFPSVLT.

misticismo de astrología, nuevas religiones y esoterias. Como ahora, y como pasaba también en el caso de Alejandría, aunque no lo haya mencionado.

¿Y qué viene de esta crisis romántica, cuál es la salida? Ya decíamos que en física está la termodinámica, pero también se tiene al electromagnetismo y la óptica; en biología está Darwin y la selección natural. Y eso se puede interpretar: que en la salida de la crisis hay una nueva revolución científica.

Finalmente, hay que hablar un poquito de la crisis actual. Quizá en otro momento la podríamos analizar extensamente, pero sí quiero decir que es importante intentar eliminar lo que en mi opinión son palabras vacías, como *new age* o posmodernismo, porque lo que estamos diciendo es que el momento actual ocurre después del modernismo, pero no estamos profundizando en el análisis. Sólo estamos etiquetando el fenómeno, lo que no es hacer gran cosa. Además, para el momento actual tenemos que considerar que ahora hay algo de lo que en España llaman “el pelotazo”, un fenómeno que se resume en el dicho: “vuélvete rico a como dé lugar, siempre que no te agarren”, y entonces a nivel político y de gobierno está la corrupción; y a nivel empresarial también, hay crisis, hay quiebras fraudulentas. En otra época del capitalismo, cuando una empresa se declaraba en quiebra se suicidaban, pero ahora no. Entonces, estamos en una crisis “romántica”, entre comillas si se quiere por este hecho, esta característica, que no estaba en las crisis señaladas anteriormente: la importancia de ganar dinero a como dé lugar.

El punto de este apartado es, insisto, señalar que las crisis y los fenómenos críticos, las crisis sociales, se parecen. Entonces, viendo una crisis pasada podemos tener una idea de cuáles son los posibles caminos de salida de la crisis actual, y cuando se va por el chueco, pues empujar para el otro.

LO GENÉRICO DE LAS CRISIS Y DE LAS REVOLUCIONES

Las crisis de la razón, al ser un fenómeno crítico, van a tener muchas propiedades parecidas a gran escala o intermedias, y luego van a tener detalles característicos de cada una de ellas.

En este mismo sentido tenemos las ideas del sociólogo portu-

gués Boaventura de Sousa Santos, a quien cariñosamente le llamamos "Boa" porque es buena onda, y es que él propuso un concepto: la *hermenéutica diatópica*. Hermenéutica se refiere a interpretación o significado, y diatópica, a dos lugares. Y Boa acuña el término motivado porque en aquel momento estaba colaborando con un científico social mahometano, mostrando que en tiempos de Mahoma los hombres y las mujeres eran iguales y que, por tanto, eso de 'la mujer a su casa y con el velo' no era de Mahoma. O sea, era una lucha política basada en eso, aunque me temo que no ha tenido mucho éxito. Es decir, él proponía reinterpretar las cosas que había, conectando dos lugares. Pero mi hermano Flavio y yo nos dijimos: es que la conexión no sólo es en lugares diferentes, también es en tiempos diferentes. Y ya que estamos inventando términos, propusimos la *hermenéutica diacronotópica*.

El punto importante es que si uno mira otras crisis revolucionarias pasadas se van a encontrar parecidos con el momento actual y uno va a entender cuáles constituyen el abanico de caminos de salida, cuáles son los buenos y cuáles son los malos, sin olvidar que aparte de estas cosas genéricas va a haber cosas específicas. Y eso es mejor, porque tendríamos criterios de lucha, en vez de decir: "no entiendo ni una pizca, porque es que los hombres son unos malditos; todo el mundo es corrupto, y el que no, es porque no le dieron chance". Lo que quiero decir es que hay lecciones para la acción, que era lo que también estaba buscando Boa.

De paso, hay que mencionar que lo que buscaba Boa también pasó en la revolución de Argelia, pues inicialmente los hombres y las mujeres eran iguales, y cuando gana la revolución ya no. De cualquier modo, Argelia no es Arabia Saudita, por poner un ejemplo.

Concluyendo un poco con el momento actual, podemos decir que en estos tiempos de duda hay que mirar otras crisis sociales revolucionarias, porque ahí va a haber lecciones positivas.

HUMANISMO Y ÉTICAS

Comencemos con las tres condiciones de Francisco Ayala,⁹ quien es un biólogo especialista en selección natural y evolucionismo. Él tiene un ensayo en el que se pregunta si se puede derivar una ética justa partiendo de la biología, y llega a la conclusión que no, pero es interesante que defina condiciones para una ética. La primera condición a la que se refiere dice, poco más o menos, que debemos tener la capacidad de predecir e ir para atrás. O sea, ser capaces de construir modelos y, en virtud de eso, decir qué cosas pueden pasar. La segunda, poder separar las cosas que pueden pasar, por lo menos, en dos grupos. A nivel de ética, los grupos serían bueno y malo, pero en la estética serían bonito y feo. Y la tercera, que tengamos la capacidad de prever: si hago esto se va para lo bueno y si hago aquello se va para lo malo. Por tanto, esto sugiere que una condición inicial es el poder construir modelos internos, mentales; que además se puedan clasificar y que se tenga control, para ser capaces de decir: “si aprieto esto en mi modelo, se va para acá, que es lo que a mí me parece bueno”.

Conviene tener en mente la ética cristiana y la ética pagana, terminología que se atribuye a Isaiah Berlin. Con ética cristiana, equiparable en cierto sentido con la ética kantiana, me refiero a aquella donde predomina el deber, la prescripción, pues hay unos mandamientos y hay cosas que son buenas y malas. Y con ética pagana, que es la ética de los griegos, me refiero a tener un modo de vida en que seas feliz siempre que sea consistente con el resto de la sociedad.

El punto es que si mezclamos eso de los sistemas complejos en zona crítica con estas éticas, la ética cristiana estaría asociada a lo genérico y la pagana se correspondería con “cada cabeza es un mundo”, ya que equivale a decir: “yo trato de ser feliz, quizá de modo diferente del vecino, siempre que no fastidie”.

Así, quizás vale un comentario histórico: En el Renacimiento hubo un intento de unir ambas éticas, durante la época en que los Papas tenían amantes, había hedonismo, traiciones políticas y otras cosas, pero como es un tiempo en que se enfatiza la cul-

⁹ Ayala, Francisco J. (1987), “Evolución y moral”, en *La naturaleza inacabada. Ensayos entorno a la evolución*. Barcelona: Salvat, pp. 245-262.

tura griega y romana, se intenta buscar una solución para unir las dos éticas; luego vino la Reforma protestante, y a continuación la Contrarreforma, y dicho intento se fue por un caño. Lo que quiero decir es que el Renacimiento es una crisis romántica de algún tipo, aunque no viene al caso analizar en este momento, pero el contexto actual, al ir entendiendo estas cosas de los sistemas complejos en zona crítica, se presta para que haya una síntesis de ambas éticas.

HUMANISMO CREATIVO

A fin de poner en una frase algunas características deseables en una sociedad justa, propongo: “individuación creativa y felicidad”. Lo de felicidad ya lo comenté un poquito, pero eso implica, entre otras cosas, derechos humanos no sólo individuales sino colectivos.

En este sentido, tenemos a Norbert Wiener,¹⁰ del MIT, un gran matemático con inquietudes sociales. Él hablaba de los derechos humanos y una de las cosas que planteaba era el derecho a no ser explotado por los demás, y claro, la gente alrededor decía: “este Wiener será buen matemático pero es muy ingenuo”, y ese tipo de cosas.

Hay que darse cuenta de que cuando hablamos de derechos humanos no individuales, sino sociales, implican un deber. En el caso de Wiener, se diría: “que no me exploten, pero que tú no explotes”. Y estos deberes, más las características específicas de cada persona, estarían medidos en felicidad. Así, dos de los ingredientes de la felicidad serían los derechos humanos, individuales y colectivos, y estos últimos implican deberes.

Relacionado con la necesidad de agregar como característica de una sociedad más justa a la creatividad, hay que pensar en los contraejemplos planteados, tanto por la solución polinésica, como por la visión de H. G. Wells:

¹⁰ Se recomiendan sus textos: Wiener, N. (1948), *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. USA: The MIT Press; Wiener, N. (1981), *Cibernética y sociedad*. México: CONACYT; y Wiener, N. (1995), *Inventar. Sobre la gestación y el cultivo de las ideas*. Barcelona: TusQuets.

- A los polinesios se les ha llamado los “vikings del Pacífico”, porque eran grandes navegantes; de hecho, originalmente salieron de Javai, una isla pequeña que está ahí, muy cerca de lo que es Java, y llegaron sorprendentemente hasta la isla de Pascua, en Hawai, a mitad del océano Pacífico, contando sólo con canoas grandes y de una velita. Mientras estaban haciendo tales travesías había motivación, retos, tenían arte y eran un pueblo creativo. Pero en algún momento paran en el trópico, y como no tenían problemas con los alimentos, degeneran. Para cuando llegan los europeos ya no había espíritu de aventura, y al verlos tan cómodos dijeron: “esto sí es vida”, pero había cola, declinación.¹¹
- El escritor inglés Herbert George Wells tiene muchas novelas, pero quizá es más conocido por los cuentos de ficción científica. En algún momento deja de escribir ficción, dedicándose a escribir manifiestos políticos y artículos periodísticos luchando por el socialismo. Pero al leer parte de su obra, uno puede preguntarse: ¿qué sociedad futura podría tener en mente el socialista H. G. Wells? En su *Máquina del tiempo* describe una sociedad estable que no tenía problemas y en cierto sentido feliz, pues se componía de un conjunto de idiotas muy apacibles, los eloi, y de unos monstruos subterráneos que se los comían, los morlocks. Entonces, ahí aparece la importancia de la cosa creativa.

Partiendo de ambos casos, se ve que esa sociedad más justa por la que propugnamos debería tener como ingrediente la felicidad, pero también que sea creativa, porque si decimos felicidad a secas no es suficiente. Dicho sea de paso, y en el mismo sentido distópico, el *Mundo feliz*, de Aldous Huxley, también coincide con lo dicho.

Vayamos ahora al aspecto de la individuación y de su autor, Carl Gustav Jung, quien es una de las figuras clave de la psico-

¹¹ Los textos que a continuación se citan abordan el asunto de manera importante: a) “El camino hacia Polinesia”, en Stent, Gunther S. (1986), *Las paradojas del progreso*. Barcelona: Salvat, pp. 51–65; b) “La esperanza de progreso”, en Barrow, John D. (1999), *Imposibilidad. Los límites de la ciencia y la ciencia de los límites*. Barcelona: Gedisa.

logía analítica. De hecho, y por orden de importancia, tendríamos la tercia Freud, Jung y Adler. Lo que tiene la psicología de Jung es que uno la puede traducir en algunos conceptos de estos científicos de la complejidad. Freud es más difícil, pero tiene el mérito de haber dicho: “calma, si hay una locura no quiere decir nada más que sea una lesión orgánica, depende de la cultura, depende de un conjunto de cosas”. Resulta que uno de los conceptos que propuso Jung es el inconsciente colectivo; y jugando con sus aportes y los de Freud, alguien decía: “si el inconsciente es el padre del yo, el inconsciente colectivo es el abuelo”, pues Jung plantea que a lo largo de la historia ha habido un conjunto de necesidades, retos y problemas, cuyas soluciones se han ido fijando en la herencia. Pero como lo propuso en el lenguaje lamarckiano, que en su época implicaba una descalificación inmediata, y como además era psicoanalista, entonces le fue como en feria, terriblemente mal. Sin embargo, el inconsciente colectivo equivale a que en diversas culturas hay rasgos comunes, y eso se puede interpretar como restricciones que tiene el cerebro humano, sugiriendo que las diversas culturas son parecidas, no porque hayan tenido que resolver los mismos problemas (aunque pudiera ser un factor importante), ni porque se hayan asimilado por herencia o por mutaciones, sino porque el cerebro hace lo que puede, tiene neuronas, tiene ruido, y hay ese tipo de cosas.

Jung dice en algún momento que a veces, cuando la gente ya tiene alrededor de 50 años, entra en crisis, no le ve sentido a la vida y entonces él habla de individuación: el que la gente tenga que buscar algo que le dé sentido externo a su vida. Acto seguido, exhibe dos posibilidades para resolver la crisis. Una de ellas es la religión, entendida no como un conjunto de mandamientos sino como el que haya algo externo; y la otra, que deje de ver nada más su máscara y que vea a las demás personas y a la naturaleza, o sea, que se sienta que es parte de un conjunto más grande, incluyendo al mundo natural.

En el lenguaje de un físico estadístico, como yo, diríamos que el ser humano no puede ser un sistema cerrado, sino que debe haber: a) un campo externo, eso sería la religión; b) si no hay campo externo, entonces un campo medio, equivalente a que la problemática que uno tiene está influenciada de ver la pro-

blemática de los demás. Por otro lado, aunque Jung es en gran parte un gnóstico del conocimiento revelado, pues tiene otras facetas, retomo esto: la idea de individuación es que uno salga de su cascarón, que le importen los demás incluyendo el planeta Tierra y que trate de ser feliz sin fastidiar a los otros.

Dado que lo que se está buscando son cosas para la acción, todo lo anterior se tendría que elaborar más profundamente y someterse a prueba, y entonces da para un conjunto de seminarios y talleres, pues son ideas para trabajar en varios planos.

HETEROGENEIDAD DE LAS REDES SOCIALES Y COMUNIDADES DE APRENDIZAJE Y PRÁCTICA

Si tenemos una red social compleja decimos que es heterogénea pues, en general, no va a ser pareja, va a tener chipotes. Y eso sugiere alguna forma de organización social; de hecho, ya tienen nombre, son las comunidades informales de aprendizaje y práctica. Se considera que funcionan cohesionadas por un tema o por unas metas. No son homogéneas, pues se ha observado que hay un grupo pequeño que le pone más énfasis, y luego puede haber varias envolventes con compromisos decrecientes, es decir, algunos hacen poco y otros nada más hacen una labor chiquitita; entonces están articuladas en una red heterogénea, y dado que se contempla el aprendizaje y la práctica, habría bastante trabajo fenomenológico y teórico.

Por otro lado, están las comunidades de ayuda mutua. Se ha observado que operan cuando la gente está muy mal económicamente, pues usualmente se ayudan entre sí, por ejemplo, cuando una mujer deja al niño pequeño con la vecina y posteriormente se prestan objetos o se intercambian favores; un conjunto de estos aspectos son los que las definen. Pero es importante señalar que no es claro que funcionen bajo cualquier circunstancia, pues se ha observado que cuando se está relativamente bien no operan; pareciera que hay un cierto umbral económico para la solidaridad, al menos del tipo de la que nos estamos refiriendo.

Dos ejemplos de lo inmediato anterior. El primero se refiere al príncipe ruso anarquista Piotr Kropotkin, quien tiene un libro sobre la ayuda mutua, y donde sostiene que los animales se pe-

lean pero sólo con otros, no dentro de su misma especie, y señala que con los humanos así pasaba hasta la llegada del capitalismo. Describe cómo en la Inglaterra de la segunda mitad del siglo XIX, durante el inicio de la Revolución Industrial, cuando a los obreros y a la gente común le iba pésimo, había estas estructuras de ayuda mutua: se intercambiaban favores, se cuidaban a los niños, enfermos o ancianos entre sí, se repartía comida y labores recíprocamente, y se cooperaba de forma solidaria.

El segundo ejemplo es sobre la tesis doctoral de la socióloga, de origen chileno, Larissa Adler de Lomnitz, y publicada después como libro.¹² Ella describe cosas ocurridas en México. Hasta donde recuerdo, su trabajo describe lo que pasaba en algunas colonias populares con alto grado de marginalidad, tal vez se ubicaba donde ahora es Santa Fe, y en las que había estas estructuras de ayuda mutua.

Entonces, diríamos que todas estas comunidades son naturales, hasta cierto punto, por el carácter heterogéneo de las redes complejas. Más que entonados en las modas recientes al hablar de redes (de investigación, de publicación, etc.) yo creo que la búsqueda de estas estructuras informales vislumbra una salida y habría que ver cómo estudiar esto en la UNAM; en general, considero que sería importante estudiar a los sistemas sociales como sistemas complejos en zona crítica.

PERSPECTIVAS EN LA FÍSICA

Una de las últimas cosas que quiero decir es como una adivinanza. Considerando que las crisis románticas son crisis de la razón, éstas de las que hemos venido hablando, y de las que hay más casos (por ejemplo, la que hubo en Alemania después de la Primera Guerra Mundial), se ve que hay un cierto patrón genérico: después de la crisis hay una neoilustración que abarca muchos campos y entonces es natural preguntarse: cuál será la segunda revolución científica. Es decir, lo que hemos hablado sugiere que en una parte del asunto está metida la complejidad y los puntos y zonas críticas, y entonces uno se puede preguntar: ¿y qué pasará en la física?

¹² Lomnitz, L. A. (1975), *Cómo sobreviven los marginados*. México: Siglo XXI.

Hay un Premio Nobel en Estados Unidos, Robert Laughlin,¹³ cuya línea de razonamiento se relaciona con esta última pregunta. De hecho, sus argumentos se pueden considerar como la continuación de las respuestas a un interrogante muy viejo, desde los tiempos de Galileo o más viejo, quizá el último que lo pone así muy fuerte es Eugene Wigner,¹⁴ un físico húngaro también Premio Nobel en su momento, cuyo ensayo trata sobre “la irrazonable eficacia de las matemáticas en las ciencias naturales”; puesto en forma de pregunta equivale a: ¿por qué leyes muy sencillas, principios muy sencillos, pueden explicar tantas cosas? Una de las respuestas es el diseño inteligente. ¿Por qué? Porque teniendo un ser supremo (algunos le llamamos *El Barbabas*) se puede responder: “porque él inventó esas leyes sencillas y lo hizo porque le dio la gana”. Pero la línea de pensamiento de Laughlin es distinta; él dice: 1. Si nosotros escribimos ecuaciones, posibles ecuaciones de fenómenos físicos, en la gran mayoría de casos no podemos calcular nada, y tenemos el hecho de que las poquitas que tenemos son sencillas y podemos calcular. 2. Estas ecuaciones, estas teorías de norma, dependen del espacio externo (dimensiones del espacio) y del grupo de simetría del espacio interno, y a partir de eso, él señala que eso ya suena como a los fenómenos críticos (a los que ya nos hemos referido), sólo que en estas cosas los grupos de simetría de repente son grandotes. Concluye diciendo que la física es sencilla porque estamos en punto crítico, y está tan cerca del punto crítico que es supersencilla. Entonces, lo que está diciendo implica que la física no es fundamental sino que es un emergente de algo, y que si queremos entenderla un poco, más bien se parece a la biología o a la sociedad. Y es una línea de trabajo.

Hace no mucho hubo en Viena¹⁵ un taller de mecánica cuántica como emergente, cuya línea de trabajo considera que la mecá-

¹³ Laughlin, Robert B. (2005), *A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down*. Basic Books. [Existe versión en español: *Un universo diferente. La reinención de la física en la edad de la emergencia*. Buenos Aires/Madrid: Katz Editores, 2007].

¹⁴ Wigner, E. P. (1960), “The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences”, *Communications on Pure and Applied Mathematics* 13(1): 1-14.

¹⁵ Hay un sitio asociado a dichos encuentros, incluyendo el de octubre de 2013: <http://www.nonlinearstudies.at/index.php>

nica cuántica y las ecuaciones de norma (electromagnetismo, interacciones débiles, etc.) tienen tal sencillez no porque sean básicas, sino porque son emergentes, resultan de estar en punto crítico y eso podría ser parte de una revolución, porque implica darle la vuelta al problema. En fin, es una adivinanza, pero yo diría que tiene que ver con complejidad y criticalidad, incluyendo que la cuántica y las ecuaciones de norma pueden ser emergentes.

Como para contrastar, hasta hace poco los que trabajan en mecánica cuántica contaban un chiste sobre los complejólogos, ya que como decimos: "todo el mundo es complejo" y aplaudimos, ellos aclaraban: "menos un resorte, pues las ecuaciones de la física cuántica son lineales", y entonces la respuesta un poco cabizbaja era: "es que ahí la naturaleza tenía ganas de molestar". Ahora, con las últimas discusiones, la respuesta ha cambiado y se dice: "es que cosas no lineales pueden tener consecuencias emergentes lineales", en matemáticas equivale a pasar de una ecuación de Langevin a una de Fokker-Planck,¹⁶ por decir algo. Lo que quiero decir es que cuando se ataca a los físicos por reduccionistas se olvida decir que los físicos de frontera quieren reducir la física a la biología y no la biología a la física, y son gente de Premio Nobel, aunque se dice, como para disculparlos: "bueno, es que son muy buenos", pero eso no contempla todo; es que es parte de esta dinámica que he descrito, es complejidad en zona crítica. En otras palabras, cuando lo que quieres es ser consistente y consideras todos sus aspectos, te viene la pregunta de si todos los niveles son emergentes, en particular éste, y entonces empiezan las técnicas.

En resumen, y ya casi terminando, dos cosas. Uno, que las características de sistemas complejos en zona crítica nos pueden servir para comprender biología, y también nos pueden servir para entender aspectos del momento en que vivimos y no decir: "como esto es muy confuso, pues vamos a vivir bien el presente" o "me voy de neohippie contracultural" o cualquier cosa parecida. No, no, si uno mira en la historia entiende que se pueden hacer cosas y que, en particular, es importante que en las universidades se hagan cosas. Afuera hay movimientos de organi-

¹⁶ Risken, H. (1989), *The Fokker-Planck Equation: Methods of Solution and Applications*. Berlin: Springer Verlag.

zación de base, Morena es una historia de estas, es un intento de ello. Pero a nivel teórico-práctico creo que se puede hacer labor; ahí están los seminarios de Ciencia y Sociedad y de Naturaleza y Sociedad, y la idea de tener varios colectivos, de ser una comunidad de aprendizaje y práctica. Lo que quiero decir es que algunos trabajan con el ejemplo, y por tanto, se les invita a que mastiquen un poco todo lo anterior (si es que es masticable). Y tengan la seguridad de que viendo los movimientos del pasado y las relaciones entre ciencia, sociedad, crisis, historia, anticiencia, etc., pueden servir para tener una idea de qué cosa positiva se puede hacer.

Hay una cosa que no he comentado y es que en los puntos críticos el esfuerzo organizado de un número pequeño de agentes puede ser fundamental para modificar la dirección. Después, si se cimenta algún estado físico, un modo de producción, olvídense, no lo mueven. Pero en dichos momentos de transición el esfuerzo organizado puede servir para ayudar a que no se vaya por el mal camino. Entendiendo que no hay un librito, no hay un manual donde ya estén las recetas, todo lo dicho son similitudes, son analogías, hay núcleos duros, pero hay que ser humilde y aprender, y atreverse a decir: "El mundo es más complicado de lo que pensé y si me equivoco voy de lado".

Coincidente con esto último tenemos a Oskar Lafontaine, un político de la zona de izquierda, del Partido Socialdemócrata Alemán; junto con algunos miembros del viejo Partido Comunista, hace poco tiempo fundó una corriente, "Los de izquierda",¹⁷ y ya dejó la política porque tiene un cáncer de hígado. Pero en su libro *La sociedad del futuro* tiene una frase en la que hay que pensar: "se vale meter la pata, siempre que uno pueda sacarla", aunque hay veces en que no se puede.

Por ejemplo, la megalópolis algún día tendrá 40 millones de habitantes y tú dirás: "bueno, cuando venga la revolución se arregla...", ¿y qué?, ¿cómo?, ¿partes la Ciudad de México en veinte cachos? No se puede. A esto Lafontaine lo califica de megamáquina, pues dice que hay tecnologías, cosas, que una vez que echan a andar no tienen reversa, y lo poco que puedes ha-

¹⁷ El nombre en alemán es *Die Linke*, organización que ha tenido presencia parlamentaria desde 2005.

cer es modular para dónde va y eso ya es un poco enmendar la metida de pata. Es una frase bonita: “se vale meter la pata, siempre que se pueda sacar”, lo que me recuerda una frase de López Obrador que dice: “aquí podemos meter la pata pero no la mano”.

En fin, he puesto bastantes conceptos y lo dicho es relativamente amplio, eso quiere decir que es un panorama un poco impresionista, porque las estructuras básicas que están detrás no las puedo presentar en tiempo corto. Pero, en fin, espero que los hagan pensar, y que después de pensar les sugieran, los muevan hacia la acción, a hacer algo.

**ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE
LA NUEVA INDUCCIÓN DE K. STANFORD
Y EL ANARQUISMO METODOLÓGICO
DE P. FEYERABEND**

*Gustavo Magallanes Guijón**

La historia de la ciencia será tan compleja, tan caótica, tan llena de error y tan divertida como las ideas que contenga, y estas ideas serán a su vez tan complejas, tan caóticas, tan llenas de error y tan divertidas como lo son las mentes de quienes las inventaron.

Paul Feyerabend, *Contra el método*.

Con el propósito de entender uno de los puntos neurálgicos de la estructura del quehacer científico: la subdeterminación científica, en el presente trabajo expongo algunas consideraciones sobre el *anarquismo metodológico*, desarrollado por el filósofo austriaco Paul Feyerabend, y la *nueva inducción*, del filósofo estadounidense Kyle Stanford, con el objetivo de mostrar algunas similitudes entre las propuestas de estos dos autores, para después generar un debate en torno a la estructura de la ciencia, y la subdeterminación de las teorías científicas, así como de sus consecuencias filosóficas, políticas y sociales.

En un sentido más general, me parece importante subrayar que la reflexión científica no sólo se debe realizar desde la ciencia misma, sino que también se tiene que formular desde áreas transversales como la filosofía, pues esto nos permite formular una postura crítica ante las prácticas científicas y tecnológicas.

* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. / gustavo.magallanes.guijon@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Tal vez no ha existido un autor en filosofía de la ciencia tan polémico como lo fue el filósofo Paul Feyerabend, quien con sus críticas a las prácticas científicas desarrolló una serie de textos y artículos que actualmente se siguen en cursos regulares de historia y filosofía de la ciencia.

La discusión en torno al trabajo de este autor se sigue desde su posición *relativista* y su tesis de *todo vale*, que generaron amplios debates en torno a la filosofía de la ciencia. Y aunque se ha criticado su metodología anarquista, no es de soslayar que sus aportaciones filosóficas han ayudado a construir nuevas propuestas, tanto en filosofía de la ciencia como en epistemología.

No hay duda de que las ideas de Feyerabend influyeron y siguen influyendo debates sobre el quehacer científico. En este ensayo muestro cómo las tesis de Feyerabend aportan elementos metodológicos útiles para la propuesta inductiva del filósofo estadounidense Kyle Stanford. De manera concreta, señalaré cómo el *anarquismo metodológico* de Feyerabend se vincula con la *nueva inducción* y con las *alternativas inconcebidas* de Stanford. En este sentido, sintetizaré la propuesta de Stanford y discutiré los puntos en los cuales la propuesta de Feyerabend es pertinente.

Es importante decir que no intento mostrar que Stanford es un anarquista metodológico (o feyerabendiano), sin embargo, sí sostengo que la propuesta de este autor tiene presentes algunos puntos de convergencia con Feyerabend, tales como su abierta disposición a atender propuestas alternativas, así como su oposición a las tradiciones científicas.

CONSIDERACIONES Y SIMILITUDES

El tema de la subdeterminación de las teorías científicas ha sido una preocupación para la filosofía de la ciencia, pues en la historia de la ciencia se ha discutido cuál ha sido el papel de las evidencias y el de las hipótesis auxiliares para determinar qué teoría se debe mantener (o no) en una disputa científica. Entre los autores que han aportado ideas al respecto se encuentran los filósofos Pierre Duhem, Orman Quine, Thomas Kuhn, Karl

Popper, Paul Feyerabend y Kyle Stanford. De modo que el problema de la subdeterminación ha sido un tema que ha generado múltiples ideas sobre cómo ofrecer soluciones a la elección de teorías científicas. Y, en el marco del estudio de dicho problema, en su texto *Exceeding Our Grasp*,¹ Stanford realiza un análisis del por qué en la historia de la ciencia han habido teorías científicas exitosas que tiempo después han resultado ser falsas.

Ejemplo de esto es el del caso de la mecánica newtoniana y la mecánica relativista: esto es, cómo en mecánica newtoniana se consideraba a la masa independiente de la velocidad, pero tiempo después, con la llegada de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, se consideró a la masa y a la velocidad como entidades físicas mutuamente dependientes. A este proceso de cambios de teorías en la historia los filósofos de la ciencia le han llamado *inducción pesimista*.

Otro ejemplo de esta llamada *inducción pesimista* es el caso de la historia del electromagnetismo. Antes de la actual teoría electromagnética se pensaba que las ondas de luz se propagaban por medio de una sustancia, llamada éter, que llenaba todo el universo. Los modelos físicos del siglo XIX estaban basados en el movimiento de la luz a través del éter, se buscaba la velocidad absoluta de la luz; sin embargo, tiempo después, al calcular la velocidad de la luz de forma teórica (y luego de forma experimental) permitió a los científicos dejar de lado la noción de éter.

La idea central de la *inducción pesimista* es que las teorías científicas del pasado resultan ser falsas a través del tiempo. De manera que en el futuro (de manera inductiva) probablemente nuestras teorías exitosas sufran la misma suerte que las teorías pasadas.² En este sentido, en el análisis de Feyerabend, lo que ha pasado en la historia de la ciencia para transitar de una teoría a

¹ K. Stanford (2006: 249).

² Por ejemplo, el debate hoy en día en los institutos de investigación astronómica es el problema sobre las fuentes de densidad en las galaxias. Este problema consiste en explicar la gravitación en estas entidades astronómicas, abriéndose el debate en la teoría de la materia oscura, pues algunas posiciones sugieren proponer otra alternativa teórica para poder explicar el fenómeno gravitacional (como la gravedad modificada), mientras que otras posiciones discuten las hipótesis *ad hoc* dentro de la teoría de la materia oscura. De manera que, siguiendo la *inducción pesimista*, es posible que alguna de las dos teorías sea falsa en el futuro, y es muy probable que esto dependa de las evidencias.

otra se debe, entre otros factores, también a los errores que han cometido los científicos y que han dado pie a la invención de nuevas teorías científicas, pues para este autor “la ciencia como realmente la encontramos en la historia es una combinación de tales reglas, y de error”.³ Estos errores estudiados por Feyerabend lo llevaron a plantear su teoría del error expuesta en su obra *Contra el método*.

Esta teoría del error no se contrapone con la *inducción pesimista* de la historia de la ciencia, ya que el hecho de que unas teorías resulten exitosas a través del tiempo no depende necesariamente de los aciertos de los científicos o de las comunidades científicas, sino que también puede depender de los errores que cometen, como fue el caso de el descubrimiento de los rayos X o el de la penicilina.

E incluso, por qué no pensar en el sentido de que los científicos pueden violar de manera intencional las normas, no apegándose a reglas metodológicas, como lo señaló en su momento Feyerabend, y como ocurrió con la teoría cinética, o con la emergencia gradual de la teoría ondulatoria.⁴

Ahora bien, bajo el análisis de la *inducción pesimista*, Stanford propone la *nueva inducción* sobre la historia de la ciencia, la cual sostiene que la comunidad científica debería fomentar, e incluso forzar sobre anomalías inesperadas para descubrir nuevas teorías que han quedado previamente concebidas, esto a pesar de estar bien confirmadas por la evidencia. En su texto *Exceeding Our Grasp* señala:

I suggest, we have repeatedly found ourselves encourage or even forced under the impetus provided by recalcitrant phenomena, unexpected anomalies, and other theoretical pressures to discover new theories that had remained previously unconceived despite being well confirmed by the evidence available to us.⁵

Esta *nueva inducción* con todos sus elementos coincide metodológicamente con lo suscrito por Feyerabend en *Contra el método*:

³ P. Feyerabend (1975a: 9).

⁴ *Ibid.*, 15.

⁵ K. Stanford (2006: 19).

tomando el punto de vista opuesto, sugiero la introducción, elaboración y propagación de hipótesis que sean inconsistentes o con teorías bien establecidas o con hechos bien establecidos. O, dicho con precisión, sugiero proceder con-trainductivamente además de proceder inductivamente.⁶

Es decir, Feyerabend sugiere proponer teorías alternativas e hipótesis que vayan en contra de las tradiciones aceptadas por las comunidades científicas, además de proponer una actitud radical y crítica hacia las prácticas de investigación hegemónicas en la ciencia. Y precisamente este tipo de propuestas feyerabendianas son las que nutren metodológicamente la *nueva inducción* de Stanford.

En esta *nueva inducción* Stanford nos señala que las comunidades científicas, a través de la historia de la investigación científica (y virtualmente en todos los campos científicos), han establecido una posición epistémica en la cual se ha concebido una o pocas teorías que en su momento fueron bien confirmadas por la evidencia disponible. Sin embargo, con la pertinente investigación subsecuente, se podrían haber revelado alternativas radicalmente distintas, e incluso bien confirmadas por la misma evidencia disponible.⁷

De modo que la *nueva inducción* de Stanford nos indica que debemos poner atención a las teorías alternativas que están presentes al momento de estudiar la anomalía en una teoría científica. Es decir, para Stanford, las comunidades científicas deberían de mantener una posición pluralista al momento de revisar la anomalía. En este punto me parece que Feyerabend añadiría que: “la pluralidad de teorías permite una crítica mucho más aguda de las ideas aceptadas”.⁸

En esta *nueva inducción*, tanto Stanford como Feyerabend estarían de acuerdo en permitir que sean tomadas en cuenta todas las posiciones epistémicas posibles, con el fin de fomentar estrategias que impulsen nuevas investigaciones sobre futuras anomalías en las teorías científicas.

⁶ P. Feyerabend (1975a: 23).

⁷ K. Stanford (2006: 19).

⁸ P. Feyerabend (1968: 32).

En este sentido, me parece pertinente señalar que la *nueva inducción* de Stanford no está muy distante de la metodología de Feyerabend, ya que fomentar anomalías inesperadas abre la puerta a inventar teorías que pueden ser consistentes o inconsistentes con los hechos, o incluso, se pueden proponer alternativas fuera de los esquemas teóricos contemplados, es decir, se puede dar la pauta para actuar, en términos feyerabendianos, contrainductivamente.

También en esta *nueva inducción*, Stanford sugiere que en el tránsito de una teoría anterior a otra, y al ser aceptada por la comunidad científica, se ha tomado también en cuenta el total de evidencia disponible más el requisito de hipótesis auxiliar.

The new induction suggests that in such cases the totality of evidence available at the time of an earlier theory's acceptance characteristically offers equally compelling support for the combination of a later accepted alternative to that theory together with the requisite alternative auxiliary hypotheses that would themselves later come to be accepted.⁹

Para Stanford, estas hipótesis auxiliares y las evidencias disponibles son necesarias para que una teoría sea aceptada, pues considera que éstas son el corazón para la subdeterminación de las teorías científicas. En este sentido, para Feyerabend las hipótesis auxiliares pueden actuar contrainductivamente: Por ejemplo, hay circunstancias en las que es aconsejable introducir, elaborar y defender hipótesis *ad hoc*, o hipótesis que contradigan resultados experimentales bien establecidos y generalmente aceptados, o hipótesis cuyo contenido es menor que el de las alternativas existentes empíricamente adecuadas, o hipótesis autoinconsistentes, etcétera.¹⁰

Además, las evidencias para Feyerabend suelen ser cruciales para determinar el paso de una teoría a otra. Esto, en una disputa en que las comunidades científicas deciden qué evidencia están dispuestas a aceptar/refutar, para admitir/rechazar una teoría.

Por otro lado, Stanford menciona que en la historia de la ciencia ha habido *alternativas inconcebidas* que están presentes como

⁹ K. Stanford (2006: 20).

¹⁰ P. Feyerabend (1975a: 16).

patrones que acompañan la historia de la ciencia. Estas *alternativas inconcebidas* señalan que existen teorías que no se toman en serio como opciones y que son excluidas. Sin embargo, la fuerza de éstas también se basa en el registro histórico de la investigación científica, pero no de la misma manera que la *inducción pesimista* tradicional lo ha mostrado.

Dado lo anterior, vale la pena preguntarse si las *alternativas inconcebidas* están jugando el mismo papel para los científicos de hoy que para los científicos del pasado. Es decir, ¿tenemos todas las razones para creer que hay alternativas teóricas no concebidas por las comunidades científicas cuyo alcance será considerado en el futuro? De modo que es probable que en la ciencia existan alternativas serias que son mejores (pero inconcebidas), a pesar de ser bien confirmadas por la evidencia disponible. Según Stanford, las comunidades científicas han sido repetidamente capaces para concebir solamente una única teoría que sea bien soportada por toda la evidencia disponible, esto a pesar de que hubo alternativas posibles, incluso bien soportadas por el mismo cuerpo de evidencias.¹¹

En este sentido, me parece que estas *alternativas inconcebidas* también abren la pauta para pensar en todo tipo de soluciones, y que pueden ser desde aquellas que se apegan a las normas metodológicas hasta las que son empíricamente inadecuadas. Así, una postura feyerabendiana propondría no hacer caso de las formas clásicas de argumentación teórica para la búsqueda de soluciones, sino más bien hacer uso de ideas más irracionales.

Es de señalar que las evidencias para Stanford son de suma importancia, pues éstas, a final de cuentas, están presentes en la subdeterminación de teorías científicas, además de que juegan un papel importante en la *nueva inducción* como en las *alternativas inconcebidas*. Ahora bien, para Feyerabend las evidencias no pasan por alto; en su texto *Expertos en una sociedad libre* expone que “la evidencia relevante para la contrainducción de una teoría T a menudo sólo puede ser sacada a la luz con la ayuda de otra teoría T' incompatible con T'' ”.¹² (Ejemplo de esto es cuando Galileo tuvo que recurrir a la contrainducción para falsear

¹¹ K. Stanford (2006: 131).

¹² P. Feyerabend (1975a: 24).

los razonamientos con los que los físicos aristotélicos negaban el movimiento de la Tierra). Sin embargo, también afirma que: “es perfectamente legítimo dejar a un lado la evidencia, hacer propaganda a favor de una idea refutada, interpretar ahora la evidencia a la luz de esta idea y trasladar el entusiasmo general por la observación a la evidencia así transformada”.¹³

Por otro lado, la *nueva inducción* de Stanford sugiere forzar e impulsar hipótesis sobre las anomalías, esto lleva a las comunidades científicas a proponer hipótesis *ad hoc*, o hipótesis auxiliares; sin embargo, la posición de Feyerabend sugiere ir más allá y proponer hipótesis que sean autoinconsistentes o contradictorias. De modo que, en mi opinión, la posición de Stanford no está muy alejada de la de Feyerabend, pues ambos filósofos permiten la pluralidad de juicios.

Con respecto a las *alternativas inconcebidas*, me parece que Feyerabend agregaría:

Las alternativas, antes bien, deben establecerse con tal detalle que los problemas ya “resueltos” por la teoría aceptada puedan volverse a estudiar de un modo nuevo y tal vez más detallado [...] la función de esas alternativas concretas es, no obstante, la siguiente: ellas ofrecen medios para criticar la teoría aceptada de una manera que va más allá de la crítica suministrada por una comparación de esa teoría con “los hechos”; no importa cuán fielmente parezca reflejar los hechos una teoría, ni cuán universal sea su uso.¹⁴

Abro un paréntesis para señalar que si bien K. Stanford permite la pluralidad de ideas, no es claro el límite de admisión de éstas, con lo que no es posible determinar el grado de relativismo de este autor. Feyerabend, sin embargo, sí se asume como relativista y sostiene que “para el relativista todas las ideas son igualmente verdaderas, aunque todas no sean igualmente queridas”.¹⁵

También es de destacar que el *principio de proliferación* propuesto por Feyerabend también enriquece, tanto a la *nueva inducción* como a las *alternativas inconcebidas*, pues, por un lado,

¹³ P. Feyerabend (2009: 47), “Expertos en una sociedad libre” en *¿Por qué no Platón?*

¹⁴ P. Feyerabend (1968: 32).

¹⁵ P. Feyerabend (2009: 69), “En camino de una teoría del conocimiento dadaísta” en *¿Por qué no Platón?*

dicho principio permite inventar y elaborar teorías que sean consistentes (o inconsistentes) con el punto de vista comúnmente aceptado; por otro lado, este criterio nutre al pluralismo de teorías que se pueden promover en la *nueva inducción*. Además, según Feyerabend, este principio propone aumentar el contenido empírico de las teorías científicas, con lo que se pueden sugerir teorías críticas. Esto es: “inventar y elaborar teorías que sean inconsistentes con el punto de vista comúnmente aceptado, aun en el supuesto de que éste venga altamente confirmado y goce de general aceptación”.¹⁶

CONCLUSIONES

Después de haber mostrado algunos puntos de coincidencia entre las posiciones filosóficas de Feyerabend y Stanford podemos hacer la pregunta: ¿es posible hoy en día hacer una propuesta anarquista (en el sentido metodológico) de subdeterminación científica?

Mi respuesta es que sí, es válido hacer una propuesta de este estilo. Considero completamente válida y necesaria una propuesta que tome en cuenta el pluralismo metodológico para hacer una crítica de fondo, tanto a la historia de la ciencia como a los procedimientos del quehacer científico. De modo que me parece importante seguir trabajando en filosofía de la ciencia a partir de la crítica y de la pluralidad de ideas.

En este ensayo mi intención es señalar que la tesis de Stanford no está muy alejada de la postura de Feyerabend, ya que si bien la postura de Stanford no es una propuesta anarquista, me parece que es de interés para los anarquistas epistemológicos. En este sentido, me permití mostrar que algunas ideas de Feyerabend enriquecen metodológicamente la propuesta de Stanford. De manera que es probable que Stanford esté de acuerdo con la tesis feyerabendiana de “proceder contrainductivamente además de inductivamente”.

Otro punto en que creo que Stanford podría estar de acuerdo con Feyerabend es en dejar de lado el monismo teórico y dar

¹⁶ P. Feyerabend (1975a: 24).

paso al pluralismo teórico, en el sentido de que las comunidades científicas puedan desarrollar alternativas para que las anomalías ya “resueltas” por teorías aceptadas vuelvan a ponerse a prueba bajo nuevos modelos teóricos alternativos. Así, esta pluralidad de teorías permitiría una crítica mucho más incisiva y aguda de las ideas aceptadas.

Un punto en el que creo que las posiciones de estos autores también son discutibles es sobre su relativismo filosófico. Por un lado, Feyerabend hace una defensa de esta postura, mientras que Stanford, aunque sí admite posiciones alternativas no es claro el límite de su tolerancia; *por lo menos*, Stanford en este punto no es claro. De esta manera puedo concluir que ambos autores son relativistas, pero con matices en sus posturas: Feyerabend, un relativista fuerte, radical; y Stanford, un relativista débil, moderado.

Finalmente, y siguiendo a estos dos autores, me parece que resulta interesante revisar propuestas alternativas a las planteadas por estos mismos autores, pues, como ellos mismos señalan, hay que atender las *alternativas inconcebidas* además de sus propias propuestas.

REFERENCIAS

- Feyerabend, Paul K. (1968), *Cómo ser un buen empirista*, en “Filosofía de la ciencia”. México: FCE, Breviarios, pp. 27–76.
- (1975a), *Contra el método*. Barcelona: Ariel.
- (1975b), *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos.
- (1989), “Problemas del empirismo”, en L. Olivé y A. R. Pérez Ransanz (comp.), *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Siglo XXI, pp. 279–311.
- (2009), *¿Por qué no Platón?* Madrid: Tecnos.
- Internet Encyclopedia of Philosophy:
<http://www.iep.utm.edu/>
- Stanford Encyclopedia of Philosophy:
<http://plato.stanford.edu/>
- Stanford, Kyle (2006), *Exceeding Our Grasp*. Oxford University Press.

PSEUDOCIENCIA, BIOLOGICISMO VULGAR Y DOMINACIÓN CAPITALISTA

*Julio Muñoz Rubio**

Antes de entrar en materia, quiero agradecer a los compañeros del Seminario de Ciencia y Sociedad que me hayan invitado a participar; quiero hacer público también mi interés por continuar participando y colaborando con el seminario.

El actual Seminario de Ciencia y Sociedad retoma el nombre de un programa de docencia e investigación que tuvo sus orígenes por el año 1975. El esfuerzo de los compañeros de este Seminario de Ciencia y Sociedad es muy importante porque se trata de revitalizar las reflexiones y discusiones sobre las relaciones entre la ciencia y la sociedad, aunque sea en condiciones muy distintas y desfavorables, comparándolas con las de los años setenta. Podemos decir que estas condiciones hacen muy urgente la necesidad de reflexionar sobre estos temas, los cuales no fueron una “moda” de tiempos de agitación política estudiantil. No es ni será “moda” reflexionar sobre el vínculo que como estudiantes o profesores de áreas científicas tenemos con una problemática social más amplia, sin embargo, el vínculo existe. No existe tal cosa como una ciencia “pura” si por “pura” entendemos una actividad separada del resto de la sociedad e impermeable a ella. El vínculo entre la problemática científica y la problemática social existe, e incluso valdría la pena cuestionar la validez de la utilización del término *vínculo* (ciencia-sociedad) si

* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. / juliomunozr2000@yahoo.es

Texto basado en la transcripción de la conferencia, del mismo título, que tuvo lugar el 6 de noviembre de 2011 en la Facultad de Ciencias, UNAM.

por ello entendemos la existencia de dos actividades que estuvieran permanentemente separadas y tuvieran por ahí un puentecito que las junta.

CIENCIA, POLÍTICA Y SOCIEDAD

La ciencia es una actividad social, la ciencia es cultura, la ciencia son relaciones sociales, en el sentido más amplio de la palabra.¹ No sólo son las relaciones sociales que se establecen al interior de un salón de clases entre los estudiantes y de los estudiantes con el profesor, o al interior de un laboratorio entre las personas que allí laboran o con los réferis y editores de los *journals*. No sólo eso, la ciencia es una interacción social entre el conjunto de las actividades de los científicos con el conjunto de la sociedad. Es una relación mucho más profunda y sólida que lo que normalmente alcanzamos a percibir, porque el conocimiento científico se nos presenta como algo que tiene una naturaleza tal que aparenta estar por fuera de toda otra actividad. ¿A qué me refiero con esto? A la idea hegemónica que se tiene acerca de la ciencia moderna. Estoy hablando de la ciencia que comienza y se desarrolla a partir del siglo XVI, junto con el surgimiento del capitalismo, con personajes como Copérnico, Kepler, Galileo, Tycho Brahe, Giordano Bruno, y que, como se sabe, hicieron toda una serie de investigaciones, en el campo de la astronomía, acerca de la forma y el movimiento de la Tierra y de los planetas. Todo este tipo de investigación viene respaldada por una concepción del mundo.

La ciencia nace como parte de una concepción general del mundo, la cual tiene que ver con la concepción de la clase social dominante que está surgiendo en ese momento, me refiero a la burguesía: los propietarios de los medios de producción. Una de las concepciones hegemónicas de la burguesía es que la ciencia es conocimiento objetivo y verdadero; conocimiento que está más allá de nuestras pasiones personales, de nuestras preferencias, gustos o prejuicios, todo por fuera de aquello que es subjetivo.

¹ Young, R. M. (1977), "Science is social relations", *Radical Science Journal* 5: 65-129.

En esta concepción, lo subjetivo y lo objetivo son planteados como antípodas; donde hay subjetividad no puede haber ciencia, porque donde hay subjetividad es donde intervienen factores que nos alejan de ver al mundo “tal como es” y lo hacen ver en función de nuestras pasiones, gustos, preferencias o prejuicios. Por lo tanto, la ciencia tendría que desvincularse de otras actividades, porque ninguna otra actividad que se lleve a cabo por parte de la sociedad tiene esa característica: la observación, la comprensión de la realidad “tal cual”. La realidad *es una*, dicen los científicos y algunos filósofos positivistas; el científico tiene una misión: descubrir la realidad, es decir, develar lo que hay en ella. Y se dice: “Aquí yo ya levanté un velo que había para ver cómo es el mundo, no lo sabía porque estaba este velo o este obstáculo, pero mi misión como científico es quitarlo y observar qué es lo que está ahí”.

Con base en ello se construye una imagen de lo que es el hombre de ciencia: un sujeto que no admite que sus prejuicios estén por encima de la observación de los hechos; el científico es ese observador riguroso. El estereotipo publicitario, comercial, del científico, es el de ese anciano despeinado, absorto en sus investigaciones, que no hace nada más que investigar, investigar; no duerme, no come, no se divierte, no tiene actividad sexual, ni llora, ni puede manifestar emociones, tiene que estar absolutamente abstraído y alejado del mundo “exterior”.

Así las cosas, la ciencia se ubica por fuera de la ética, de la política y de toda ideología. ¿Qué se entiende por ideología? Es necesario en este punto hacer una breve digresión, porque el término va ser usado a lo largo de este trabajo.

Existen numerosas acepciones del término y del concepto de ideología. Aquí se defenderá la acepción manejada por Karl Marx y Friedrich Engels desde mediados del siglo XIX.² Una ideología es la imposición de una idea que el sujeto cognoscente tiene acerca del mundo; es un procedimiento en donde la relación entre el objeto (o el proceso o el sistema de estudio) y el sujeto cognoscente está invertida. Una relación en la que el sujeto cognoscente le impone a la realidad lo que quiere que ésta

² Marx, K. y Engels, F. (1953) [1845], *L'Ideologie Allemande*. Paris: Alfred Costes.

sea, en vez de formarse sus ideas a partir de lo que es la propia realidad. El ideólogo, en vez de intentar comprender cómo se comporta el mundo, le impone la idea, primero, y posteriormente lo investiga, pero ya con el sesgo de la imposición de su particular concepción del mundo.

Esto se ubica en contraposición con la tesis de que la ciencia tiene que ser la observación de los hechos reales. El problema es que esta explicación inductivista y positivista de la ciencia, como la observación del hecho (y también los objetivos, neutrales, desnudos sin más), se queda muy corta porque no explica cómo es que los sujetos se aproximan a sus objetos de estudio; no explica cuáles son los aspectos de la realidad que el sujeto estudia.

Con un sencillo ejercicio constataríamos que la observación desnuda y simple, por sí sola, no puede ser el inicio de ningún conocimiento científico del mundo: si uno solicita a un sujeto o grupo de sujetos cualquiera, que espontáneamente se aboquen a observar lo que los rodea y anoten lo observado, se encontrará que no va a pasar nada, que no basta con observar, que ningún problema científico se derivará de allí. Previamente a la observación, previamente a la percepción del mundo, tenemos que tener cuando menos algún esbozo de algún problema que queramos resolver. Con esto se intenta explicar que no existe tal cosa como la observación o la percepción desnuda (por alguno de los sentidos) sin más ni más. Y, ¿cuáles son los problemas que nos pueden interesar? Para empezar, problemas que puedan tener una solución. Nadie puede siquiera imaginarse un problema que no tiene solución, que no pueda tenerla. Ni siquiera se le ocurriría a nadie.

Para que un científico se plantee un problema tienen que darse las condiciones mínimas necesarias para encontrar una vía de solución. No la solución necesariamente, pero cuando menos una vía. Un diseño experimental específico puede variar dependiendo de muchas cosas, pero en cualquier caso tenemos alguna posibilidad de resolver el problema. Pero, ¿cómo plantear un problema científico a resolver? No hay una fórmula, menos una receta, pero lo que es claro es que tiene que ver con la vida social. Nadie puede inventar, sacar los problemas a partir de la nada ni tampoco de una "observación" fuera de todo contexto. El

problema científico no es un problema que esté por fuera de los problemas de la sociedad. Al decir esto no se quiere decir solamente problemas inmediatos, aplicaciones inmediatas de cosas. Los problemas pueden ser aspectos teóricos muy profundos sin aplicación alguna en la vida real, pero no por ello dejan de ser problemas que hacen a la vida de los seres humanos que viven una realidad y un contexto social concretos. Los problemas que predominan para el científico moderno, de un país imperialista y occidental, no van a ser los mismos que los de una tribu de cazadores-recolectores en el centro de África, o los que tenía la nobleza del imperio romano, pues sus respectivas realidades son diferentes. Con esto, lo que se quiere decir es que el conocimiento científico es un conocimiento social en contextos concretos de relaciones.

¿Qué realidad se quiere observar?, ¿hay más de una realidad y por ello más de una verdad dependiendo de cada sujeto? Eso está muy en boga en estos tiempos. Decir que “cada quien su verdad, cada quien su realidad” forma parte de una corriente de pensamiento que ha tenido mucho impacto desde hace unas décadas. Es incluso presentado como una forma de libertad y de democracia.³ De acuerdo con esta forma de pensar, no existiría, de entrada, ningún criterio para decidir si lo que piensa una persona o un grupo de personas específico es más verdadero que lo que piensan los demás, y por lo tanto, la verdad y su búsqueda quedan desechadas del contexto de todo discurso y de la investigación científica. En su lugar queda que cada quien vaya con su imaginación y su fantasía.

Yo me pronuncio en contra de eso.

La verdad existe y es una, no hay muchas ni medias verdades. El problema es cómo llegamos a entender qué es lo verdadero, y admitiendo que no hay verdades absolutas, porque en ciencia siempre se tiene la posibilidad de modificar algún conocimiento. Si por ese hecho se dice que no hay verdades absolutas en ciencia, estoy completamente de acuerdo. La ciencia siempre tendrá la oportunidad, la posibilidad de modificar alguna idea que se tiene sobre el universo, por arraigada que esté. Teórica-

³ Feyerabend, P. (1992), *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos; Feyerabend, P. (1982), *La ciencia en una sociedad libre*. México, D. F.: Siglo XXI.

mente hablando, a algún científico se le podría dar la oportunidad de mostrar que siempre la Tierra no es redonda, es una posibilidad abierta para la ciencia, lo que pasa es que las pruebas son tan apabullantes a favor de que sí lo es, que no hay ningún científico en la actualidad que investigue si en realidad la Tierra es redonda o plana; esa discusión se dirimió hace varios siglos. Si queremos decir que no es verdad absoluta, porque siempre un científico puede modificar ese conocimiento, estoy completamente de acuerdo. Pero de que hay verdad hay verdad; existe la verdad. En un mundo lleno de mentiras, como en el que vivimos ahora, la verdad es, más que nunca, revolucionaria.

Sin embargo, son los puntos de vista y opiniones los que hacen ver, percibir al mundo de un modo u otro; ver aquello que uno puede percibir de acuerdo con nuestros intereses, nuestras formas de pensamiento, nuestros prejuicios. Muchas de esas visiones, sin embargo, son falsas o puede que lo sean, pero ¿de qué depende que sean falsas o no? Pues del sesgo con el que en realidad se observen, de una toma de posición o de la situación social en que se esté, o en la cual nosotros estemos. Por ejemplo, para no salir de un problema científico, el problema de la fabricación, de la elaboración y de la comercialización de organismos genéticamente modificados. El punto de vista sobre la utilidad o no de eso va a variar enormemente si uno es un campesino o si uno es un funcionario de la Monsanto. ¿Eso quiere decir que cada quien su concepción del mundo y por lo tanto cada quien “su verdad”? No, tampoco quiere decir que se haga lo que sea y ya, nadie tiene más razón que nadie. Lo que quiero mencionar es que de acuerdo con la posición en la que estamos en la sociedad podremos ver la realidad de una manera o de otra. El ejecutivo, el empresario, o incluso el científico, que recibe jugosas cantidades de dinero por trabajar en la Monsanto, va a justificar sus investigaciones, va a justificar la necesidad de la producción, de la comercialización inmediata y lo más amplia de los organismos genéticamente modificados en función de sus intereses monetarios, pero por otra parte, el campesino mostrará su oposición a aceptar eso porque implicará destruir los ecosistemas, atentar contra la salud personal y la de la comunidad, y destruir toda una forma tradicional de existencia que tiene mucho tiempo.

¿Quién tiene la razón? Alguien la tiene que tener, alguien entre esas dos posiciones; pero si uno la tiene el otro ya no la tiene. Porque una regla de la lógica, un principio de la lógica es que dos proposiciones diametralmente opuestas no pueden ser simultáneamente verdaderas. Entonces, ¿cuál es el criterio? Esto también es una cosa que se puede juzgar científicamente. La prueba de la verdad la da la actividad humana a lo largo de la historia. El criterio de verdad es un criterio que tiene que ver con la actividad de los seres humanos, no es una cosa que esté solamente en mi cabeza y en la de cada uno.

La investigación científica, si es ubicada bajo estos considerandos, se convierte en la expresión de una posición política. La investigación científica en sí ya es una posición política, muchas veces está cargada de visiones ideológicas, de imposiciones de la idea a la realidad. La posición de que la ciencia es neutralidad, es objetividad; la posición de que la ciencia no se inmiscuye en política o no tiene nada que ver con ella es una posición política en sí misma, cuya función es ocultar la posición política que tienen todas las personas que la sostienen. Decir que la ciencia no tiene nada que ver con la política es ya en sí una vinculación con la política, es una posición política. ¿Por qué existe este punto de vista tan entreverado? Porque existe una necesidad de desvincular al conocimiento científico del conjunto de actividades de la sociedad, porque esa desvinculación permite la extracción del conocimiento científico con respecto al conjunto de las actividades sociales y, después, puede permitir que cierto tipo de conocimiento científico se imponga a la sociedad, disfrazado de un manto de objetividad, de naturalidad, de verdad, aunque en muchos casos no lo sea.

El ejemplo de los organismos genéticamente modificados, la discusión que ha habido sobre eso, es uno de los mejores ejemplos contemporáneos de la imposición, a sangre y fuego si es preciso, de una visión falsa de la realidad, en contra de los intereses de la humanidad entera y a favor de los intereses de un puñado de empresarios en la Monsanto, en la Syngenta, en la DuPont y demás, que cuentan con agencias gubernamentales a su favor de antemano, tales como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos; sin considerar la cantidad de daños

o de efectos impredecibles que puede tener esa manipulación genética después de muchas generaciones; efectos inmediatos, a mediano, a corto y a largo plazo. Cuando este tipo de problemas se plantean y se ponen a debate, entonces estos científicos “puros” encuentran justificaciones de todo tipo para imponer eso. “Los biotecnólogos no tienen que ver con la política, sólo hacen secuenciaciones e hibridaciones de ADN, y eso no es política”. Pero se deja de lado, al argumentar así, que esa posición sí es política porque es precisamente una concepción de que puede haber ese tipo de manipulaciones porque está al servicio de una empresa (empresa en el sentido amplio y en el sentido estricto); una empresa con unos objetivos para los cuales les viene bien ese tipo de ciencia. Pero eso no quiere decir que sea ciencia verdadera; no quiere decir que sea ciencia que no está atravesada por una posición ideológica.

Y es que entramos aquí en un cúmulo de asuntos con los cuales se sostiene que la política no es materia más que de los políticos. La ciencia no tiene que ver con la política, se dice. ¿Cuántas veces se ha escuchado esa frase?, ¿cuántas veces se ha oído hablar de que el arte, el deporte, el amor o la sexualidad no tienen nada que ver con la política? Así expresado, resultará que nada tiene que ver con la política, nada excepto lo que los políticos profesionales hacen. Pero, ¿son esos los únicos que hacen política? La política, ¿qué es? La política está en todas partes en donde se lleve a cabo una relación social de poder y de dominación. Michel Foucault dice que el poder y la dominación no necesariamente tienen que ser una relación de coerción.⁴ Quien ejerce poder sobre alguien no necesariamente tiene que estar ejerciendo un poder coercitivo, puede ser un poder liberador. Pero hay política en cualquier lugar, en cualquier ámbito en donde se ejerza una relación de poder, por ejemplo, en la relación de pareja; y en ese sentido, es una relación política. Si la relación es homosexual, heterosexual, lésbica o lo que sea, serán distintas maneras de ejercer una relación de poder entre los sujetos involucrados, pero es una relación política. La ciencia no escapa a eso. La ciencia, el deporte, el arte, la filosofía, las relaciones de pareja, son

⁴ Foucault, M. (1998), *Vigilar y castigar*. México, D. F.: Siglo XXI; Foucault, M. (1977), *Historia de la sexualidad, 1: La voluntad de saber*. México, D. F.: Siglo XXI.

relaciones políticas, son actividades políticas. Son todas ellas relaciones de poder que, como tales, tienen una función social.

Ahora bien, el objetivo aquí es hablar de la ciencia y su vinculación con la sociedad. ¿Cómo es esa vinculación? Pues mediante una relación de tipo político. Una relación inscrita dentro de un amplio abanico de posibilidades de relaciones de poder. La ciencia tiene una función en ese sentido aunque a muchos puristas no les guste.

EVOLUCIONISMO VULGAR E IDEOLOGÍA

En biología, uno de los más importantes evolucionistas del siglo XX, Theodosius Dobzhansky, acuñó una tesis que dice: “Nada en la biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución”⁵ y claro, de una teoría que lo explique. Yo me adhiero a esa idea. La teoría de la evolución es la piedra de toque, el centro, el eje rector del conocimiento en biología desde hace mucho tiempo. ¿Qué teoría? Podríamos decir, de entrada, la teoría darwinista, aunque hay muchas modificaciones que se están haciendo a cosas que dijo Darwin, y muchas otras que se están reafirmando.

Hay en esta teoría una muy interesante tensión entre los elementos que podríamos considerar revolucionarios y los elementos conservadores.⁶ ¿Elementos revolucionarios?, ¿cuáles? La explicación dinámica y materialista del mundo. Los seres vivos se explican en función de fuerzas materiales. No hay creación, no hay misticismos, no hay religión. Se conoce mucho sobre lo que son los seres vivos en función de criterios materialistas y dinámicos; el cambio, no sólo a lo largo del desarrollo individual, sino el cambio a través de largos periodos de tiempo. Estos son los elementos revolucionarios más importantes de la teoría de Darwin. Por eso podemos considerar a Darwin, junto con Marx y Engels, como los científicos más revolucionarios del siglo XIX, al menos yo los considero así.

Pero junto con esos elementos revolucionarios de la teoría de

⁵ Dobzhansky, T. (1973), “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”, *American Biology Teacher* 35: 125–129.

⁶ Darwin, Charles (1964) [1859], *The Origin of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

la evolución, existen elementos conservadores también. Fundamentalmente están dados por la introducción de los principios de la economía política de Adam Smith y de Thomas Malthus a la teoría de la evolución. Sabemos que Darwin se apoyó mucho en estos dos economistas para encontrar el mecanismo de la selección natural. Darwin explicó que en la naturaleza existe variación, la cual es al azar y hereditaria, y enseguida hay presiones de selección: una serie de condiciones ambientales que permiten que sobrevivan unas especies y otras no; este es el mecanismo de la selección natural. Es la selección natural quien discrimina y permite que unas variedades sobrevivan y otras no, en función de su grado de adaptación y su capacidad de dejar prole numerosa. Este mecanismo ha sido de gran utilidad para comprender la evolución de las especies, pero es una muestra de la introducción de una serie de elementos ideológicos en su teoría, provenientes sobre todo de Thomas Malthus, quien plantea que hay un desequilibrio natural entre población y recursos.⁷ Un desequilibrio natural, una ley, el crecimiento de la población siempre está por encima de la capacidad de crecimiento de los recursos para la supervivencia de la población, por lo cual hay una situación de escasez permanente; de allí se deriva una lucha por los escasos recursos que existen y una naturaleza egoísta, competitiva, violenta, agresiva, territorial, de todos los organismos. Esto equivale a naturalizar lo que la filosofía burguesa venía explicando desde tiempos de personajes como Thomas Hobbes, Nicolás Maquiavelo, y posteriormente muchos economistas políticos, como Adam Smith.

¿Y por qué hay una situación permanente de escasez? ¿Es algo natural? No, son las condiciones, las reglas, las relaciones de producción del capitalismo las que fomentan una situación de escasez y la presentan como inevitable; y de la misma manera presentan al crecimiento de la población; no es una ley biológica. En el mundo capitalista, el crecimiento demográfico y más precisamente, la existencia de un excedente de población, obedece a la necesidad de este sistema por contar con un ejército industrial de reserva, es decir, con un sector de la población, que

⁷ Malthus, T. R. (1986) [1834], *Ensayo sobre el principio de la población*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

esté desempleado para permitir al capitalista bajar los salarios y chantajear a los trabajadores, con el objetivo de elevar lo más que sea posible la tasa de ganancia. Esta es una cuestión estructural del capitalismo, por lo tanto, es una característica histórica, temporal, transitoria, correspondiente al contexto de relaciones humanas que se presenta en este periodo de la historia. No es una inexorable ley biológica. Pero ni Malthus, ni los economistas políticos se dieron cuenta de esto, debido a su concepción ideológica de la historia. Darwin tampoco se da cuenta de esto e introduce ese elemento en su teoría; la impregna de elementos ideológicos.

Pero aun un elemento ideológico en ciencia puede servir de mucho. La teoría de Darwin, aun con estos componentes, posee una muy elevada capacidad heurística y gran coherencia interna; a ello se debe buena parte del gran impacto que tuvo y el prestigio que posee, pero por otra parte, esto último no le quita que sea una teoría en la que hay cierta imposición de una visión de la realidad sobre la realidad misma, una imposición de una parte de la realidad histórica humana, con sus leyes y reglas, como si fuera toda la realidad del mundo, una realidad eternamente existente. Es decir, como si todos los seres humanos y los seres vivos estuviéramos condenados a vivir permanentemente de acuerdo con las leyes de la propiedad privada y del mercado, las cuales son las que prevalecen en el capitalismo. Esto es falso, y en este sentido, eso es lo que habría que modificar en la teoría de la evolución.

De dichas tesis ideologizadas se derivan los planteamientos acerca de la selección sexual, que Darwin la plantea y postula como un tipo de selección menos severa que la selección natural y subordinada a ésta.⁸ Menos severa porque no tiene como resultado la extinción ni la supervivencia de nadie, sino que para aparearse se efectúa como una competencia (de los machos, por lo general) para obtener la mejor pareja posible de una población dada; el objetivo es producir la mayor descendencia del apareamiento de un pareja en particular. El problema es que a partir de allí Darwin naturaliza una gran cantidad de comportamientos

⁸ Darwin, Charles (1981) [1871], *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

sexuales de machos y hembras, que son en realidad el reflejo de lo que era el comportamiento social de hombres y mujeres en la Inglaterra victoriana o en los sectores de la sociedad a los que Darwin pertenecía. Las mujeres tenían que ser muy recatadas, monógamas, fieles, etc. Los hombres no, los hombres pueden ser –y usualmente son, dice Darwin– más audaces y polígamos en su comportamiento amoroso-sexual. Esta es otra naturalización, otro elemento ideológico más en la teoría darwinista.

Hay otra cosa más: la reducción. La visión cartesiana del mundo que plantea para poder entender científicamente cualquier sistema de estudio tenemos que reducirlo a sus partes más pequeñas, más simples, más sencillas, y a partir de ahí ir hacia los niveles de complejidad más elevados, es decir, recorriendo el camino inverso al de la descomposición, ir integrando y observando la manera como la propiedad esencial de esa parte mínima se va reproduciendo en las siguientes partes, en los siguientes niveles de complejidad y de explicación del mundo. Es decir, se trata de observar cómo se reproduce la esencia, cómo se transmite hasta constituirse en el elemento explicativo de todo un sistema de estudio.

CONTRA LOS ESENCIALISMOS

Ahora podemos plantearnos otras preguntas: ¿cuál es el origen de esta visión cartesiana?, ¿dónde está la raíz de esta obsesión por ir a buscar lo que es esencial en todo sistema?

Richard Lewontin afirma que esta visión cartesiana tiene que ver con un problema de la visión burguesa del mundo.⁹ En el momento en que la burguesía logra hacerse del poder tiene que deshacerse de una serie de presupuestos de la sociedad medieval y entonces construye un mundo en el cual, entre otras cosas, no es Dios el que determina cuál es nuestro destino.

¿Qué es lo que mueve al mundo? La razón, la razón humana es la esencia del individuo y el individuo es la esencia de la sociedad. La sociedad es un grupo de personas de las cuales cada una

⁹ Lewontin, R. C. (1991), *Foreword*, en Tauber, A. I. (ed): *Organism and the Origins of Self*. Boston Studies in the Philosophy of Science, Vol 129. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. XIII–XIX.

de sus partes constitutivas, o sea, cada individuo, es lo esencial; cada individuo armado con su capacidad de razonar, de pensar. Ahora bien, es perfectamente posible intentar profundizar en esta dirección y preguntarnos: Si el individuo es la esencia de la sociedad, entonces ¿cuál es la esencia del individuo, de cualquier individuo biológico? Para responder a esta pregunta, todo un programa de investigación científica se desarrolla, y se llega a la conclusión de que la célula es la parte esencial de todo ser vivo, de todo individuo, es la unidad de materia viviente que puede existir separada de las demás.

Bueno, pero aún no es posible quedar completamente conformes en esta indagación esencialista, porque perfectamente podríamos preguntarnos: ¿cuál es la esencia de la célula?, ¿dónde está lo que la hace subsistir? Sigue desarrollándose un programa de investigación en ciencia tratando de responder a estas preguntas. Y se concluye que es el núcleo, porque ahí está localizada la función reproductiva. Aquí se mete otra visión ideológica, según la cual, lo más importante en la vida de los organismos es su reproducción. Y esa tesis se reproducirá en todas las esferas de la vida social humana.

Como la parte de la célula en donde se lleva a cabo la reproducción es el núcleo, podremos investigar cuál es la esencia del núcleo; se encuentra que es el cromosoma. ¿Y cuál es la esencia del cromosoma? Más investigación nos arrojará la conclusión de que son los ácidos nucleicos, las moléculas constitutivas de los cromosomas. ¿Y en los ácidos nucleicos podremos encontrar algo que a su vez sea su esencia? Sí, el gen, la partícula depositaria de todo lo viviente, el centro originario de toda vida y de toda función en ella. Llegados a este punto se comienza a recorrer el camino inverso, queriendo ver todo tipo de características como expresión de la transmisión de algún gen que se encuentra en los ácidos nucleicos. Todo tipo de características: morfológicas y fisiológicas, y como este proyecto esencialista es insaciable, se van a querer observar en los genes las esencias de las características conductuales, psicológicas y culturales cuando se estudia al ser humano. Todo reducido a la expresión fenotípica de uno o varios genes. Esta visión es sostenida a pie juntillas por los sectores más ideologizados, más burguesamente ideologizados

en biología, tales como los partidarios de la sociobiología y de la psicología evolutiva, o en áreas más “aplicadas”, la biotecnología y la genómica.

Ahora bien, el esencialismo tiene un gran problema inherente: ¿Cómo se determina lo que es esencial en un sistema de estudio? No existen criterios definidos ni “naturales”. En principio, se trata de una elección bastante arbitraria. Decir que la partícula más sencilla que está en un sistema determinado es la esencia de ese sistema no es algo obvio, y aun cuando lo fuera habría que elaborar una teoría y una justificación de por qué esa partícula o esa entidad, junto con su función, es considerada como “esencial”. Si eso no se hace, nos encontraremos con una concepción ideológica. ¿Por qué es eso?, ¿por qué lo esencial tiene que ser la partícula más pequeña? Si adoptamos una visión atomista, parece muy obvio que esa partícula es el átomo, pues ya desde los griegos se decía que el átomo es la parte más pequeña de la Tierra. Luego la ciencia más moderna descubrió que el átomo también se podía dividir, pero del hecho de que existan partículas muy pequeñas y de que la materia en general esté compuesta de cierto tipo de partículas, o de que la materia viva toda tenga ácidos nucleicos, y que los ácidos nucleicos tengan secuencias de nucleótidos y genes, de ese razonamiento no se deriva que eso sea lo esencial. Es decir, la estructura del razonamiento es falaz.

La elección de lo que es esencial es arbitraria en la mayoría de los casos, y con esta concepción lo que se pretende observar son fenómenos o procesos de transmisión y reproducción de una propiedad, tomada como fundamental, a los siguientes niveles de organización de la materia. No se analizan los procesos de apropiación y de transformación de las características de un sistema *X* en otro. Por ejemplo, se habla de transmisión cultural. La cultura no es transmisión de información sino apropiación de conocimientos, prácticas y valores. Apropiación y transformación que transforma al mundo en función de la transformación que experimenta internamente el sujeto cognoscente. Nuestro interior se convierte en el exterior de cada uno de nosotros, porque interactuamos con el resto del mundo. Es ya el exterior, es ya nuestro exterior; la causa de lo que hacemos se convierte en un efecto y el efecto se convierte en causa de lo que estamos

haciendo, de causas posteriores. No existen estas divisiones que este reduccionismo nos pretende convencer de que existen. Con todo esto, la cultura como transmisión unidireccional de conocimiento sufre un revés, y la concepción monista de esencia del conocimiento y de la cultura también.

Regresando a la teoría de la evolución, a sus aspectos revolucionarios, vemos que las explicaciones dinámicas y materialistas del mundo, como las explica Darwin, lo llevan a acceder a una visión del mundo como totalidad. Darwin intenta, y logra con un éxito bastante grande, explicar el mundo vivo en función del conjunto de elementos que están interviniendo en el espacio y en el tiempo para poderlo comprender. Para empezar, integra estas dos dimensiones, el espacio y el tiempo. Si examinamos una comunidad biológica, observamos todas las formas de convivencia que hay ahí, de los individuos, poblaciones, etc., estamos viendo un área física. Cuando se observa eso desde una visión evolucionista se está observando el tiempo y los cambios a lo largo del tiempo, lo que es una de las más grandes aportaciones de Darwin: integrar conocimientos provenientes de geología, paleontología, economía política, demografía, biogeografía, psicología, embriología, ética, etc., en un nuevo nivel explicativo, un nivel interdisciplinario y totalizador.

Es una visión de la globalidad. No es la suma de los elementos ni mucho menos la yuxtaposición de unos con otros, es la comprensión de un nuevo y cualitativamente distinto nivel de explicación del mundo. Es una forma, es una ruptura con todas las visiones anteriores, porque logra integrar todos esos elementos en una nueva forma de comprensión. Una comprensión dinámica y materialista, una concepción de integraciones entre el espacio y el tiempo. Es la reacción contraria a la fragmentación y a la parcelación del mundo, es la reacción contraria a la ideologización del mundo; aun cuando en Darwin mismo existan elementos de la economía política como los que se oponen a esta visión revolucionaria, lo cual no tiene que ser algo que demerite la teoría de Darwin. Toda gran teoría científica tiene tensión entre elementos que son contrapuestos. La tiene Darwin, la tuvo Lamarck en su momento, y conviene recordar que Lamarck es el primer evolucionista de los tiempos modernos y no Darwin.

Lo que quiero expresar es que estos dos componentes de la teoría de Darwin que forman esta tensión son resultado de posiciones políticas, de puntos de vista políticos. Ninguno de nosotros es ciento por ciento coherente en lo que hace y lo que dice; tenemos nuestras contradicciones, tenemos nuestras incoherencias, y Darwin no tiene por qué ser la excepción. Somos un producto que está modificándose en cada momento. Darwin era así también. Junto a su visión claramente revolucionaria tenía puntos de vista francamente conservadores y de esa oposición surgió su teoría tal como surgió, y se ha desarrollado y fortalecido como lo ha hecho. Pero esta visión, estos elementos ideológicos son los que desgraciadamente han dominado en muchos aspectos de la teoría de la evolución, y en particular, en los aspectos que se refieren al estudio de la evolución humana. Allí es donde los elementos ideológicos se han metido a profundidad.

Decía yo que la tensión entre estos elementos es resultante de posiciones políticas. Por una parte, el reduccionismo y el esencialismo, presentes en la teoría de Darwin, plantean una posición, una posición ideológica y una posición política de naturalización, de pretendida eternización de valores y conductas propias del capitalismo. Por otra parte, el materialismo y la dimensión dinámica darwinistas, el concebir al mundo como cambio, también implican una posición política y muy revolucionaria. Por esa razón Marx y Engels se sintieron fascinados con *El origen de las especies* e incluso llegaron a afirmar, inicialmente, que la darwiniana era la misma visión que ellos dos tenían, aplicada al mundo de los seres vivos.

Esta posición revolucionaria va a contrapelo, a contracorriente de los procesos de esencialización, decía yo; el proceso de esencialización es arbitrario porque se escoge como esencial lo que me conviene o lo que se adapta a mí, a mi idea del mundo, a mi forma de ver las relaciones de propiedad y a mi forma de ver las relaciones en el mundo. En este mundo capitalista las relaciones humanas son relaciones de propiedad privada y relaciones de mercado. La ideologización consiste en pensar que esas relaciones son eternas, ahistóricas, suprasociales, no que sean expresiones de una época histórica y transitoria de la humanidad.

No debe extrañar que estas tesis ideológicas se introduzcan

desde la ciencia a las demás formas de vida cotidiana, porque estamos en la época del neoliberalismo, en donde esta fetichización, esta concepción esencialista a ultranza de las relaciones de propiedad, de las relaciones de mercado, alcanza a todos los ámbitos de la sociedad. Todo se ha convertido en relación de mercado, relaciones de propiedad privada, todo; todo tiene que ser visto así, de acuerdo con la concepción capitalista. El observar como lo esencial del mundo a esas relaciones y categorías es, como ya lo decía, una consecuencia de una posición política. Pues claro, si yo soy dueño de una gran empresa capitalista, lo que voy a defender es lo natural, la naturalidad de mi derecho a poseer esa empresa y a explotar una fuerza de trabajo. Pero eso es falso, o sea, eso no es natural.

Dentro de la teoría darwinista de la evolución se desarrolla una visión ultra ortodoxa, en la que dominan los elementos ideológicos de los que hemos hablado y, desde luego, una concepción esencialista del mundo. De acuerdo con ella, la selección natural es explicada como selección de variaciones transmitidas exclusivamente en y por el genoma. En los seres vivos nada es más que reproducción y transmisión de esencia. Uno de los ejemplos más claros de esto es la ya clásica obra de Richard Dawkins, *El gen egoísta*, publicado en 1976. Para Dawkins, las unidades de la selección natural y la evolución son los genes, los cuales están dotados de una voluntad especial para luchar por su supervivencia y por ello transmitirse una y otra vez a las siguientes generaciones. Todo es transmisión; transmisión nada más de las características que están ubicadas en el gen: es así como llega a afirmar: "Todos nosotros no somos sino vehículos ciegamente programados para seguir como robots las instrucciones de nuestros genes".¹⁰

Esta visión monista del mundo, que entiende a la evolución sólo como transmisión, como proceso esencial, y como transmisión de componentes esenciales del organismo, no llega a comprender la complejidad del proceso evolutivo total. Con esta óptica no se puede comprender la pluralidad de los procesos de cambio en los seres vivos a lo largo del tiempo. No se comprende que en el proceso de la evolución se lleva a cabo una evolu-

¹⁰ Dawkins, R. (1976), *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press, p. v.

ción. La evolución que solamente ve transmisión, transmisión, en realidad no ve la evolución ni la comprende; para esta visión es una evolución subordinada a una esencia que permanece constante, hay algo que no cambia, ¿qué es ese algo?, esa naturaleza propia de los genes, cuyo fin es reproducirse, eso no cambia. Ese egoísmo, esa territorialidad, esa naturaleza competitiva y demás, son eternas. Entonces, naturalización de relaciones de poder y de relaciones sociales capitalistas. No se comprende entonces que haya cambios de cantidad en cualidad, no se comprende que haya saltos cualitativos en la evolución, es decir, saltos en los cuales lo que resulta del proceso no puede comprenderse ni única ni principalmente de acuerdo con los principios que existían antes del proceso.

Podemos poner algunos ejemplos de esto: El paso de la reproducción asexual a la reproducción sexual es un cambio cualitativo, la reproducción sexual no es reproducción asexual en grandote, la reproducción asexual no es reproducción sexual en chiquito, son dos cosas cualitativamente diferentes. El paso de la heterotrofia a la autotrofia, autotrofia no es heterotrofia más radiación solar, no, es otro nivel de explicación. La multicelularidad y unicelularidad también cumplen este efecto. Y para acabar pronto, el paso de la materia no viva a la viva no es la reproducción de moléculas que transmiten información, sino un nivel de explicación cualitativamente diferente, distinto.¹¹

Quienes defienden una visión reduccionista, esencialista, no se dan cuenta de la naturaleza profunda de la evolución, es decir, que en la evolución hay evolución de los propios mecanismos y procesos evolutivos. No se trata de un único proceso lineal. Darwin, al postular el principio de divergencia de caracteres o del ancestro común, fue de los primeros que negó la linealidad del proceso. En cada punto de la evolución se abren distintas posibilidades, ¿cuál sí y cuál no?, eso no lo sabemos, pero no es lineal, no es un sólo proceso, no es un sólo nivel de comprensión del asunto. El paso de los primates y homínidos a los seres humanos es otro de los procesos en los cuales hay un salto cualitativo, porque en el ser humano no se violan las reglas o los principios

¹¹ Oparin, A. I. (1965) [1938], *The Origin of Life*. New York: Dover Publications Inc.

de la evolución biológica ni tampoco principios de la química y de la física, sino que se agregan otros que son los que propiamente explican al ser humano. No nos explicamos en función de las interacciones que hay entre los protones y los electrones que hay en cada uno de nuestros átomos. Difícilmente vamos a encontrar una explicación para esta reunión en función de eso, por ejemplo, y a nadie se le ocurre hacerlo; es otra cuestión, es una evolución propia en función de la historia, en función de la cultura, es una evolución propia de la especie. A diferencia de otras especies, la especie humana evoluciona sin dejar de ser especie humana, *Homo sapiens*.

Las últimas versiones de estas visiones del determinismo genético son la sociobiología, que tiene sus orígenes a mediados de los años setenta, con la publicación de: *Sociobiología: la nueva síntesis*, del entomólogo de Harvard, Edward O. Wilson,¹² y la psicología evolutiva, que es la hija predilecta de la sociobiología y que viene de inicios de la década de los noventa.¹³ Ambas plantean, básicamente, que los seres vivos y los seres humanos en particular, estamos estrictamente determinados por nuestros genes en todas nuestras características, sean morfológicas, fisiológicas, psicológicas, culturales, etc. La psicología evolutiva es la última y más reciente versión en donde se plantea esta reducción de los seres humanos a dos cosas: a un proceso de transmisión de información y a una vida en función de las leyes del mercado y de la propiedad privada. Incluso se llega a manejar una visión de la sexualidad que ya va para atrás un poco, incluso dentro del propio mundo capitalista; una visión de la sexualidad estrictamente monogámica, heterosexual, reproductivista y falocrática. O sea, la sexualidad humana, según la psicología evolutiva, es eso: una sexualidad que tiene como fin no el placer, sino la reproducción biológica. La cual tiene que llevarse a cabo en relaciones monogámicas y de propiedad privada entre hombre y mujer (por cierto, una binariedad que ya cada vez menos personas sostienen).

¹² Wilson, E. O. (1975), *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

¹³ Cosmides, L., Tooby, J. y Barkow, J. H. (1992), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. New York: Oxford University Press.

No es cierto que la sexualidad humana sea reproducción; tiene una explicación propia. Y mucho menos cierto es que tenga que ser una cosa en donde tenga que haber algún elemento, algún miembro de alguno de los participantes de una relación sexual, concretamente el pene masculino, que sea el esencial. Esto es una cosa que ha sido defendida enormemente, entre otros, por la psicología evolutiva.

Como conclusión, opino que la tarea de la biología evolutiva en la actualidad es justamente deconstruir y develar el trasfondo ideológico que se encuentra detrás de estas visiones reduccionistas y esencialistas, las cuales bien pueden ser llamadas pseudocientíficas; pseudocientíficas, porque el elemento, el peso del elemento ideológico en ellas es lo predominante. No predominan las concepciones más revolucionarias en la teoría de la evolución. Entonces, la tarea es develar ese tinte ideológico y construir una ciencia de la evolución a partir de la totalidad y no desde la esencia.

CIENTÍFICOS EN POLÍTICA: ¿ACIERTO O ERROR?

*Luis Gottdiener**

Gracias por estar aquí. Hoy había varias conferencias interesantes con ponentes muy buenos, así que gracias por venir. Quisiera felicitar a Luis Carlos y a Eduardo por resucitar este Seminario de Ciencia y Sociedad,¹ el cual existió hace muchos años y luego desapareció,² pero es útil porque proporciona un espacio para tratar cuestiones que sería difícil tratar en otros lados. Ahí están mis datos por si alguien se interesa en estos temas para hacer algún trabajo o tesis, o sencillamente quiere aclarar alguna de las cosas que voy a decir.

¿QUÉ ES INTERVENIR EN POLÍTICA?

Esta pregunta no es sencilla de contestar, pues es muy ambigua. Si una plática lleva como título una pregunta, se supone que el ponente se abocará a contestarla, pero de manera algo atípica dedicaré la mayor parte del tiempo a aclarar el significado de la pregunta. Una vez hecho esto, hablaré de los posibles métodos de “intervención política”, y cerca del final trataré de contestar la pregunta.

* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. / luisgrgt@hotmail.com

¹ Luis Carlos Velázquez y Eduardo Vizcaya Xilotl fueron los profesores del Seminario de Ciencia y Sociedad II, que en 2011 organizó una serie de conferencias, incluyendo la que sirvió de base al presente ensayo, y que tuvo lugar en la Facultad de Ciencias el día 15 de noviembre de 2011.

² El grupo de Ciencia y Sociedad existió en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias (UNAM) en los años 70 y parte de los 80.

A veces es muy claro lo que significa intervenir en política; por ejemplo, si se participa en una marcha de protesta o apoyo, pero no siempre lo es, pues, para comenzar, no me referiré aquí sólo a política nacional, que es lo primero en que se piensa, sino a política internacional o científica. Política científica, en el caso de México, cubre cosas como el PRIDE, el SNI, el Estatuto del Personal Académico, y otros asuntos relacionados con el sistema científico.³

Hay otra razón por la que no es obvio el concepto de intervenir en política, y es que el académico que hace dicha intervención puede considerarla científica y no-política, mientras que alguna persona o entidad externa puede opinar lo contrario. Entonces es un título no muy preciso, es como decir que “alguien está causando problemas”.

TIPOS DE INTERVENCIÓN EN POLÍTICA

Existen diversas formas de intervención, y a continuación mencionaré doce de ellas, con ejemplos internacionales y de México. Seguramente hay más, o pueden clasificarse de otra manera.

1. El propio trabajo científico

Un tipo de intervención muy común es la que ocurre a través del propio trabajo del científico. Esto es bien conocido, pero también discutible si debe considerarse política, aunque las consecuencias lo sean, y de gran impacto. Ustedes conocen los nombres de Rutherford, Lise Meitner, Madame Curie, que fueron pioneros de la radiactividad y de la física nuclear, fenómenos que han tenido consecuencias políticas extraordinarias.⁴ Se puede, entonces, decir que tuvieron una intervención política, aunque retrasada con respecto a su actividad científica, de la cual posible-

³ PRIDE: Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (UNAM). El Sistema Nacional de Investigadores (SNI), creado en 1984, otorga nombramientos de Investigador Nacional, así como incentivos económicos.

⁴ Ernest Rutherford (1871-1937): físico nacido en Nueva Zelanda, Premio Nobel de Química en 1908. Lise Meitner (1878-1968): física nacida en Austria. María Curie (1867-1934): química y física de origen polaco, recibió dos Premios Nobel.

mente ellos mismos no se percataron. Si uno hubiera llegado con Madame Curie y le hubiera dicho: “lo que usted hace es político”, probablemente se habría sorprendido mucho, porque a ella se le considera prototipo del científico puro, que trabaja exclusivamente por el interés en el conocimiento.

Otro ejemplo es el trabajo del matemático inglés Boole, que con su álgebra booleana sentó las bases de la computación. Eso también ha tenido repercusiones económicas y políticas enormes, aunque seguramente Boole, que trabajó en el siglo XIX, no previó eso.⁵

2. Cuestiones netamente políticas

El segundo tipo de intervención es en cuestiones no científicas, de tipo netamente político, y ahí sí queda claro que la gente interviene en eso. Por ejemplo, algo muy de moda ahora (nov. 2011) son las elecciones presidenciales. Las hubo también hace unos años en Estados Unidos, donde compitieron Barack Obama y John McCain, y muchas personalidades, incluyendo científicos, expresaron abiertamente su apoyo a uno u otro candidato. En México salió hace poco una carta de apoyo a Marcelo Ebrard firmada por noventa intelectuales, entre ellos un par de físicos y un biólogo.⁶ Estas son claramente actividades políticas: manifestar apoyo a un candidato, participar en una marcha, etc., y son del tipo que puede realizar cualquier ciudadano, sea científico o no.

3. De tipo político, pero requieren preparación especializada

Otra forma de intervención es en cuestiones con repercusiones políticas, pero que requiere de preparación especializada y por

⁵ Este ensayo se concentra en las formas de participación voluntaria de los científicos, pero un revisor del mismo ha señalado que éstos participan “como agentes que producen conocimiento y, como tales, operan en la sociedad como generadores de poder y de valor, y con ello... como agentes políticos-estructurales por su actividad misma”. Este apartado, sobre el “propio trabajo científico”, pretendía hacer notar este punto.

⁶ El desplegado del 3 de noviembre de 2011 expresaba apoyo al entonces Jefe de Gobierno del D.F., M. Ebrard, como candidato a la Presidencia de México en las elecciones de julio de 2012.

tanto no cualquiera la puede hacer. Los matemáticos aquí presentes seguramente han oído de Henri Poincaré, un matemático muy destacado del siglo XIX y parte del XX. Poincaré participó en el famoso caso Dreyfus ocurrido en Francia a fines del siglo XIX, prestando testimonio a favor de Dreyfus, un oficial del ejército francés que había sido acusado de espionaje. Después se hizo un enorme escándalo político en Francia porque se vio que esta persona era inocente. Entonces Henri Poincaré dio su testimonio indicando que cierta evidencia que se había presentado en contra de Dreyfus era muy débil.

Otro científico famoso, Niels Bohr –todos los físicos han oído de él– participó en múltiples actividades, y una de ellas fue durante la Segunda Guerra Mundial, cuando a muchos físicos el gobierno estadounidense les pidió trabajar en el desarrollo de la bomba atómica. Bohr, con gran visión, se dio cuenta de que la existencia de armas atómicas iba a cambiar toda la política en los años próximos, y mientras los científicos estaban ocupados en desarrollar una bomba para Estados Unidos, él ya estaba dando el paso siguiente. Daba por hecho que se fabricaría esa arma, pero veía que eso cambiaría las relaciones políticas entre los países, y era muy peligroso que varios tuvieran bombas nucleares porque podía desatarse una guerra. Según Bohr, si estallaba una guerra nuclear iba a durar un solo día. ¿Por qué? Porque en un día iban a destruirse todos los beligerantes. Entonces Bohr habló con líderes mundiales como Churchill y Roosevelt, y otros, y les dijo que era importante que el conocimiento de las armas nucleares se compartiera, que no fuera secreto.⁷

En particular, sostenía Bohr, había que compartir el conocimiento atómico con los soviéticos, quienes en la Segunda Guerra Mundial eran aliados de Estados Unidos e Inglaterra, y si estos últimos mantenían la cuestión en secreto, generarían mucha sospecha del lado ruso. Esta idea de Bohr lamentablemente no se llevó a cabo, aunque sí logró algo que mencionaré después, pero es admirable que haya tenido esa visión y la iniciativa de hablar con líderes mundiales, y de publicar cartas abiertas en periódicos, etc. Obviamente, no cualquiera podía hablar con Churchill

⁷ Pais, A. (1997), *A Tale of Two Continents: A Physicist's Life in a Turbulent World*. New Jersey: Princeton University Press, pp. 162, 165, 167.

o Roosevelt, como hoy no lo podría hacer con Obama o Putin,⁸ para ello hay que ser una figura importante. Pero además había que decidirse a hacerlo, y Bohr lo hizo.

Otra persona que tuvo una intervención parecida fue Linus Pauling, un químico que obtuvo el Premio Nobel, y que después de la guerra estuvo activo en lograr la prohibición o limitación de las armas nucleares. Lo que hizo fue tratar de contener el problema que Bohr había previsto. La actividad de Bohr ocurrió durante los años de guerra hasta principios de los cincuenta, y la de Pauling fue algo posterior, cuando ya estaba la carrera nuclear en pleno desarrollo.⁹

Un ejemplo más es el de Robert Oppenheimer y Norbert Wiener, este último uno de los pioneros de la computación. En los años sesenta se movilizaron en relación con un problema que sigue vigente. Se dieron cuenta de que con el desarrollo de las computadoras y la automatización en las fábricas se perdería gran cantidad de empleos. Les preocupaba que millones de personas quedaran sin empleo, porque las máquinas y las computadoras harían múltiples tareas en lugar de la gente. Elaboraron una carta abierta y se reunieron con altas autoridades de Estados Unidos para ver qué se podía hacer al respecto. Aunque hubo cierta receptividad a sus ideas, no tuvieron éxito, pues era un problema que no se sabía cómo atacar, y hasta la fecha no se sabe. Pero Oppenheimer y Wiener, hace cincuenta años, ya estaban previendo eso que pasa hoy, y no sólo hoy sino desde hace bastante tiempo.¹⁰

Todas estas personas que he mencionado eran figuras importantes que podían acercarse a presidentes y altos funcionarios, pero quiero dar un ejemplo de una persona que, aunque después se volvió una figura, no lo era en ese momento. Se llama Ralph Nader y no es un científico, pero sí una persona preparada, con un doctorado en leyes.

En los años sesenta Nader hizo una denuncia enérgica de la industria automovilística de Estados Unidos, diciendo que los

⁸ Barack Obama (n. 1961): Presidente de los E.U.A. a partir de 2009. Vladimir Putin (n. 1952): Presidente de Rusia de 2000 a 2008.

⁹ Linus Pauling (1901-1994): científico estadounidense, Premio Nobel de Química en 1954 y Premio Nobel de la Paz en 1962.

¹⁰ Rifkin, Jeremy (1995), *The end of work*, New York: G.P. Putnam's Sons, p. 81.

autos que fabricaba eran sumamente peligrosos, que la industria carecía de conciencia de seguridad y eso ocasionaba muchas muertes. A la larga, tuvo considerable éxito en que se fabricaran automóviles más seguros. Después se volvió una celebridad, pero en los años sesenta no lo era. Se dio a conocer a raíz del libro que escribió en 1965, titulado: *Inseguro a cualquier velocidad*, donde se refería a los automóviles de la industria estadounidense.¹¹

4. Armamento, a petición del gobierno

Hasta ahora he hablado de cuestiones no científicas, pero en este apartado 4 ya me referiré a cuestiones científicas, aunque relacionadas con armamento. Esto es algo no muy agradable de mencionar, pero ha habido muchos científicos, incluso famosos, que han participado en este ramo. Generalmente ocurre a petición del propio gobierno, y uno de los primeros ejemplos que conocemos es el de Arquímedes, que dio algunas ideas sobre cómo atacar las flotas enemigas de su nación. De ahí doy un salto muy amplio –y seguramente hay muchos ejemplos en el lapso intermedio– hasta la Segunda Guerra Mundial, donde hubo muchísimos científicos, creo la mayoría, por lo menos en Estados Unidos, que participaron en cuestiones relacionadas con armamento, en especial la bomba nuclear.

Está por ejemplo Richard Feynman, cuyo nombre todos los físicos aquí conocen, que trabajó en el laboratorio de Los Álamos. Luis W. Álvarez, tal vez menos conocido, pero también Premio Nobel de física, igualmente colaboró en desarrollos militares. Robert Oppenheimer, desde luego, pues fue el director del proyecto atómico. Asimismo, Ernest Lawrence, el inventor del ciclotrón, también Premio Nobel. En ese momento varios de estos físicos no tenían el Nobel; Feynman seguro no lo tenía, porque era en los años cuarenta, y a él se lo dieron veinte años después. Compton, que sí tenía el Nobel en esa época; Rudolf Peierls, Eugene Wigner (posteriormente laureado Nobel también), Edward Teller, y del lado alemán el famoso Werner Heisenberg. Hay cierta polémica sobre qué exactamente hizo Heisenberg, pe-

¹¹ Nader, Ralph (1965), *Unsafe at Any Speed; The Designed-In Dangers of the American Automobile*. New York: Grossman.

ro todos ellos participaron en cuestiones de armamento utilizando sus conocimientos de física.¹²

5. Armamento, iniciativa propia

Este inciso es similar al anterior, pero ahora ocurre por iniciativa propia, no a petición del gobierno. A los que estuvieron en Los Álamos el gobierno les pidió que colaboraran, y como había una situación de guerra era muy difícil para ellos decir: “Yo no voy a hacer nada”, pues les hubieran dicho: “La nación está en peligro y te necesita”, y era una presión muy fuerte sobre ellos. En cambio, donde el individuo participa por iniciativa propia, resulta muy interesante.

Tenemos, por ejemplo, la famosa intervención de Einstein y Szilárd. Szilárd era un físico húngaro que convenció a Einstein de dirigir una carta al presidente Roosevelt; es la carta que se muestra en el cartel de esta conferencia, en la que advertía al presidente que, en vista de los descubrimientos recientes –de fines de los treinta– relacionados con el núcleo atómico, había la posibilidad de producir una reacción en cadena y crear armas muy potentes. Es interesante leer con detalle esta carta, que fue idea de Szilárd. Él visitó a Einstein y le manifestó su inquietud. Todavía no había estallado la guerra en ese momento, pero Alemania ya había invadido Checoslovaquia, que poseía minas de uranio, y suspendió las ventas de uranio. A Szilárd, que había estado trabajando en cuestiones nucleares, eso le llamó la atención y pensó que algo tramaban los alemanes. Fue con Einstein y le comunicó sus sospechas. Einstein fue receptivo a esto y envió la carta. Algunos dicen que Einstein exhortó al presidente

¹² Richard Feynman (1918-1988): físico estadounidense [1965]. Luis W. Álvarez (1911-1988): físico experimental estadounidense [1968]. J. Robert Oppenheimer (1904-1967): físico, director científico del Proyecto Manhattan que desarrolló la bomba atómica en Estados Unidos durante los años de la Segunda Guerra Mundial. Ernest O. Lawrence (1901-1958): físico estadounidense [1939]. Arthur H. Compton (1892-1962): físico estadounidense [1927]. Rudolf Peierls (1907-1995): físico británico nacido en Alemania. Eugene P. Wigner (1902-1995): físico húngaro naturalizado norteamericano [1963]. Edward Teller (1908-2003): físico húngaro naturalizado estadounidense. W. Heisenberg (1901-1976): físico alemán [1932], uno de los creadores de la mecánica cuántica. (N. de los eds. *La fecha* [entre corchetes] indica el año en que recibieron el Premio Nobel de Física.)

Roosevelt a crear una bomba atómica, pero la carta que muestra el cartel no dice nada de eso, sólo afirma que hay una posibilidad de construir armas muy poderosas. Es una carta que vale mucho la pena leer detenidamente, porque está en el estilo de un científico que dice las cosas con precisión y cuidado. No es una carta neurótica que diga: “¡Tenemos que hacer una bomba lo antes posible!” No. Advierte de un riesgo y exhorta a tomar acciones, pero no llama a construir bombas.

Otro ejemplo que indico en la transparencia es el de un señor Fuchs. ¿Alguien ha oído de él? Fuchs era físico y estaba trabajando en Los Álamos en el proyecto de la bomba atómica, pero por debajo de la mesa pasaba información a los soviéticos. Ésta, obviamente, es una actividad en general no muy recomendable, peligrosa desde luego, pues si los americanos se hubieran dado cuenta de lo que hacía, posiblemente lo hubieran mandado a la silla eléctrica o algo así, como sucedió después con otras personas que pasaron mucho menos información. Evidentemente, la palabra espía tiene muy mala connotación, pero en el caso de Fuchs, sus motivos eran ideológicos y hacía más o menos lo que Bohr dijo que había que hacer: compartir la información con los soviéticos, que eran aliados militares. Pero Bohr sólo lo propuso y Fuchs lo hacía clandestinamente. Sin embargo, hay que aclarar que desarrollaba su actividad pensando que la Unión Soviética no debía quedar desprotegida, y por lo menos estar a la par en conocimiento de lo que se hacía en Estados Unidos.¹³

6. Actividad científica con posibles repercusiones políticas

Sigo en las cuestiones científicas, pero ya no relacionadas con armamento. Ahora se trata de cuestiones científicas con posibles repercusiones políticas. Esta categoría es muy interesante. ¿Qué significa que algo tenga esas repercusiones? Es un concepto muy amplio y depende del régimen de gobierno en el que uno se encuentre. Mientras más cerrado o dictatorial sea un régimen, más cosas entrarán en la categoría de “tener repercusiones políticas”. En los países totalitarios, incluso un directorio telefónico

¹³ Fuchs, Klaus (1911-1988): físico alemán, realizó labores de espionaje a favor de la Unión Soviética.

puede considerarse información reservada. Entonces “repercusiones políticas” puede aplicarse a muchas cosas. En cada país, en cada época, hay temas científicos cercanos a la política que se consideran delicados y no pueden tocarse con total libertad. Un ejemplo de hace muchos años es la teoría heliocéntrica, que hoy los niños de primaria aprenden, y según la cual los planetas giran alrededor del Sol. Pero en la época de Galileo era un tema muy delicado, sobre el que no se podía hablar o publicar con libertad.

En la actualidad, ¿cuáles son esos temas que pueden ser delicados aunque se presten a estudios académicos o científicos? La desigualdad del ingreso podría ser uno. Si uno va hoy a una universidad privada en Estados Unidos y dice: “Quiero hablar sobre la desigualdad del ingreso”, a lo mejor le preguntan: “¿Acaso eres socialista?” Porque la desigualdad del ingreso, aunque se presenta en la mayoría de los países, en algunos es un tema que no se ve con mucha simpatía. O la situación o los derechos de las minorías.

Si acudimos a ciertas universidades del Medio Oriente y decimos que queremos hablar de los derechos de las minorías, aunque tengamos datos y todo muy bien estudiado, quizá no les guste demasiado.

La energía nuclear es otro tema cuya discusión no en todos los lados es bien vista. Si quisiéramos dar una conferencia de los accidentes nucleares que ha habido desde que hay reactores nucleares, a algunos no les va a agradar. El cambio climático, las drogas, son temas importantes con los que hay que tener cuidado. Sobre las drogas les puedo contar una pequeña historia. Leí hace tiempo un artículo donde se hablaba de la posible legalización de las drogas. El autor, estadounidense, se preguntaba: “¿Qué pasaría si las legalizamos?” Daba una serie de datos, diciendo que se podrían cobrar impuestos, habría tanta producción, se venderían aquí sí y allá no, analizaba las posibilidades y al final decía: “No hagan ningún caso de lo que he dicho, porque todo esto es imposible que suceda. Jamás ocurrirá”. Me llamó la atención que primero está el artículo bien razonado y argumentado, y luego dice: “No me hagan caso, es algo totalmente imaginado”. Lo que esto revela, creo, es que no quería el autor pare-

cer partidario de esta postura y por tanto la discutía como algo muy hipotético. Es señal de que un tema no se puede tratar con total apertura. Este problema no es exclusivo de los científicos; les ocurre a reporteros, a locutores de televisión, a literatos. Hay cuestiones que no conviene comentar, y a la gente que trabaja en la televisión, por ejemplo, le dicen: “sobre esto no hables”, “con aquello mucho cuidado”.

El caso de Galileo ya lo mencioné. Se metió en líos porque manifestó estar de acuerdo con la teoría copernicana. Ha habido otras personas que intervinieron en cuestiones delicadas. Una de las lecturas sugeridas para esta plática es sobre Luis W. Álvarez, y entre las múltiples cosas que hizo está un análisis del asesinato del presidente John F. Kennedy, con base en la película de un aficionado tomada en el lugar de los hechos. Había un fuerte debate en Estados Unidos sobre si en el crimen participaron un tirador o dos, y Álvarez hizo un estudio muy interesante de la película y concluyó que intervino uno solo. Esto puede parecer un detalle no tan importante, pero dos tiradores ya hablan de una conspiración, y entonces sí era importante.¹⁴

Otra cuestión de este tipo es la que analizaron Mario Molina y Sherwood Rowland. En 1974 publicaron un artículo diciendo que existía un riesgo para la capa de ozono debido a sustancias químicas que ingresaban a la atmósfera.¹⁵ En ese momento Molina era joven, tenía como 30 años, y cursaba un postdoctorado en Estados Unidos. Entonces la gente no decía: “¡Mario Molina dijo esto!”, pues él era apenas un académico como muchos otros. En su artículo, publicado en la revista *Nature*, se trataba un tema netamente científico, pero con repercusiones económicas importantes, advirtiendo que estas sustancias –llamadas CFCs– podían causar un daño muy serio. Más adelante los mismos autores propusieron que se suspendiera el uso de dichas sustancias, y la reacción de la industria química fue la que cabía esperar: que no era cierto, que no había bases, que la investigación de Molina y Rowland era deficiente, etc. Molina no tenía ningún deseo de

¹⁴ La lectura sugerida para la plática fue: Gottdiener, L. (1997), “La física y las conspiraciones”, *Bol. Soc. Mex. Fis.* 11-1: 23. El estudio de Álvarez se publicó en 1976, *Am. J. Phys.* 44: 813.

¹⁵ Molina, Mario J. and Rowland, F.S. (1974), “Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone”, *Nature* 249: 810.

meterse en política, pero al publicar su investigación entró en un terreno con repercusiones políticas y económicas.¹⁶

Eso fue en Estados Unidos. Aquí en México hay una bióloga, Valeria Souza, que ha hablado sobre el riesgo, y más que riesgo, daño, a un lugar que se llama Cuatro Ciénegas que está en Coahuila, donde hay unas lagunas que desde el punto de vista biológico son de gran valor porque las habitan unos microorganismos muy antiguos. Cerca de ese lugar había ganaderías donde se les ocurrió perforar pozos para sacar agua para el ganado. De repente empezó a bajar el nivel de las lagunas, y aunque los funcionarios del medio ambiente fueron advertidos de lo que pasaba, dijeron: "Es lamentable, pero no tiene nada que ver con los pozos". Esta bióloga ha hecho una labor importante de difusión y defensa del sitio. ¿Quiénes han escuchado de Cuatro Ciénegas? Como la mitad. En fin, es otra persona que estaba dedicada a sus estudios y no tenía ningún deseo de entrar en cuestiones políticas, pero al ver lo que estaba pasando, inmediatamente entra en conflicto con las ganaderías, que además pertenecían a empresas muy fuertes.¹⁷

Tenemos aquí en la Facultad de Ciencias el TARMA (Taller de Análisis Radiológico de Muestras Ambientales), desde donde el físico Bernardo Salas dio datos de materiales radiactivos que encontró en varios lugares y se metió en una serie de problemas que no se puede decir que los estaba buscando, pero como son cuestiones que crean alarma, la posición de algunos sectores es: "mejor no hablar de eso".¹⁸ Todas estas personas, cuando creen que están viendo o han encontrado algo importante, tratan de darlo a conocer, y eso tiene repercusiones políticas.

Hay una película muy interesante llamada *El cambio*, de hace cuarenta años, con el actor Sergio Jiménez, que ya falleció, y

¹⁶ Mario Molina (n. 1943): químico mexicano. F. Sherwood Rowland (1927-2012): químico estadounidense. Ambos, junto con Paul Crutzen, obtuvieron el Premio Nobel de Química en 1995.

¹⁷ Véase: a) L. Gottdiener (2006), "Parque jurásico en peligro", *Foro* 18 no.8: 55. b) Verónica Guerrero (2007), "Cuatrociénegas, laboratorio de la evolución", *¿Cómo ves?* 101. c) www.cronica.com.mx/notas/2013/727813.html

¹⁸ Rubén Villalpando, Guadalupe López, "Inspeccionan en Chihuahua depósito de desechos contaminados con cobalto 60", *La Jornada*, 20-4-2004. Israel Rodríguez, "Desechos radiactivos a cielo abierto, autorizó el gobierno", *La Jornada*, 4-8-2004.

el entonces joven Héctor Bonilla. Si Eduardo y Luis Carlos pueden conseguir esta película, sería de interés para su curso porque muestra la historia de unos jóvenes que vivían en la Ciudad de México y estaban hartos del smog y el tráfico –eso fue hace cuarenta años, imagínense lo que dirían ahora– y deciden irse a un lugar apartado y llevar una vida más tranquila. Ahí encuentran unos lagos muy bonitos pero sumamente contaminados, y al investigar las causas de ello y tratar de hacer algo al respecto, se meten en severos líos con las autoridades.¹⁹ Entonces, a menudo se ignora qué tendrá repercusiones políticas. Como una definición medio en serio, medio en broma, se puede decir que algo es “político” cuando molesta a alguien importante.

7. Sistema científico y educativo

Otros temas se relacionan, más que con ciencia estrictamente, con el sistema científico o educativo. Sobre ello pueden presentarse planes, sugerencias, críticas, y eso puede incomodar a ciertas personas. El Dr. Mauricio Schoijet, de la UAM, por ejemplo, ha hecho críticas al sistema científico, en particular al SNI.²⁰

Contaré una experiencia personal relacionada con otra lectura recomendada para esta plática, titulada: “Tercermundismo estudiantil”. Hace años escribí un artículo al que llamé “El estudiante tercermundista”, y lo envié para su publicación al *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*. Para mí era algo netamente educativo, que trataba de ciertos malos hábitos estudiantiles. No les gustó mucho a los de la revista, y el manuscrito estuvo como seis meses en arbitraje. Primero lo rechazaron, y también dijeron que el título era un poco fuerte y que le pusiera otro. Finalmente salió el artículo, pero después de algo de lucha.²¹

Otro artículo que escribí sobre una revista científica mexicana, donde no mencionaba a ninguna persona en particular y sólo señalaba ciertas deficiencias de la revista, no lo aceptó el mismo *Boletín* y ni siquiera me mostraron los comentarios de los árbitros. En fin, estas cosas que mencioné en el punto 7, están re-

¹⁹ *El cambio*, película mexicana de 1971 dirigida por Alfredo Joskowicz.

²⁰ Schoijet, M. (1991), *La ciencia mexicana en la crisis*. México: Nuestro Tiempo.

²¹ Gottdiener, L. (2002), “Tercermundismo estudiantil”, *Bol. Soc. Mex. Fís.* 16-4: 241–243.

lacionadas no con política nacional ni con armamento, sino con política científica y educativa. Sin embargo, al hacer una crítica, suele uno encontrarse con resistencias o antagonismos.

8. Pro/anti

Un tipo adicional de intervención política es la que denomino pro/anti. Pro/anti es la postura de gente con una actitud sistemática a favor o en contra de algo, que puede ser científico o no. En relación con la energía nuclear, por ejemplo, hay pro-nucleares y antinucleares, pero sistemáticamente son una cosa u otra. En el terreno político hay pro-estadounidenses, o pro-Cuba, o anti-Cuba, etc. El famoso Oppenheimer, que tuvo mucha actividad política en su vida, antes de la Segunda Guerra Mundial era simpatizante socialista o comunista, y una vez que le preguntaron si había estado en una asociación comunista (pregunta muy común en los años cincuenta en Estados Unidos) contestó que sí, que había estado en todas las organizaciones comunistas de la costa oeste de Estados Unidos. Años después se retractó y dijo que su respuesta había sido una fanfarronada, una broma. Un físico inglés, John D. Bernal, simpatizaba mucho con la Unión Soviética.²² En cambio, Edward Teller, físico húngaro nacionalizado estadounidense, era decididamente contrario a ella. En México está el ejemplo, aunque no es de un científico sino de un artista, del pintor Siqueiros, partidario de la Unión Soviética, estalinista, que incluso participó en un atentado armado contra León Trotsky.²³ En el renglón de las no-celebridades y de México, podría mencionar aquí en la Facultad de Ciencias al CGH,²⁴ que elabora un periódico mural bastante interesante, pero con una actitud sistemática de simpatía y antipatía hacia determinados lados.

²² John D. Bernal (1901-1971): científico nacido en Irlanda, investigó sobre rayos X y cristalografía en la Universidad de Londres.

²³ Héctor Rivera J., "La noche del atentado a la casa de Coyoacán por el comando de Siqueiros, según Isaac Deutscher", *Proceso*, 4-6-1994.

²⁴ CGH: Consejo General de Huelga. Órgano político-estudiantil formado en abril de 1999, al principio de la huelga estudiantil de 1999-2000 en la UNAM.

9. Por encargo

Este número corresponde al del científico que tiene una posición por encargo. Ustedes han oído de algunas personas a las que llaman escritores a sueldo, pues supuestamente alguien les paga para que escriban en contra de López Obrador o de Peña Nieto, y están duro y duro todo el tiempo en esa línea.²⁵ También los hay científicos, aunque esto en general uno lo supone pues no puede asegurar que les estén pagando, pero parece posible por el tipo de cosas que dicen. En la cuestión del calentamiento global, algunos sistemáticamente atacan el concepto mismo: que no es cierto, que se exagera, que son inventos del “lobby verde”, de los “intereses verdes”, etc.

Hubo un físico estadounidense bastante competente, Frederick Seitz, que atacó sistemáticamente no sólo la cuestión del calentamiento global sino otras cosas, por ejemplo, los posibles daños del tabaco a la salud. Decía que no estaba comprobado, que no había evidencia. Él era consultor de la industria del tabaco, y tal vez como consultor era lo que le pedían que hiciera: poner en duda estos estudios sobre el tabaco. Seitz era un buen físico, incluso fue presidente de la Sociedad Americana de Física, presidente de una universidad, escribió libros, etc., pero adoptó la posición de la derecha republicana sobre varias cuestiones.²⁶

En Estados Unidos existen unas asociaciones conocidas como *think-tanks*, término que puede traducirse como “centros de pensamiento”, y algunas tienen una actitud sistemática de atacar o favorecer ciertas posiciones, aunque con argumentos más académicos. En México son pocas, pero sí hay un programa en la radio, a cargo de una persona que sabe bastante de ciencia, y me ha llamado la atención que cada vez que puede ataca la cuestión del calentamiento global: que es una hipótesis, que no es por causas humanas, etc. Tal vez en la estación le piden que

²⁵ Andrés Manuel López Obrador (n. 1953): político mexicano, candidato a la Presidencia de México en las elecciones de 2006 y de 2012. Enrique Peña Nieto (n. 1966): candidato por el PRI en las elecciones presidenciales de 2012, de las que resultó ganador.

²⁶ Frederick Seitz (1911-2008): físico estadounidense, presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos durante 1962-1969. Escéptico del calentamiento global.

diga eso. Es un hecho que en algunas estaciones de radio o de televisión, no necesariamente de México, se ha instruido a los locutores en el sentido de que cada vez que den una noticia de calentamiento global digan que es algo muy polémico, aún no bien establecido, y que den también el punto de vista contrario, todo ello tendiente a poner en duda la trascendencia de las noticias sobre calentamiento global.

10. Alinear la institución

Otro tipo de actividad política es la que realiza una institución. Lo que he dicho en los puntos anteriores se refiere a acciones individuales, pero aquí se trata de orientar a la institución en cierta línea. En Estados Unidos hay algo que llaman *endorsements*, que significa “avales” o “apoyos”. Antes de una elección, por ejemplo, una institución declara que apoya o avala a tal candidato. Pero tratar de orientar a la institución en una línea tiene el riesgo de polarizarla seriamente. Esto sucedió en México hace varios años en el Instituto Nacional de Energía Nuclear (INEN). Había una actividad política muy fuerte de miembros que buscaban que la institución siguiera cierta línea política. Esto puede perjudicar el trabajo porque hay asambleas, se interrumpen las labores, y tiene muchos riesgos. Además, los que laboran ahí pero difieren de la línea que se quiere implantar, pueden quedar marginados o ser hostigados.²⁷

11. Faccionalismo

El faccionalismo es muy común a nivel nacional. Lo vemos por ejemplo en el caso del PRI, donde unos y otros, todos del mismo partido, se protegen entre ellos. ¿Por qué lo hacen? No porque sigan una política común, sino porque están en el mismo grupo, en el mismo equipo. Y no sólo pasa esto con el PRI sino con los demás partidos.

También sucede aquí en la UNAM: se forman facciones que quizá alguna vez tuvieron un denominador político común, pero después nada más quedó el grupo o la facción de amigos, y ésta define a otras personas como sus adversarios y los hostiga.

²⁷ M. Moshinsky, “La comunidad científica y el INEN”, *Proceso*, 11-11-1978.

Cuando se nombra, digamos, una comisión para hacer una evaluación o para otro propósito académico, la facción dominante intenta meter a toda su gente en la comisión, la cual evalúa a la gente de su grupo de manera favorable, y negativamente a "los enemigos". Esta no es actividad política sino una distorsión sumamente perjudicial de la actividad política.

12. *Escapismo*

Paso ahora al último tipo de intervención, que más bien constituye una no-intervención. Es la que practica el que llamo "escapista", y consiste en no meterse en nada, en rehuir no sólo cuestiones netamente políticas, sino aquellas con posibles repercusiones políticas, o que alguien podría considerar como tales.

Esto se ve con frecuencia; gente que dice: "No quiero problemas, y mientras a mí algo no me afecte, no quiero saber de ello, ni hacer nada al respecto". Con esta gente ocurren cosas curiosas. Uno les propone, digamos, que firmen una petición por falta de funcionamiento de algún lugar o servicio, y la firman, pero después dicen: "Oye, mejor quita mi nombre de ahí". "¿Y por qué?", "Porque ya me dijeron que lo de ustedes es político, que quieren tirar al director". "Pues no, no queremos tirar al director, sólo queremos que se limpien los baños". Pero ya alguien les dijo que la petición es "*política*" y difícilmente se les convence de lo contrario.

Con esto termino la parte correspondiente a los diferentes tipos de intervención. Como ven, hay una considerable variedad de acciones que se pueden considerar de "participación política", las cuales han ejercido numerosos científicos célebres.

MÉTODOS DE PARTICIPACIÓN POLÍTICA

Paso ahora a la sección siguiente, sobre los métodos de participación. Estos métodos en general dependerán de si el científico es una celebridad o no, aunque algunos son celebridades a medias.

1. Celebridades

Llamo celebridades a los que están en el Colegio Nacional, que han sacado premios internacionales, el de Asturias,²⁸ el Nobel en algunos casos, etc. Ellos tienen varias posibilidades a su alcance, pero generalmente son muy cautelosos, y a menudo tienen un acomodamiento con las esferas oficiales. Esto es comprensible, pues a esta gente a veces la invita el presidente a algún evento, la saluda, y entonces no va a llegar a un lugar y gritar: “¡espurio!”, o algo por el estilo, porque no quiere ser marginada ni perder el lugar privilegiado que tiene.²⁹ Con frecuencia se autocensura y entonces su crítica, si la hay, es más o menos leve, predecible.

Estas celebridades, ¿qué métodos de participación utilizan? Pueden hacer declaraciones a los medios, que éstos recogen. Tenemos el caso, por ejemplo, del rector de la UNAM, cuyos pronunciamientos los medios reproducen constantemente. Están los presidentes de la Academia Mexicana de Ciencias, que usualmente también hacen declaraciones más o menos previsibles: piden más dinero para la ciencia, más apoyos, etc. Las celebridades pueden escribir en el periódico, en revistas, y no me refiero a artículos de divulgación científica, sino de análisis o crítica. Hay un economista, Julio Boltvinik; el biólogo Víctor Toledo, que se expresa de manera bastante crítica en los periódicos; y antes estaba Marcos Moshinsky, que escribía mucho.³⁰

²⁸ Premio Príncipe de Asturias, otorgado desde 1981 por la fundación del mismo nombre.

²⁹ El comentario hace referencia al incidente en que, tras recibir un premio en Palacio Nacional por ser alumno destacado, un joven que cuestionaba la validez de las elecciones presidenciales de 2006, gritó “espurio” al presidente. *La Jornada*, 4-10-2008.

³⁰ Julio Boltvinik (n. 1944), Víctor M. Toledo, ambos escriben para *La Jornada*. Marcos Moshinsky (1921-2009): físico mexicano, autor de numerosos trabajos científicos; escribió también para el diario *Excelsior* y la revista *Proceso*.

En Estados Unidos tenemos un caso interesante, que es el del economista Paul Krugman, a quien le otorgaron el Premio Nobel de Economía y escribe para el *New York Times* en una forma muy crítica, y yo diría útil, por la importancia de los temas que toca. Tiene muchos seguidores; cuando salen sus artículos en línea, la lista de comentarios es muy extensa, puede haber 200-300 comentarios a lo que escribe. Me parece un excelente ejemplo de actividad con repercusiones políticas de un economista, que yo consideraría científico, pues escribe desde una posición de conocimiento amplio y fundamentado.

Las celebridades tienen otro medio a su alcance, que es el de los contactos a altos niveles, los cuales en México han sido muy útiles. Podemos mencionar, de gente que ya no vive, a Luis Enrique Erro,³¹ que consiguió se construyera el observatorio de Tonantzintla. Él era diputado, pero le interesaba la ciencia, y gracias a sus contactos logró que se creara el observatorio. O Nabor Carrillo, por ejemplo, logró que se construyera el Centro Nuclear.³² Entonces esta gente puede lograr cosas importantes. Hay científicos que llegan a ser altos funcionarios y también tienen a su alcance ciertas acciones. Podemos mencionar a Jorge Flores, Edmundo de Alba, Sergio Reyes Luján, todos ellos físicos que fueron subsecretarios de Energía, de Educación, etc.

2. No-celebridades

Algo que puede ser interesante para muchos de nosotros es la pregunta: ¿y si no son celebridades?, ¿pueden lograr algo, o no? En muchas de las actividades que mencionaré surgen críticas, restricciones, censura, etc. Es decir, se pueden intentar cosas, pero hay reacciones también. Lo que pueden hacer las no-celebridades es organizar conferencias, debates como este, o incluso tratar de influir en otras instituciones: enviar cartas a periódicos o revistas, aunque no es seguro que las publiquen; hacer propuestas a empresas, si bien generalmente de cosas más chicas. No vamos a ir a Walmart y decirles: “¿por qué no instalan este sistema de

³¹ Luis E. Erro (1897-1955): político, astrónomo aficionado y escritor mexicano.

³² Nabor Carrillo (1911-1967): ingeniero mexicano, fue rector de la UNAM. El Centro Nuclear está situado en Salazar, Estado de México, y se inauguró en 1968.

energía?" porque posiblemente ni siquiera nos reciban. Pero a algunas empresas se les puede sugerir que no utilicen focos incandescentes en sus locales. Esto yo lo he hecho y algunas veces ha funcionado. Se pueden presentar peticiones o sugerir cambios en la institución.

En la Facultad de Ciencias, por ejemplo, si se reúne un buen número de estudiantes y hace una petición, digamos sobre ahorro de energía, pudiera tener éxito. O se entrevista a personas en posiciones directivas. Lo que pasa en estas entrevistas es que en general los entrevistadores no llegan bien preparados, y la gente de alto nivel, sea político, académico, u otro, tiene mucho "colmillo" y maneja a su gusto al entrevistador y no se produce un buen intercambio de opiniones.

Igualmente, se pueden llevar a cabo determinadas investigaciones, no necesariamente de gran complejidad. Por ejemplo, sobre las pilas usadas de la Facultad de Ciencias que se juntan en recipientes de plástico: ¿cómo es el resto del proceso?, ¿a dónde van a dar? Otra posible investigación es la relativa a los focos ahorradores que se venden en México. Aquí no hay advertencias para su descarte, mientras que en Estados Unidos sí. Allá se compra un foco ahorrador y en el empaque dice: "cuidado, contiene mercurio, no tirar a la basura". En México yo no he visto ningún foco con esta leyenda. Asimismo, ¿por qué la energía eólica en México avanza tan lentamente? Estados Unidos ha tenido un crecimiento importante de la energía eólica y ya se encuentra en los primeros lugares mundiales. Rebasó a Alemania muy rápidamente, mientras que en México esto marcha con mucha lentitud. ¿A qué se debe?³³

Otra cuestión que pueden hacer las no-celebridades es dar a conocer hechos que ameritan más difusión. Por ejemplo, hace poco ocurrió en Estados Unidos una matanza de animales en peligro de extinción que fue poco difundida. No se trató de algo premeditado, sino que una persona tenía en su rancho tigres, osos y animales exóticos, pero tuvo una crisis emocional y decidió suicidarse, aunque antes dejó escapar a sus animales. La

³³ En 2009 Estados Unidos se encontraba en primer lugar en capacidad instalada de energía eólica y Alemania en segundo, pero en 2010 China superó a ambos (www.thewindpower.net).

gente de los alrededores se asustó, llamó a la policía, y a ésta no se le ocurrió, o no estaba preparada para otra cosa, más que matar a los animales. Esto salió aquí pero levemente. Sucedió en Zanesville, Ohio hace como un mes.³⁴ ¿Alguien de ustedes oyó de eso? Para los biólogos, sobre todo, considero que es importante.

Existe también el recurso relativamente nuevo de las páginas web y los videos. Hay una película reciente que no fue hecha por científicos, pero por gente con preparación, unos jóvenes abogados que estaban cursando su doctorado, y esa sí estoy seguro que muchos la vieron. Fue la de *Presunto culpable*, que tuvo un impacto sustancial.³⁵

Por último puedo mencionar la construcción de un prototipo, que puede tener considerable efecto. Hace un par de años hubo un chico en África, un adolescente, que construyó un generador eólico en la aldea donde vivía en Malawi. El generador tenía un aspecto de lo más mal hecho y primitivo que ustedes se puedan imaginar: unos troncos chuecos y cables, y una cadena y una rueda de bicicleta. Pero con ese generador, este chico, que no tenía estudios científicos, pero había conseguido unos libros en la biblioteca que mostraban cómo conectar una batería y algunas cosas muy simples, logró prender cinco o seis focos en su aldea, que carecía de luz. Cuando esto se conoció, tuvo un impacto enorme, y ahora este muchacho, que ya es un joven y está becado en Estados Unidos, está organizando una fundación para construir generadores eólicos en África. Pero todo partió de lo que hizo con unos medios de lo más raquíticos.³⁶

³⁴ "Police kill dozens of animals freed on Ohio reserve", *The New York Times*, 19 de octubre de 2011.

³⁵ *Presunto Culpable*, documental mexicano estrenado en 2011 que versa sobre las fallas del sistema judicial en México. Ha obtenido más de una docena de premios internacionales.

³⁶ William Kamkwamba and Bryan Mealer (2009), *The Boy Who Harnessed the Wind*. New York: HarperCollins Publishers.

ALGUNOS RESULTADOS

Ahora quiero decir un poco de los resultados de estas participaciones políticas. A veces son éxitos, a veces fracasos, y hay casos intermedios. Yo diría que en general en México la crítica no es muy bien aceptada en el ámbito científico, pero lo mismo pasa en otras áreas. Es raro que uno diga: "Hay esta falla que he notado", y le respondan: "Muchas gracias, ¿cómo la corregimos?" En general no pasa eso. Lo común es que ignoren la crítica o no la quieran publicar, o la rechacen, como fue el caso de Cuatro Ciénegas, donde dijeron: "Lástima que esté bajando el agua en las lagunas, pero quién sabe por qué sea, porque los cincuenta pozos que se perforaron no tienen nada que ver con eso". O descalifican al crítico, y precisamente una de las descalificaciones es decir que actúa por motivos políticos. Otra descalificación frecuente es la ridiculización. Fox, cuando fue presidente, decía de los ambientalistas algo así: "son unos señores que quieren que estemos a oscuras, y nadie pueda prender un foco, y las fábricas cierren". Una descripción caricaturesca, con afirmaciones que ningún ambientalista hace, pero que los ridiculiza.

Una página web que yo empecé hace varios años sobre calentamiento global, para ayudar a difundir este problema, precisamente el día de hoy me di cuenta que la quitaron. La sección se llamaba Calentamiento Global, y estuvo casi cuatro años en la página de la Sociedad Mexicana de Física, y de ahí saqué por lo menos una lectura para esta conferencia. Había artículos míos, pero la mayoría era de otra gente, incluso conocida, del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), del Colegio Nacional, etc. O se cierran laboratorios, como en el caso del TARMA que se cerró, y hasta donde sé no hay una explicación donde se diga: "Este es el documento o carta que lo justifica".³⁷

Pero a veces, aun después de un rechazo inicial, se logran cosas importantes. Por ejemplo, Ralph Nader, como mencioné, consiguió mejorar considerablemente la seguridad de los automóviles. En el caso de Molina y Rowland, tras la negativa inicial

³⁷ "Cerrarán laboratorio de investigación radiológica de la UNAM: Greenpeace", *La Jornada Veracruz*, 26 de abril de 2011. El cierre del TARMA tuvo lugar el 6 de septiembre de 2011.

a sus advertencias, se llegó al Protocolo de Montreal que redujo el uso de los CFCs.³⁸ A Linus Pauling le dieron el Nobel de la Paz. Entonces a veces hay avances. En el caso de Niels Bohr, aunque inicialmente fracasó en obtener la apertura de la información nuclear, influyó en que se estableciera la Agencia Internacional de Energía Atómica, que hasta la fecha existe.

Temas apropiados para que los científicos intervengan, de relevancia económica y social, y que pueden ser considerados políticos por sus repercusiones, son: ecología, cambio climático, basura y reciclaje, energía y ahorro energético, energía nuclear, contaminación, alimentación y comida chatarra, sistemas de salud (lo cual trató Natalia Mantilla la semana pasada) uso de las drogas y políticas al respecto; educación y sistema científico, que incluye muchas cosas, entre ellas revistas científicas (de lo cual habló Ana María Cetto en esta misma serie de conferencias),³⁹ todos son temas que se prestan para que los científicos intervengan, incluso las no-celebridades.

Se habla mucho de la responsabilidad social del científico, pero en realidad todos los ciudadanos tienen responsabilidad social, no sólo los científicos. Los periodistas, los médicos, los actores, tienen una gran responsabilidad social, pero el científico posee una responsabilidad peculiar, diferente de la que puede tener un actor, y es la de utilizar sus conocimientos para esclarecer hechos o alertar de peligros que otra gente no advierte porque no tiene la preparación necesaria. Esto lo hicieron Mario Molina y Rowland cuando vieron el riesgo para la capa de ozono; y en general el científico lo debe de hacer en forma objetiva, no propagandista, o sea, no con una actitud definida de antemano que obedece a una línea política o ideológica.

Otras preguntas relativas al tema, para ustedes que están en este Seminario de Ciencia y Sociedad, y que podrían plantearse, son: ¿qué se puede lograr con este tipo de intervenciones

³⁸ Protocolo de Montreal: tratado internacional negociado en 1987 con el fin de proteger la capa de ozono estratosférico mediante la reducción de la producción y el consumo de sustancias químicas que la dañan.

³⁹ Las conferencias mencionadas, en orden cronológico, son: "Las revistas científicas como medio de producción. Un asunto de política científica", Ana María Cetto, 4 de octubre de 2011, y "Salud pública: labor de todos", Natalia Mantilla, 10 de noviembre de 2011.

en política?, ¿qué se ha logrado?, ¿qué han conseguido las no-celebridades? Yo puse algunos ejemplos, pero seguramente hay muchos otros. ¿Cómo se puede hacer crítica sin que a uno lo consideren un enemigo? Es otra cuestión que habría que estudiar.

Vuelvo a la pregunta inicial: Científicos en política, ¿acierto o error? Yo diría que la pregunta no está bien planteada porque político, ¿según quién? Como dije, uno puede considerar la actividad de tipo no-político, pero la gente criticada puede pensar lo contrario. Una pregunta mejor es si los científicos deben intervenir o no en temas socialmente relevantes, en temas que tienen una carga política potencial. Mi respuesta es que el científico debe participar en aquellas cuestiones donde, por su preparación, su intervención puede ser importante. O sea, si tiene los conocimientos para esclarecer algo socialmente relevante, sí debería intervenir.

De las varias posiciones que mencioné, la del escapista que no se quiere meter en nada, me parece comprensible pero errónea. La actividad faccionalista o facciosa, en cambio, es totalmente objetable. A los diputados, a los partidos, les sucede que por estar peleando entre ellos y entre sus respectivas facciones, no les queda tiempo de dedicarse a cosas útiles, y cuando hay un ambiente fuertemente faccioso en una institución, también ocurre eso. El apoyar a políticos en elecciones, como algunos lo hicieron recientemente a favor de Ebrard, es opcional, es el derecho de cualquier ciudadano, aunque en un científico no considero muy recomendable ejercerlo porque reduce la objetividad e imparcialidad que debe poseer. La actitud de los pro/antis que tienen una posición sistemática y predecible sobre un tema, también me parece poco aconsejable, porque se vuelven poco creíbles, y si el tema bajo discusión está relacionado con sus fobias o filias, de antemano puede adivinarse su posición. Pero esclarecer hechos con contenido científico, advertir de peligros que el común de la gente no puede prever, lo considero importante y necesario.

La participación de las no-celebridades, como posiblemente seamos la mayoría aquí, es fundamental, pues las celebridades, aunque tienen muchas posibilidades a su alcance, son cautelosas y además considero que a menudo están sujetas a un pensamiento grupal. O sea, hay una idea flotando por ahí y todos ellos, a

pesar de que son celebridades o tal vez por lo mismo –pues se conocen y actúan en los mismos foros– la adoptan. Hace algunos años, una de las ideas que repetían casi todas las celebridades científicas de México, era que había que multiplicar el número de científicos por un factor de 10 o 20, y hablaban de que se necesitaban en el país algo así como 200 mil científicos. ¿De dónde sacaron esa cifra? Sabían que en Estados Unidos existían tantos científicos por millón, y México, que entonces tenía unos 70 millones de habitantes, debía contar con 200 mil científicos para tener la misma proporción. Cuando los tenga –decían– estaremos al nivel científico y tecnológico de ellos. Más o menos ese era el razonamiento. Pero en años recientes, cuando ya ha aumentado el número de científicos, se han dado cuenta de que lo que hay no es necesariamente un mayor desarrollo tecnológico, sino más científicos desempleados. Si hoy hubiera los 200 mil científicos que pedían, quizá 150 mil no tendrían trabajo en su ramo. Entonces ahora ya no hacen tanto énfasis en que crezca el número de científicos.

O las evaluaciones, por ejemplo. Las evaluaciones del SNI por muchos años se han hecho de cierta manera, y recientemente, años después de que se estuvieron haciendo así, salió un artículo en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, donde una investigadora afirma que se ha estado evaluando mal. 25-30 años después de que se creó el SNI, dice: “Hemos evaluado mal”.⁴⁰ Considero que evaluaron mal porque todos los que estaban en las posiciones directivas tenían la misma idea de evaluar, con base en parámetros internacionales, contando sólo las publicaciones en revistas internacionales, etc. También recientemente han empezado a decir: “Nos olvidamos de la interdisciplina”.

En fin, hay muchas cosas sobre las cuales las celebridades tenían ciertas ideas, y años después se vio que eran erróneas. Hace poco en una conferencia oí al ponente decir: “Los científicos nos olvidamos del problema del agua en México”. Yo no diría que los científicos se olvidaron del agua, sino que el sistema de

⁴⁰ Las palabras textuales que aparecen en el artículo (incluyendo cursivas) son: “... hay un *consenso* entre los académicos mexicanos, todos están de acuerdo en que los *parámetros con que estamos realizando las evaluaciones del quehacer científico son obsoletos*”. *Bol. Soc. Mex. Fís.* 25-2: 119 (2011).

difusión de las revistas científicas no daba cabida a ese tipo de estudios. Si uno llegaba a una revista y decía: “Aquí tengo este artículo sobre el agua”, lo más probable era que le contestaran: “No, mira, aquí publicamos alta ciencia, internacional, no estas cosas”. Todo el sistema de difusión ha estado dominado por el pensamiento de las celebridades, y por ello estimo de utilidad que también intervengan las no-celebridades.

Por último, y para resumir, considero que es importante participar y no dejar de hacerlo porque algo pudiera parecer político, pero esta participación debe ser desde una perspectiva objetiva y científica, y no facciosa ni partidista.

Creo que me extendí un poquito; muchas gracias por su amable paciencia.

Esta es una página en blanco.

EL ORGANISMO EN SU AMBIENTE. PERSPECTIVAS EN ECOLOGÍA EVOLUTIVA DEL DESARROLLO

Mariana Benítez Keinrad*

PLASTICIDAD FENOTÍPICA

Las llamadas pulgas de agua, crustáceos del género *Daphnia*, se desarrollan como organismos muy distintos, dependiendo del escenario ecológico en que se encuentren; si durante su etapa juvenil perciben las secreciones producidas por ciertos depredadores desarrollan una cubierta similar a un casco y una cola larga y puntiaguda, mientras que si dichas secreciones no se encuentran en el medio, se desarrollan como organismos mucho más pequeños sin casco ni espada. Estos cambios morfológicos se conocen como polifenismo y son muy frecuentes en los vertebrados como las ranas, insectos como las langostas migratorias y las mariposas, y muchos otros. Más aún, el desarrollo de los organismos puede cambiar drásticamente en respuesta al ambiente no sólo en términos morfológicos, sino también fisiológicos, metabólicos y conductuales. De hecho, esta respuesta variable al ambiente, conocida como *plasticidad fenotípica*, es parte del desarrollo de todos los seres vivos, de manera que el medio ambiente en que se encuentran puede verse como un factor clave que, en conjunto con los aspectos genéticos, celulares y fisiológicos del desarrollo, *causa* el desarrollo de los seres vivos y el origen de sus

* Instituto de Ecología y Centro de Ciencias de la Complejidad, Universidad Nacional Autónoma de México. / marianabk@gmail.com

fenotipos, es decir, de sus características morfológicas, fisiológicas o conductuales (Gilbert 2012).

De hecho, cuando el botánico danés W. Johannsen definió los términos genotipo y fenotipo, hablaba del genotipo como el potencial que un organismo hereda –el potencial de tener ciertos colores, un tamaño máximo, o un catálogo de estados metabólicos–, y del fenotipo como las características que un organismo tiene como resultado de su desarrollo, durante el cual el medio ambiente y el genotipo determinan conjuntamente qué aspectos de su potencial se desarrollan y cómo lo hacen. Si bien algunos árboles pueden alcanzar tallas de hasta 30 o 40 metros, la altura específica de un árbol en un momento dado de su vida dependerá de qué tanta agua y luz ha dispuesto, así como del tipo de suelo, clima y de la presencia o ausencia de otras plantas y animales a su alrededor. Su fenotipo depende tanto de su genotipo o herencia genética, como de las señales y estímulos ambientales que percibe (Jablonka & Lamb 2005).

No obstante la definición original de fenotipo, y probablemente la más extendida, el papel del medio ambiente en el desarrollo y evolución de los fenotipos no ha sido tan estudiado como la contribución del genotipo, y en ocasiones se ha visto más como una fuente de ruido o de variación poco informativa. Esto puede deberse a varias razones, entre las que están el papel secundario que tiene el estudio del desarrollo de los organismos en el marco de la síntesis evolutiva que se integró a mediados del siglo XX (Huxley 2009) y, por otra parte, la dificultad de aislar las variables ambientales y llevar a cabo experimentos controlados en los que se aprecie y cuantifique el papel del medio ambiente.

Así, la biología ha avanzado rápidamente en las áreas de genética molecular, bioingeniería y bioinformática, entre otras. Al grado incluso de que ahora conocemos el genoma completo de miles de especies de microorganismos, plantas y animales, y es posible hacer manipulaciones, como introducir genes de una especie en organismos de otra especie. Sin embargo, estamos en un momento al cual Krohns y Callebaut han caracterizado como una etapa de *datos sin modelos* (Krohns 2007).

En otras palabras, conocemos detalles del genoma, transcrito, proteoma, etc., de muchos organismos y nos enfrentamos

al enorme reto de integrar esta información en modelos formales que nos permitan entender cómo se relacionan estos *omas*, tanto con el medio ambiente en que los organismos se hallan, como con la generación, variación y, en última instancia, evolución de los fenotipos.

Pese a la vasta información genética que ahora tenemos sobre muchos seres vivos, aún no es posible responder con certeza a las preguntas: ¿cómo surgen y cambian las formas de los seres vivos, tanto en la escala de su desarrollo u ontogenia como en la escala evolutiva?, ¿cómo se relacionan el genotipo y el medio ambiente en el surgimiento de los fenotipos?, entre muchas otras enfocadas en los organismos y no sólo en sus genes.

Ante la complejidad de las relaciones genotipo-ambiente-fenotipo y la gran cantidad de variables involucradas en estas relaciones, comúnmente se ha adoptado la estrategia experimental de dejar constantes tantas variables como sea posible, aislando, por ejemplo, a algunos individuos de especies modelo, como el ratón o la mosca de la fruta, en condiciones ambientales controladas (alimento, temperatura, luz, etc.). Bajo estas condiciones de laboratorio suele evaluarse el efecto de ciertas modificaciones genéticas en el fenotipo de los organismos, tales como las mutaciones en las que se anula la expresión de un gen. Si bien esta estrategia ha permitido dilucidar el papel de los genes y sus alteraciones en diversos aspectos fenotípicos, aún es necesario investigar de manera sistemática y detallada el efecto de cambiar las condiciones ambientales en la generación de los fenotipos (Robert 2006). Esto representa, desde luego, retos técnicos y conceptuales, así como desafíos para la sistematización e integración de la información resultante.

Como se detalla más adelante, numerosos ejemplos y casos de estudio muestran que solamente en la medida en que podamos estudiar e integrar a las teorías y modelos actuales las relaciones organismo-ambiente, podremos abordar las preguntas relativas al surgimiento, variación y evolución de los fenotipos.

¿CÓMO SE GENERA LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA QUE LOS ORGANISMOS SE DESARROLLEN?

Esta pregunta ha abrumado a los filósofos, naturalistas y biólogos desde que comenzó a estudiarse el desarrollo o la ontogenia de los seres vivos: ¿dónde está la información que hace que un animal se forme como tal a partir de una célula fecundada?, ¿y para que una semilla germine y crezca hasta convertirse en un árbol?

Como lo ha revelado el estudio de la genética y la biología molecular, muchas de las características fenotípicas de los organismos pueden entenderse, al menos parcialmente, a través del estudio de su ADN y de los genes ahí incluidos, mismos que se heredan de generación en generación. Con este antecedente, y desde el punto de vista de la síntesis moderna, los fenotipos de los seres vivos varían a partir de cambios o mutaciones que ocurren con cierta frecuencia en el ADN y que se transmiten a través de las generaciones de seres vivos por vía de la herencia genética. Así, de entre todas las variantes fenotípicas generadas por mutación sólo algunas permanecen y se fijan en la escala de las poblaciones, principalmente por acción de la selección natural. Dentro de este marco, la evolución de los fenotipos puede verse como *cambios en las frecuencias de ciertas variantes genéticas en las poblaciones*.

Si bien esta teoría ha permitido avanzar en el entendimiento del origen y evolución de los fenotipos, no ha sido suficiente para explicar la compleja relación entre los cambios genéticos y los cambios fenotípicos, y se ha limitado al considerar las mutaciones como principal fuente de variación fenotípica y a la herencia genética como único mecanismo de transmisión de la variación de generación a generación. A continuación se describen brevemente algunos de los mecanismos que, además de los cambios en las secuencias de ADN, pueden generar variabilidad fenotípica, muchas veces en respuesta a los estímulos ambientales a los que están expuestos los seres vivos. Posteriormente, se describirán algunos de los mecanismos de herencia que, junto con la herencia genética, permiten la transmisión de fenotipos y sus variaciones a través de las generaciones. Considerando estas otras

fuentes de variabilidad fenotípica y de herencia transgeneracional, se propone hablar de evolución en términos de *cambio en las proporciones de los caracteres heredables a través de las generaciones*. Bajo esta definición, la variación y la herencia de características fenotípicas son también necesarias para que ocurra la evolución, pero trataré de mostrar que éstas pueden ocurrir de muy diversas formas y no sólo por vía genética, lo que amplía el espectro de procesos involucrados en la evolución biológica.

ORIGEN DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA

La mutación o cambio en la secuencia de ADN es comúnmente considerada como la principal fuente de variabilidad fenotípica. Estos cambios ocurren con cierta frecuencia en todas las células debido a errores en el copiado del ADN, a la presencia de elementos que pueden moverse dentro del ADN, o a cambios bioquímicos espontáneos. Estos procesos pueden resultar en cambios puntuales o extensos en la secuencia del ADN, mismos que pueden dar lugar a cambios en diversos procesos de los organismos y, en última instancia, en los fenotipos de los seres vivos. La mutación es, en el marco de la nueva síntesis evolutiva, la principal generadora de las variantes fenotípicas sobre las cuales puede actuar la selección natural, misma que favorece la persistencia de aquellas variantes genéticas que confieren a los organismos algún tipo de ventaja sobre el resto de los organismos.

Pese a que la mutación es central en la teoría evolutiva más aceptada actualmente, la relación entre cambios en el genotipo y en el fenotipo está lejos de ser completamente entendida, pues muchos genes pueden estar involucrados en un mismo proceso y un gen puede estar asociado a más de un proceso. Aunado a esto, los genes pueden dar lugar a productos que a su vez “prenden” o “apagan” la expresión de otros genes, lo que resulta en complejas redes de regulación genética. Así, aún sabemos muy poco respecto a cómo los fenotipos se ven afectados cuando ocurren distintos tipos de mutaciones, y las herramientas teóricas y experimentales que permitirían estudiar esta relación genotipo-fenotipo están aún siendo desarrolladas. Por otra parte, ahora se sabe que las mutaciones que mucho tiempo se supusieron como

aleatorias no siempre lo son. El trabajo de Barbara McClintock y numerosos estudios posteriores han mostrado que en algunas situaciones de estrés se desencadena la actividad de procesos que resultan en el incremento de las mutaciones.¹

Aunado a la complejidad de la relación genotipo-fenotipo, en las últimas décadas del siglo XX se identificaron las bases moleculares de lo que ahora suele llamarse variación epigenética.² Ésta consiste en cambios fenotípicos causados por procesos que no involucran modificaciones en la secuencia de ADN e incluye a numerosos procesos y mecanismos moleculares. Quizás el mecanismo epigenético mejor estudiado es el de marcaje del ADN, que consiste en la adición o remoción de pequeñas moléculas que afectan la expresión de ciertas regiones del ADN. Por ejemplo, la metilación y la acetilación del ADN consisten en la unión de un grupo metilo o acetilo, respectivamente, a las moléculas que conforman el ADN. Por medio de distintos mecanismos, la presencia de estas marcas puede ocasionar que un gen o un conjunto de genes se expresen de manera distinta a cuando no están presentes dichas marcas, lo que puede dar lugar a cambios fenotípicos tan notables como los que distinguen a los individuos de las distintas castas (reina, obrera, etc.) en las colonias de insectos (Chittka *et al.* 2012; Chittka & Chittka 2010), o a dos variedades morfológicamente distintas de una misma especie de árboles (Lira-Medeiros *et al.* 2010). Efectivamente, se ha encontrado que buena parte de la variabilidad fenotípica entre organismos se debe a cambios en los patrones de marcaje del ADN y que en algunos casos estos cambios pueden dar cuenta de la formación de organismos muy distintos, aun sin que haya diferencias o casi no haya diferencias genéticas entre ellos.

Un aspecto muy interesante del marcaje epigenético es que parece cambiar considerablemente a lo largo de la vida de un organismo, dependiendo de las condiciones ambientales en que se desarrolla y crece (Jablonka 2012; Sung & Amasino 2004; Gluck-

¹ Ver discusión en (Jablonka & Lamb 2005).

² De hecho, el término *epigenética* precede a estos descubrimientos, habiendo sido acuñado por Conrad Hal Waddington en los años cincuenta para referirse, en un sentido mucho más amplio, a las interacciones de los genes entre ellos y con factores ambientales durante el proceso de desarrollo de los seres vivos (Waddington 1957).

man *et al.* 2009), de manera que los patrones de marcaje, que a su vez modifican aspectos morfológicos y fisiológicos de los seres vivos, son dinámicos y cambian en respuesta a estímulos como cambios en la humedad o temperatura, la presencia de depredadores, diferentes tipos de estrés, alimentación, etc. Así, aunque no son los únicos responsables de la plasticidad fenotípica, la caracterización de los procesos epigenéticos ha permitido entender mejor los procesos que subyacen tras el fenómeno de plasticidad fenotípica. Como se tratará adelante con mayor detalle, en los seres humanos también se ha estudiado el papel del medio ambiente y de la variación epigenética en el estado de salud, fisiología y metabolismo (Suzuki & Bird 2008; Lam *et al.* 2012; Jablonka & Lamb 2005).

Además del marcaje epigenético, existen otros procesos que no involucran cambios en la secuencia del ADN y que igualmente son capaces de generar variabilidad fenotípica. Éstos incluyen los efectos de fuerzas físicas y químicas que actúan de forma genérica sobre los organismos, a los cuales algunos autores también incluyen dentro de una definición amplia de epigenética (Newman & Müller 2000; Olsson, Levit & Hoffeld 2010).

En biología del desarrollo comúnmente se ha pensado en los procesos físicos y químicos como restricciones a las formas y dinámicas que pueden observarse en los seres vivos, de manera que se conciben como fuerzas que acotan los posibles arreglos morfológicos y la fisiología y metabolismo de los seres vivos. D'Arcy Thompson lo expresó muy claramente en su clásico libro *On Growth and Form*:

... al menos en algunos casos, la forma de los seres vivos, y de las partes de seres vivos, pueden ser explicadas por medio de consideraciones físicas y [...] en general no existen formas orgánicas que no se apeguen a las leyes físicas y matemáticas.

Si bien estudiar las restricciones que los principios físicos y químicos imponen al comportamiento y organización de la materia viva es fundamental para entender el desarrollo de los fenotipos, recientemente ha comenzado a discutirse el papel de estas fuerzas como fuentes de variabilidad, y no sólo como constrictoras

de la misma. De hecho, se ha propuesto que los procesos físicos que afectan el desarrollo de los seres vivos (tensión superficial, difusión, formación de fases, oscilación y multiestabilidad, reacción-difusión, respuesta mecánica, etc.) pueden, bajo ciertas condiciones, conferir a los organismos la capacidad de cambiar de forma o comportamiento con relativa facilidad, sin necesidad de inducir los cambios morfológicos mediante la regulación genética.

Lorena Caballero y Germinal Cocho, del Instituto de Física de la UNAM, han propuesto un modelo para el establecimiento de los patrones de pigmentación en las pieles de los vertebrados, que ejemplifica muy claramente el papel de las fuerzas físico-químicas en la morfogénesis y el desarrollo (Caballero *et al.* 2012). Con base en su modelo, proponen una explicación al origen de los patrones de coloración, basado en las interacciones mecánicas de las células de pigmento, tanto entre ellas mismas como con la capa de tejido viscoelástico sobre la cual migran durante etapas tempranas del desarrollo de los animales. De esta forma plantean un mecanismo sencillo, similar al que subyace a la formación de gotas de líquido en una superficie mojada, que podría explicar la formación de ciertos patrones estereotípicos de pigmentación (manchas circulares, rombos y bandas), así como la regulación de su tamaño. Además, proponen cómo estos patrones pueden variar en un mismo individuo y entre individuos de distintas especies a partir de cambios en la relación de fuerzas físicas de cohesión, adhesión y tensión, de manera que en este caso las fuerzas físicas pueden actuar como generadoras de variabilidad fenotípica.

Por otra parte, se ha propuesto que en las etapas tempranas de la evolución de los organismos multicelulares (plantas, animales y hongos) los procesos físico-químicos tuvieron un papel central en el origen de los llamados planes corporales de los animales, de manera que en esas etapas las formas podían cambiar fácilmente al modificarse parámetros físicos. Siguiendo esta propuesta, posteriormente los planes corporales que surgieron de la versatilidad de los procesos físicos se habrían fijado mediante procesos genéticos que estabilizaron o acotaron la flexibilidad de las formas (Newman *et al.* 2006). Asimismo, Newman y otros

autores han postulado que muchas de las formas de las plantas y los animales pueden originarse y variar a partir de la actividad combinatoria de módulos que incluyen aspectos genéticos, bioquímicos y mecanismos físico-químicos genéricos (Newman & Bhat 2009; Hernández-Hernández *et al.* 2012). Vale la pena destacar que en todas estas propuestas los procesos físico-químicos propios de la materia son vistos como habilitadores o promotores de los cambios morfológicos, perfilándose como otra fuente importante de variabilidad fenotípica.

HERENCIA DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA

Como se mencionó antes, la herencia de las características fenotípicas y sus variantes dentro de una población y a través del tiempo es un requisito necesario para que pueda ocurrir la evolución biológica. En el marco de la teoría sintética de la evolución biológica (Huxley 2009), se propuso que la vía por la cual se heredan estas características es la de la herencia genética, es decir, a través de la transmisión del material genético de una generación a otra. La importancia de este tipo de herencia en la evolución biológica es innegable y existen numerosos ejemplos de cómo cambios heredables en el ADN pueden dar lugar a nuevos fenotipos que, en última instancia, pueden fijarse en las poblaciones (Futuyma 2013). Sin embargo, aquí se hará énfasis en otros tipos de herencia, principalmente la herencia de variación que no es de origen genético.

Es posible hablar de un tipo de *herencia dinámica* que consiste en la transmisión transgeneracional de ciertos comportamientos celulares u orgánicos. Para ilustrar este tipo de herencia con un ejemplo muy simple, supóngase que existen dos sustancias *A* y *B* dentro de una célula, tales que se regulan mutuamente de manera positiva, es decir, *A* promueve la síntesis o presencia de *B* y viceversa. Al mismo tiempo, hay un estímulo ambiental *X* que promueve la actividad de *A*. En este escenario, puede verse que si el estímulo *X* está presente en el medio de una célula madre, *A* se activará, ésta activará a *B* y estas dos sustancias mantendrán mutuamente su actividad, incluso si *X* desaparece. Más aún, si la célula madre se divide es posible que *A* y *B* mantengan

por sí solas su actividad en las células hijas, heredándose así un estado dinámico. Entonces, la presencia de las llamadas asas de retroalimentación como la que sostienen *A* y *B* en el ejemplo, asas que de hecho son muy abundantes en los sistemas de regulación genética y metabólica, pueden dar lugar a la herencia de estados dinámicos inducidos por el medio ambiente, aun sin inducir cambios en el ADN.

Entre los procesos físicos que se mencionaron en la sección anterior, como agentes que contribuyen a la generación y variación de los fenotipos, está la propiedad dinámica de la multiestabilidad. Estos procesos resultan en la existencia de distintos estados dinámicos estables, mismos que pueden ser alcanzados desde varias condiciones iniciales. Así, dada la multiestabilidad que se observa en procesos a distintas escalas de los seres vivos, es posible tener variabilidad en los estados dinámicos de un sistema vivo y se puede transitar entre ellos debido a estímulos ambientales, estados que en principio también podrían transmitirse a otras generaciones mediante la herencia dinámica.

Otro tipo de herencia que se revisará brevemente es la que se conoce como *herencia estructural*. Ésta consiste en la transmisión de cambios (en algún aspecto de la estructura de un organismo) a generaciones subsecuentes sin pasar por cambios en el ADN. Uno de los ejemplos clásicos de este tipo de herencia es el de la herencia de modificaciones en el arreglo de los cilios de un organismo unicelular del género *Paramecium*. El trabajo de Tracy M. Sonnenberg mostró, entre otras cosas, que los cambios inducidos experimentalmente en la orientación y arreglo de los cilios se heredaban de forma estable a las células hijas, aun cuando no se indujeran cambios genéticos. Aunque los mecanismos detrás de la herencia estructural no han sido aún esclarecidos, parece que los cambios estructurales en el arreglo de los cilios se heredan porque la membrana de la célula madre actúa como molde para la de las células hijas. Esto es, la información necesaria para que se estructure la membrana de estos organismos no se halla, al menos no únicamente, en su genoma, sino que la membrana tiene una estructura que puede auto-perpetuarse bajo ciertas condiciones. En las últimas décadas ha comenzado a estudiarse también la *herencia epigenética*, entendida generalmente como la

herencia de marcas epigenéticas (e.g. metilación y acetilación) en el ADN o en las proteínas sobre las que se enrolla el ADN. Existen ejemplos de este tipo de herencia en las plantas y los animales (Holeski *et al.* 2012; Jablonka & Raz 2009; Greer *et al.* 2011), aunque en algunos casos parece no ser estable a lo largo de muchas generaciones.

Muchos de los casos en que se han observado cambios heredables en las marcas epigenéticas corresponden a escenarios en que los organismos están sujetos a algún tipo de estrés (falta de agua o nutrientes, presencia de depredadores, alta temperatura, etc.), por lo que se ha propuesto que estos mecanismos pueden ser de gran importancia en la herencia de un estado de respuesta a estrés, lo que a su vez podría aumentar la probabilidad de supervivencia de los descendientes.

Un estudio en la planta modelo *Arabidopsis thaliana* ilustra muy claramente este tipo de fenómeno (Lang-Mladek *et al.* 2010). Cuando esta planta es sometida a diferentes tipos de estrés, se desencadena la expresión de genes relacionados con la respuesta a estrés, expresión que puede ser rastreada a través de marcas de color que los experimentadores introducen a la planta. Como es de esperarse, las marcas de color se ven en las plantas estresadas, pero sorprendentemente, se ven también en las plantas hijas de éstas, aun cuando los estímulos de estrés han dejado de ser aplicados. Vale la pena resaltar nuevamente que este es un ejemplo de herencia transgeneracional de una característica inducida por las interacciones organismo-ambiente.

En los seres humanos también se ha detectado la variación y herencia epigenética de diferentes aspectos del desarrollo y la fisiología. Hay más de un ejemplo en seres humanos que muestran que las condiciones en que un individuo crece y se desarrolla pueden modificar su estado de marcaje epigenético y que, además, estos cambios epigenéticos pueden heredarse a generaciones subsecuentes (Rando 2012; Jablonka & Lamb 2005). Estos casos resuenan a su vez con estudios de laboratorio en que se utilizaron otros mamíferos como modelo. Los casos más conocidos documentan la herencia de patrones epigenéticos modificados por condiciones de hambruna en etapas tempranas de la vida. Aunque se desconocen los detalles moleculares, también

hay ejemplos de poblaciones en Suecia y en Holanda en las que los descendientes de jóvenes y niños que sufrieron periodos de hambruna presentan características distintas a los descendientes de quienes no sufrieron hambrunas (propensión a enfermedades cardiovasculares y obesidad) (Hart 1993; Kaati *et al.* 2002).

Pese al entusiasmo y sorpresa con que se ha recibido este tipo de resultados en el ámbito de la biología evolutiva y del desarrollo, aún se desconocen los verdaderos alcances de este tipo de fenómeno en la evolución de los fenotipos (Grossniklaus *et al.* 2013); aún es necesario investigar qué tan extendida está la herencia epigenética transgeneracional en distintos linajes de seres vivos y qué tan estable puede ser después de varias generaciones. Además, es necesario entender cuáles son los mecanismos que regulan el que las marcas particulares sean borradas o mantenidas de una generación a otra, pues la mayoría de las marcas parece no heredarse de padres a hijos. No obstante, todos estos tipos de herencia dinámica, estructural y epigenética, abren nuevas perspectivas en biología evolutiva y del desarrollo, así como en los ámbitos de aplicación de estas disciplinas. Estas implicaciones se discuten a continuación.

LOS GENES COMO SEGUIDORES DEL ORGANISMO EN SU AMBIENTE

Comencé este texto describiendo la plasticidad fenotípica como la capacidad de los organismos de cambiar morfológica o fisiológicamente sin modificar la secuencia de su ADN, capacidad que confiere a los organismos de un potencial de respuesta a cambios en su medio ambiente.

Posteriormente, describí brevemente algunas fuentes de variabilidad fenotípica que no involucran cambios en la secuencia de ADN. Estas fuentes de variabilidad (físico-químicas y epigenéticas) pueden generar cambios fenotípicos en la escala de vida de un individuo y se sabe que pueden integrar y responder a diversos estímulos ambientales, por lo que podrían ayudar a explicar los mecanismos que dan origen a la plasticidad fenotípica.

Finalmente, presenté algunos de los mecanismos de herencia transgeneracional que no necesariamente involucran heren-

cia genética y que podrían contribuir a perpetuar cambios fenotípicos originados por vía de la plasticidad fenotípica.

Estas ideas y la creciente evidencia sobre el papel del medio ambiente en el desarrollo de los seres vivos han llevado a extender o replantear algunos aspectos de la actual teoría evolutiva, postulando a la plasticidad fenotípica, y a la variabilidad y herencia no genéticas, como aspectos centrales en la evolución de los seres vivos. En realidad, muchos de estos planteamientos preceden a la síntesis moderna en biología evolutiva, pero no formaron parte de dicha síntesis y apenas están siendo retomados e integrados a lo que ahora sabemos sobre genética, biología molecular y celular, genómica, etc.

Entre quienes, desde finales del siglo XIX o mediados del XX, formalizaron estas ideas en propuestas evolutivas concretas están I. I. Schmallhausen, C. H. Waddington y J. M. Baldwin. Aunque con ciertas variantes, estos autores propusieron que la plasticidad fenotípica puede generar variantes fenotípicas que posteriormente pueden ser asimiladas al “programa” de desarrollo de los organismos, por ejemplo, a partir de ciertas mutaciones y de mecanismos como la llamada *asimilación genética* (Baldwin 1896; Lewontin & Levins 2000; Olsson, Levit & Hoßfeld 2010; Waddington 1942).

Una diferencia importante entre estas propuestas teóricas y la teoría evolutiva más aceptada es que aquí la variabilidad es inicialmente generada por vía de la plasticidad fenotípica y que posterior a ella pueden ocurrir cambios genéticos que la fijan. M. J. West-Eberhard, quien recientemente propuso el *ajuste genético* como otro posible mecanismo de fijación de la variabilidad fenotípica, sugiere que en este sentido los genes son en realidad *seguidores y no líderes en el cambio evolutivo* (Jablonka 2012; Sung & Amasino 2004; Gluckman *et al.* 2009). Otra diferencia importante consiste en que en estos escenarios los cambios fenotípicos generados por plasticidad de alguna manera reflejan las interacciones organismo-ambiente, por lo que estas variantes fenotípicas no son aleatorias respecto a las interacciones ecológicas que mantienen los organismos y podrían más fácilmente conferir alguna ventaja adaptativa a los organismos, además de que podrían inducirse frecuentemente en un ambiente dado y surgir, y fijarse,

con mayor probabilidad que si surgieran a través de mutaciones aleatorias. Por otra parte, aunque se han propuesto mecanismos de asimilación genética que podrían fijar las variantes fenotípicas generadas por plasticidad, he mencionado algunas formas de herencia no genética que en principio podrían mantener estas variantes de manera estable en una población (Suzuki & Bird 2008; Lam *et al.* 2012; Jablonka & Lamb 2005). Todo esto sugiere volver a evaluar el papel relativo de la variabilidad genética, epigenética y ecológica en el surgimiento y evolución de los fenotipos de los seres vivos.

En resumen, retomando la definición de evolución como *cambio en las proporciones de los caracteres heredables a través de las generaciones*, es posible ver que es compatible con la selección y posterior cambio en las proporciones de variantes genéticas que generan variantes fenotípicas, pero en esta definición también caben los cambios fenotípicos generados por vía de la plasticidad fenotípica y heredados genética o no genéticamente. La variabilidad y la herencia siguen siendo componentes necesarios para la evolución biológica, pero ahora se reconoce que existen diversas fuentes de variabilidad y de herencia además de la de origen genético.

POSIBLES IMPLICACIONES EN CONSERVACIÓN DE LA AGROBIODIVERSIDAD

Concebir el desarrollo y la evolución de los organismos como resultado de la compleja interacción entre distintos agentes causales (además del genético), considerando a las condiciones ambientales no como perturbaciones sino como un factor fundamental en estos procesos, conlleva cambios importantes en la forma en que se estudia y entiende el desarrollo y la salud de los seres humanos, así como la conservación de la biodiversidad, entre otros aspectos (Lewontin & Levins 2007; Gilbert 2009).

Respecto a los esfuerzos de conservación, se han planteado como una necesidad para conservar y mantener la diversidad biológica, que según instituciones como la CONABIO³ incluye a

³ “¿Qué es la biodiversidad?”, en el sitio web de CONABIO:
www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html

la variedad de especies de seres vivos, pero también los procesos ecológicos y los ciclos biogeoquímicos que garantizan la disponibilidad de agua, nutrientes y condiciones favorables para la subsistencia de todos los seres vivos. Por otra parte, la biodiversidad también comprende la diversidad genética de las poblaciones biológicas, misma que facilita que las poblaciones puedan hacer frente a cambios ambientales o a la llegada de plagas o enfermedades. Esta definición de biodiversidad reconoce la importancia de la conservación no sólo de las especies biológicas en sí, sino también de los procesos y ecosistemas de los que son parte.

Una discusión actual sobre conservación tiene que ver con la conservación de la diversidad de variedades de maíz que han sido generadas tras miles de años de selección artificial y consumo del maíz, principalmente en México y parte de Centroamérica. Al igual que la biodiversidad en general, el mantenimiento de la agrobiodiversidad (diversidad de variedades y especies de uso agrícola) permite que las comunidades agroecológicas sean tolerantes a plagas y enfermedades, así como a distintos escenarios de cambio climático. Esta diversificación ha ido de la mano de la siembra y consumo del maíz en las altamente diversas condiciones climáticas y topográficas de México. Al mismo tiempo, ha sido causa y producto del desarrollo de la cultura regional en sus aspectos artísticos, culinarios y festivos. Por otra parte, el maíz en México se ha diversificado en el contexto de una unidad ecológica y evolutiva, el sistema agroecológico *milpa*. En este contexto se han domesticado y diversificado diversas especies de plantas comestibles (frijol, calabaza, quelites, etc.), pero también de animales y posiblemente incluso comunidades microbianas asociadas al suelo y a la rizósfera (suelo asociado a las raíces) de la milpa (García-Barrios *et al.* 2009; Altieri & Trujillo 1987; Vandermeer 2009). Como unidad ecológica y evolutiva, la milpa, en sus muchas versiones, ha sido adaptada a numerosas condiciones ambientales y culturales regionales.

La agrobiodiversidad en México, y en particular la del maíz, enfrenta amenazas como la sustitución del sistema de policultivo milpa por sistemas de monocultivo, la prevalencia del paradigma de maximización de la producción aun a costa de la tolerancia de los sistemas agrícolas a cambios ambientales, el apoyo

institucional al uso preponderante de variedades comerciales de maíz, así como la alta migración de la población rural a zonas urbanas y la desarticulación de las prácticas campesinas asociadas a la siembra y uso de variedades nativas de maíz (García-Barrios *et al.* 2009).

Ante estas amenazas, se han propuesto estrategias de conservación tales como el mantenimiento de bancos de germoplasma en los que, en condiciones ideales, pueden almacenarse las semillas de las variedades nativas de maíz para ser reproducidas cuando sea necesario. Esta estrategia se enfoca principalmente en la conservación de la diversidad genética y en ese sentido puede ser valiosa y útil, pero tiene serias limitaciones. Además de las dificultades técnicas que representa mantener semillas con amplia variedad genética y en condiciones de germinar, la conservación de la diversidad genética dista mucho de la conservación estable de los organismos.

Retomando las ideas de las secciones anteriores de este texto, el desarrollo y evolución de los organismos depende de una intrincada red de interacciones organismo-ambiente, la cual, en el caso del maíz, es imposible almacenar en bancos de germoplasma. Pensando en la ecología del desarrollo, la conservación de la agrobiodiversidad depende no sólo de la conservación de la diversidad genética, sino también de las unidades ecológico-culturales que han permitido la diversificación de las variedades de maíz; es necesario entender y valorar los aspectos clave de las interacciones ecológicas de las variedades nativas de maíz al interior de la milpa (e.g. relaciones mutualistas, de competencia o de facilitación con otras especies de plantas, animales y microorganismos). De igual manera, es crucial apreciar el papel de la diversidad cultural en el uso y conservación de la agrobiodiversidad; el que haya maíces preferidos para distintos tipos de tortillas, tamales, atole, etc., permite que esos maíces se mantengan en el contexto agroecológico de las milpas y sean sembrados, resguardados y compartidos por los campesinos de manera estable.

De esta forma, es crucial investigar y promover estrategias de producción y de conservación de la agrobiodiversidad que consideren las dimensiones ecológica y cultural y que tomen en

cuenta, además de la eficiencia de producción, la capacidad de un sistema de sostenerse de manera estable a lo largo del tiempo y a pesar de cambios climáticos y económicos en las escalas global y regional.

Ya que las estrategias productivas y de conservación de la agrobiodiversidad que prevalecen actualmente, y que incluso son promovidas por algunos programas gubernamentales, se centran en una visión muy limitada de los organismos y dejan fuera las complejas interacciones ecológicas y culturales de las que he hablado, la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS)⁴ mantiene un programa de trabajo⁵ orientado a estudiar e informar sobre la importancia de la conservación de las variedades nativas de maíz en su complejo contexto ecológico y cultural y, en última instancia, busca incidir en la toma de decisiones y en la consecución de objetivos como conservar la valiosa agrobiodiversidad mexicana y garantizar la soberanía alimentaria, todo ello de cara a las crisis económica, social y de biodiversidad que actualmente se viven en todo el mundo.

⁴ <http://www.uccs.mx>

⁵ Programa de Agricultura y Alimentación de la UCCS. En el site pueden consultarse artículos técnicos y de divulgación sobre el tema, así como campañas y boletines de prensa: www.uccs.mx/agricultura_alimentacion

REFERENCIAS

- Altieri, M. a. & Trujillo, J. (1987), "The agroecology of corn production in Tlaxcala, Mexico", *Human Ecology* 15 (2): 189–220.
- Baldwin, J. M. (1896), "A new factor in evolution", *Am. Nat.* 30: 441–553.
- Caballero L, Benítez M, Alvarez-Buylla ER, Hernández S, Arzola AV, Cocho G (2012), "An epigenetic model for pigment patterning based on mechanical and cellular interactions", *Journal of Experimental Zoology. Part B, Molecular and Developmental Evolution*, 318: 209–223.
- Chittka, A. & Chittka, L. (2010), "Epigenetics of royalty", *PLoS Biology* 8 (11), p.e1000532.
- Chittka, A., Wurm, Y. & Chittka, L. (2012), "Epigenetics: The making of ant castes", *Current Biology* 22 (19): R835–R838.
- Futuyma, D. J. (2013), *Evolution*, Third Edition. Sinauer Associates, Inc.
- García-Barrios, L. *et al.* (2009), "Neotropical forest conservation, agricultural intensification, and rural out-migration: The mexican experience", *BioScience* 59 (10): 863–873.
- Gilbert, S. F. (2012), "Ecological developmental biology?: Environmental signals for normal animal development", *Development* 28: 20–28.
- Gilbert, S. F. (2009), "Ecological Development Biology key concepts?", *Development*, pp.3–5.
- Gluckman, P. D. *et al.* (2009), "Towards a new developmental synthesis: adaptive developmental plasticity and human disease", *Lancet* 373 (9675): 1654–7.
- Greer, E. L. *et al.* (2011), "Transgenerational epigenetic inheritance of longevity in *Caenorhabditis elegans*", *Nature*.
- Grossniklaus, U. *et al.* (2013), "Transgenerational epigenetic inheritance: how important is it?", *Nature Reviews Genetics* 14 (3): 228–235.
- Hart, N. (1993), "Famine, maternal nutrition and infant mortality: a re-examination of the Dutch Hunger Winter", *Population Studies* 47 (1): 27–46.
- Hernández-Hernández, V. *et al.* (2012), "Dynamical patterning modules in plant development and evolution", *The International Journal of Developmental Biology* 56 (9): 661–74.
- Holeski, L. M., Jander, G. & Agrawal, A. a, (2012), "Transgenerational defense induction and epigenetic inheritance in plants", *Trends in ecology & evolution*, pp. 1–9.

- Huxley, J. (2009), *Evolution: The Modern Synthesis*. The MIT Press.
- Jablonka, E. (2012), "Epigenetic inheritance and plasticity: The responsive germline", *Progress in biophysics and molecular biology*, pp.1-9.
- Jablonka, E. & Lamb, M. J. (2005), *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*, The MIT press.
- Jablonka, E. & Raz, G. (2009), "Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution", *The Quarterly Review of Biology* 84 (2): 131-76.
- Kaati, G., Bygren, L. O. & Edvinsson, S. (2002), "Cardiovascular and diabetes mortality determined by nutrition during parents' and grandparents' slow growth period", *European Journal of Human Genetics* 10 (11): 682-8.
- Krohs, C. (2007), "Data without models merging with models without data", In J.-H. S. H. & H. V. W. Fred C. Boogerd, Frank J. Bruggeman, ed. *Systems Biology: Philosophical Foundations*. Elsevier.
- Lam, L. L. et al. (2012), "Factors underlying variable DNA methylation in a human community cohort", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 Suppl.: 17253-60.
- Lang-Mladek, C. et al. (2010), "Transgenerational inheritance and resetting of stress-induced loss of epigenetic gene silencing in Arabidopsis", *Molecular plant* 3 (3): 594-602.
- Lewontin, R. & Levins, R. (2007), *Biology Under the Influence: Dialectical Essays on Ecology, Agriculture, and Health*, Monthly Review Press.
- Lewontin, R. & Levins, R. (2000), "Schmalhausen's law", *Capitalism Nature Socialism* 11 (4): 103-108.
- Lira-Medeiros, C. F. et al. (2010), "Epigenetic variation in mangrove plants occurring in contrasting natural environment", *PLoS one* 5 (4): p.e10326.
- Newman, S. A. & Bhat, R. (2009), "Dynamical patterning modules: a 'pattern language' for development and evolution of multicellular form", *Int J Dev Biol* 53 (5-6): 693-705.
- Newman, S. A., Forgacs, G. & Muller, G. B. (2006), "Before programs: the physical origination of multicellular forms", *Int J Dev Biol* 50 (2-3): 289-299.
- Newman, S. A. & Müller, G. B. (2000), "Epigenetic mechanisms of character origination", *Journal of Experimental Zoology*, (April), pp.304-317.

- Olsson, L., Levit, G. S. & Hoßfeld, U. (2010), "Evolutionary developmental biology: its concepts and history with a focus on Russian and German contributions", *Die Naturwissenschaften* 97 (11): 951–69.
- Rando, O. J. (2012), "Essay daddy issues?: Paternal effects on phenotype", *Cell* 151 (4): 702–708.
- Robert, J. S. (2006), *Embryology, Epigenesis and Evolution: Taking Development Seriously* (Cambridge Studies in Philosophy and Biology). Cambridge University Press.
- Sung, S. & Amasino, R.M. (2004), "Vernalization and epigenetics: how plants remember winter", *Curr. Opin. Plant Biol.* 7: 4–10.
- Suzuki, M. M. & Bird, A. (2008), "DNA methylation landscapes: provocative insights from epigenomics", *Nature reviews. Genetics* 9 (6): 465–76.
- Vandermeer, J. H. (2009), *The Ecology of Agroecosystems*. Jones & Bartlett Publishers.
- Waddington, C. H. (1942), "Canalization of development and the inheritance of acquired characters", *Nature (London)* 150: 563–565.
- Waddington, C. H. (1957), *The strategy of the genes: A discussion of some aspects of theoretical biology*. London: George Allen & Unwin.

CALENTAMIENTO GLOBAL Y COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

*Mauricio Schoijet**

INTRODUCCIÓN

Mi interés en el tema del calentamiento global tiene dos aspectos. Por una parte, me interesa la divulgación, el alertar a millones sobre sus peligrosas posibilidades. En ese sentido, mi libro sobre el tema (Schoijet 2008) no es un trabajo de divulgación para las masas, sino un resumen de la literatura científica para personas que tienen un nivel de comprensión de la ciencia que va más allá de la de los filósofos y poetas, con todo respeto.

El otro aspecto es mi interés en explorar los aspectos históricos relacionados con los problemas ideológicos, éticos y políticos relacionados con el tema, y que además tienen relación con los avances de la ciencia.

Presento un hecho nuevo que casi no ha sido mencionado en los medios, el desplazamiento de varios científicos hacia una posición de máximo catastrofismo, que sugiere que la continuación de las tendencias actuales llevaría a un brutal retroceso de la humanidad o a la extinción de la especie humana.

Sostengo que hay adelantos científicos que hacen plausible esta perspectiva, y que además, en tanto que ha habido grandes avances en nuestra comprensión del problema, tanto los resultados científicos como algunos resultados observacionales recientes sugieren que nuestra capacidad predictiva es limitada, y que,

* Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. / schoijet@prodigy.net.mx

por lo tanto, sería plausible que ante una perspectiva tan aterradora se tomen medidas ambientalistas radicales, que implican pérdidas, no sólo para determinados sectores de la burguesía, fundamentalmente las industrias de los combustibles fósiles y del automóvil, sino también para los sectores del proletariado que pertenecen a estas ramas.

La actual campaña negacionista, o medidas demagógicas carentes de contenido real, podrían tener el efecto de acentuar aún más el descrédito de la democracia representativa e impulsar a grupos políticos dispuestos a tomar imprescindibles medidas ecologistas radicales que violarían los derechos de las empresas de combustibles fósiles.

Por otro lado, sostengo que la divulgación de la ciencia generada hasta ahora es insuficiente, y que debe de ir acompañada por una crítica de la ideología dominante, que enfatice la peligrosidad de la misma así como de las prácticas políticas de la burguesía para la humanidad.

LAS IDEOLOGÍAS DEL FIJISMO Y DEL PROGRESO COMO OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

La ideología del fijismo tiene un origen religioso, o sea, que está implícita en la Biblia, referida a que se mantendrían invariables o sólo experimentarían pequeñas perturbaciones las estructuras del mundo natural, ríos, montañas, llanuras, posición de los continentes, que habrían permanecido desde la Creación, y aunque no hay una mención explícita al clima, resultaría coherente suponer que podría ser incluido.

La ideología del progreso, propuesta por el filósofo inglés Francis Bacon y el francés René Descartes en la segunda década del siglo XVII, nunca se planteó la posibilidad de que la acción humana podría producir en la biosfera cambios importantes y negativos para la especie humana. Conscientes del avance de la ciencia, producen una de las ideas más peligrosas de la historia humana, la de la dominación de la naturaleza. Proponen que la clave para la felicidad y grandeza de la humanidad está en dicha dominación, que permitiría el avance ilimitado de las fuer-

zas productivas, y que será posible gracias a la ciencia, pero no toman en cuenta que éste podría tener también consecuencias negativas.

La teoría del calentamiento global cuaja como ciencia con la publicación del trabajo sobre el tema del químico sueco Svante Arrhenius, en 1896. Pero las condiciones para este trabajo fueron precedidas por varios otros publicados desde 1800, año en que el astrónomo anglo-germano William Herschel descubrió la radiación infrarroja. En 1827, el francés Joseph Fourier propuso que la atmósfera jugaba un papel de invernadero, reteniendo el calor que de otra manera escaparía al espacio. En 1859 el físico irlandés John Tyndall estudió la difusión de la radiación infrarroja en gases, estableciendo que es absorbida por el dióxido de carbono (CO_2), mientras que el nitrógeno y oxígeno se comportan como transparentes. Entre 1860 y 1900 los físicos alemanes Gustav Kirchhoff, Wilhelm Wien y Max Planck, y el austriaco Josef Stefan desarrollan la teoría de la radiación del cuerpo negro, que fue posteriormente utilizada por Arrhenius para su teoría del calentamiento global.

La importancia del trabajo de Arrhenius fue totalmente subestimada por los científicos, y podemos suponer que ello se debió a la influencia de las ideologías mencionadas. A Arrhenius le dieron el Premio Nobel por sus trabajos en el campo de la electroquímica, sin mencionar al calentamiento global. Muchos científicos creyeron que cualquier aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera sería compensado por la absorción de éste por los mares, sin tomarse la molestia de verificar esta hipótesis. Sólo hasta 1957 el físico estadounidense Charles Keeling comenzó a realizar mediciones sistemáticas de la concentración de CO_2 en la atmósfera, que mostraron que en efecto había aumentado desde la época de la Revolución Industrial y que seguía aumentando.

El *Dictionary of the History of Science*, compilado por W. F. Bynum *et al* (Bynum 1981) menciona a Arrhenius con relación a varios aspectos de la química, no con el calentamiento global. Sólo hasta 1981 un medio de difusión de masas, el periódico *The New York Times*, publicó un artículo sobre esta teoría.

Los antecedentes apocalípticos

Algunos pensadores de la Grecia antigua ya comenzaron a darse cuenta de lo dudoso de la posición fijista, por ejemplo, Tales de Mileto, que se refirió a la presencia de conchas de animales marinos en áreas terrestres elevadas; o Aristóteles, quien aparentemente fue el primero en percibir la degradación de los suelos cultivados.

Una señal del peso de esta ideología fue la falta de percepción de la aparición de las supernovas, o sea estrellas que cambiaban bruscamente su brillo. El primer europeo que percibió y comunicó el fenómeno fue el astrónomo danés Tycho Brahe a comienzos del siglo XVI, pero ya lo habían conocido y registrado en el año 1054 astrónomos chinos e indígenas de Baja California.

En el Antiguo Testamento aparecen las primeras señales de una literatura apocalíptica de raíz religiosa. La idea del Apocalipsis, o sea de que Dios o los dioses podían destruir al mundo aparece en algunos profetas del Antiguo Testamento, y son expresión del descontento, que se manifiesta como resistencia a las ideas dominantes por parte de los sectores más oprimidos de la sociedad. Entre los siglos I y IV, esta visión apocalíptica aparece en autores cristianos, de los que por supuesto el más conocido es el Apocalipsis de San Juan de Patmos, incluido en el Nuevo Testamento, y termina por extinguirse en la Edad Media. Pero la idea sigue presente a fines del siglo XVIII o comienzos del XIX, en el gran escritor germano Johann Wolfgang Goethe, quien la sintetiza en dos versos incluidos en su *Fausto*:

*Deus irae, Deus ira,
Solvat seclum in favilla.*¹

Las visiones apocalípticas basadas en la ciencia

Cuando surgió la ciencia moderna, los científicos eran prisioneros de la ideología del fijismo, o sea que creyeron en la estabilidad y permanencia de las estructuras del mundo natural, de un mundo eternamente igual a sí mismo salvo pequeñas oscilaciones en torno a estados de equilibrio. A partir del siglo XVIII y comienzos del XIX, los avances de la ciencia van demoliendo

¹ La ira de Dios, la ira de Dios, / convierte ciudades en ceniza.

dicha ideología. En la segunda mitad del siglo XVIII se consolida la geología como ciencia, y aparece la paleobiología, es decir la noción de especies extinguidas y otras recientes, lo que desmiente la versión bíblica de la Creación. En 1837 el científico suizo Louis Agassiz crea la paleoclimatología, al proponer que el clima de Europa había sido mucho más cálido en el pasado, y hacia comienzos del siglo XX varios científicos proponen la noción, confirmada en la segunda mitad del siglo, de que el clima experimentó una sucesión de glaciaciones y periodos interglaciales a lo largo de miles de millones de años. Otro golpe demoledor contra la ideología del fijismo ocurre en 1858, cuando los científicos ingleses Charles Darwin y Alfred Russel Wallace presentan su teoría de la evolución de las especies por selección natural, que supone que los seres vivientes evolucionaron desde formas microscópicas primitivas a la gran diversidad actualmente observable.

La ideología del fijismo operó como obstáculo epistemológico para la aceptación de la realidad de algunas observaciones, por ejemplo, la de la existencia de meteoritos, y para la aceptación de la muy importante teoría de la deriva de los continentes, presentada en 1912 por el geofísico alemán Alfred Wegener.

Cabe mencionar que, en contra de las visiones catastrofistas, el físico y Premio Nobel estadounidense Robert A. Millikan, conocido como fideísta, publicó en 1930 uno de los textos más ridículos escritos por un Premio Nobel, afirmando que Dios, en su infinita sabiduría le había puesto "candados" a la Creación para evitar que la especie humana se destruyera a sí misma.

Por otro lado, en las últimas décadas del siglo XX se confirma la noción de extinciones masivas de especies. En el caso de la extinción de los dinosaurios, los físicos Luis y Walter Álvarez propusieron que el choque de un gran meteorito contra la Tierra la habría causado. Posteriormente se localizó el lugar del impacto, cerca de la península de Yucatán.

El primer científico que alertó sobre las posibilidades de fabricar armas nucleares, en circunstancias en que aún no existían las condiciones para ello, fue el ruso Vladimir Vernadsky, quien planteó en 1915 la posibilidad de una guerra nuclear y la de la extinción de la especie humana por esta causa. En las últimas

décadas del siglo XX aparece la teoría del invierno nuclear, propuesta por Sagan y Turco (Turco 1983), que va en la misma dirección que la de Arrhenius en cuanto al impacto negativo de las acciones humanas, en este caso una guerra nuclear, que podría causar una hambruna a nivel mundial por efecto de las partículas generadas por las explosiones e incendios provocados por las bombas. La hipótesis de Sagan y Turco suponía una guerra nuclear en que serían arrojadas miles de bombas. Una versión actualizada de Toons y Mills plantea que una cantidad sustancialmente menor, de sólo unas cien, podría tener el mismo efecto (Toons 2007; Mills 2008).

La propuesta de un invierno volcánico se apoya en la evidencia histórica, la de los efectos de una erupción del volcán Tambora, Indonesia, durante 1815, que causó el descenso de las temperaturas en Europa. Con el descubrimiento de los supervolcanes se percibió que los efectos de las erupciones de éstos podrían ser aún mayores.

Hace aproximadamente medio siglo, varios geofísicos estadounidenses descubrieron la existencia de los supervolcanes, y comenzaron a estudiarlos. Son volcanes de características morfológicas diferentes, lo que explica su caracterización tardía, que comenzó en la década de 1970. Se diferencian de los volcanes convencionales en que su número es mucho menor, sus erupciones mucho menos frecuentes pero incomparablemente más devastadoras. Tienen el potencial de devastar un continente o más (Bindeman 2006). Según varios autores, habría entre quince o veinte, en Estados Unidos, Indonesia, Nueva Zelanda y otros países. En los últimos cien mil años habrían ocurrido dos erupciones de este tipo, la del supervolcán Toba, en Indonesia, hace 72 mil, y otra en Nueva Zelanda.

Es sabido que la especie humana es de aparición relativamente reciente, de no hace más de 200 mil o 250 mil años, y que es la única sobreviviente de más de 30 especies de homínidos, de las que habrían sido contemporáneos de los humanos: los neanderthales; los homínidos de la cueva Denisova, en las montañas de Altai, Siberia, descubiertos en 2008; y el Hombre de la Isla de Flores, en Indonesia, que habría sobrevivido hasta hace menos de 15 mil años. Es además sabido que la historia del

clima registra una alternancia de glaciaciones y periodos interglaciales, en una escala de decenas de miles de años. Las causas de la desaparición de estas especies no se conocen, pero en el caso de los neanderthales se ha publicado una conjetura de Jerry van Andel, acerca de que su desaparición pudo haber sido causada por la transición de un periodo interglacial a la última glaciación, que los habría dejado sin alimentos, al cambiar drásticamente los ecosistemas en pocos años (Mayell 2004). Un adelanto científico sumamente importante fue obtenido a partir de la observación de hielos fósiles extraídos en Groenlandia y la Antártida en la década de 1970, que permitió determinar que las transiciones de un periodo interglacial a una glaciación son, en la mayoría de los casos, sumamente rápidas, del orden de algunos años o décadas. Dado que estas transiciones producen cambios importantes en los ecosistemas, parecería plausible pensar que habría especies que se extinguirían por esta causa.

Coincidiendo en varios aspectos, existen dos teorías que sostienen que la especie humana habría sido diezmada por fenómenos naturales, lo que redujo drásticamente su población. Se apoyan en evidencia proveniente de estudios genéticos. Difieren en cuanto a las causas y al tiempo en que se habría producido:

La teoría de Stanley Ambrose afirma que se habría producido hace 72 mil años, y que fue causada por la erupción del supervolcán Toba, en Sumatra, Indonesia, misma que habría causado un invierno volcánico que habría reducido drásticamente la población de humanos al producir cambios importantes en los ecosistemas. En ese momento los humanos ocupaban parte de África y la India (Ambrose 1998).

La teoría de Curtis W. Marean propone que habría ocurrido en una época anterior, entre hace 195 mil y 123 mil años, y que la causa habría sido una glaciación particularmente severa. Ambos coinciden en que los sobrevivientes se habrían refugiado en cuevas costeras de Sudáfrica, y que se habrían alimentado de pescado y mariscos (Marean 2010).

Hasta hace muy poco, y aparentemente, nadie habría notado que la existencia de transiciones climáticas y de supervolcanes implican la necesidad de una reformulación de la ideología del progreso, o sea que hay fenómenos naturales, altamente destruc-

tivos, que serían imposibles de ser controlados por la especie humana, aunque ésta podría tomar medidas preventivas, por ejemplo, una disminución drástica de la población, para mitigar los posibles daños, por más que el margen de incertidumbre sobre los tiempos en que podrían producirse estas catástrofes es muy grande.

Sugiero que entre 2003 y 2008 se fue dando un cambio en la percepción de la problemática del calentamiento global, en dirección hacia las posibilidades más catastróficas, incluyendo la que llamaría una situación ultramalthusiana, es decir, el confinamiento de la humanidad en una faja de tierra habitable y cultivable alrededor del Océano Ártico, que incluiría a Canadá, Siberia, norte de Rusia, países escandinavos y probablemente Gran Bretaña. Ello implicaría una reducción drástica de la población, del orden de miles de millones. La otra sería la máxima catástrofe, la extinción de la especie humana.

LAS LIMITACIONES DE LA CIENCIA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

La teoría del calentamiento global ha sido utilizada para dar cuenta de las observaciones climatológicas sobre aumento de las temperaturas promedio a lo largo de las últimas décadas, también para los datos paleoclimatológicos. A partir de ella se han desarrollado los llamados modelos de circulación general, que permiten pronosticar la evolución futura del clima para países y áreas geográficas. Esta teoría cuenta con un gran consenso dentro de la comunidad de los climatólogos, en tanto que ni se han propuesto teorías alternativas que recibieran algún apoyo, ni nadie ha intentado refutarla. Sí existen incertidumbres, que en parte dependen de la dificultad de comprensión de algunos fenómenos, por ejemplo, en lo relativo al deshielo de áreas cubiertas de hielo, como Groenlandia y la Antártida, y al problema complementario de la magnitud y velocidad de un previsible aumento del nivel del mar.

Vale la pena señalar que el consenso científico puede ser revertido, pero que las teorías científicas no son un conjunto de proposiciones aisladas, desconectadas, sino estructuras lógicas,

luego es improbable que una teoría como la del calentamiento global, que explica en forma coherente los hechos observados, pueda ser refutada, aunque sí podrían serlo aspectos particulares.²

Es decir, el avance de nuestro conocimiento sobre el calentamiento global ha mostrado que éste tiene serias limitaciones, debido a la dificultad de comprensión de algunos fenómenos naturales; a las grandes incertidumbres en la predicción de otros, incluyendo los tiempos en que podrían producirse; y a la posibilidad de que el curso del calentamiento global sea más complicado de lo que hasta ahora se cree.

En cuanto al primer caso, uno de los fenómenos que están ocurriendo, y que tiene un enorme potencial destructivo, es el aumento del nivel del mar por fusión de los hielos polares, que podría causar la inundación de grandes áreas costeras. Éste se está produciendo con una velocidad considerablemente mayor a lo que habían propuesto algunos científicos. Pero debido a que el mecanismo principal sería la fricción de unas masas de hielo contra otras, y debido al hecho de que aunque los fenómenos de fricción fueron estudiados durante mucho tiempo por varios investigadores, son aún poco comprendidos, y todavía es imposible hacer predicciones confiables sobre los tiempos.

El otro fenómeno se refiere al aumento de concentración del metano en la atmósfera, que es un poderoso gas de invernadero. Los clatratos son compuestos moleculares de agua y metano, que se encuentran en decenas de lugares bajo la superficie del mar. Las condiciones de su descomposición no son suficientemente conocidas. El metano también se encuentra en áreas terrestres cercanas al Polo Norte y se han registrado emisiones de este gas de la tierra congelada llamada permafrost. Algunos climatólogos habían especulado que una liberación masiva de metano podría demorar varios siglos. La práctica demostró que estaban equivocados, porque en el año 2008 se registró una liberación masiva de permafrost frente a las costas del noroeste de

² Con respecto al problema de cómo los científicos tienen que comunicar las incertidumbres en los resultados científicos, evitando al mismo tiempo que el reconocimiento de éstas perjudique la autoridad de la ciencia, se tiene el trabajo de Simon Shackley y Brian Wynne (Shackley 1996).

Siberia, provenientes de permafrost sumergido bajo las agua del Océano Ártico.

Un artículo publicado por el climatólogo Gregory Ryskin (Ryskin 2003) plantea una posibilidad igualmente inesperada, la de que el metano sustituya al dióxido de carbono (CO_2) como principal gas de invernadero a consecuencia de esta liberación de metano de los fondos marinos y del permafrost. Si fuera el caso, la humanidad se encontraría en mucho peor situación, porque para el CO_2 sabemos cuáles serían las medidas para frenar las emisiones, pero si el metano sustituye al CO_2 seríamos totalmente impotentes. El artículo mencionado es coherente con el hecho de que el derretimiento del Ártico es mucho más rápido de lo que habían previsto sofisticados modelos computacionales, lo que muestra que éstos no son confiables en los casos en que nuestra comprensión de la física del problema es inexistente o insuficiente.

Uno de los avances científicos recientes más importantes ha sido la publicación de un grupo de climatólogos de varios países dirigidos por Mante Meinshausen (Meinshausen 2009). Señalan que el calentamiento global no depende de las emisiones anuales sino del total acumulado para cada gas de invernadero. A lo que habría que agregar que si nos fijamos un dado límite al calentamiento global, supongamos que 2°C , no existe ninguna certeza de poder alcanzarlo, sino que existe una probable dispersión de resultados en torno a esta meta.

A todo lo anterior debemos agregarle que, puesto que estamos tratando con un sistema no lineal formado por subsistemas no lineales, no tenemos ninguna certeza en cuanto a la aparición de comportamientos catastróficos de las variables, o sea, no sabemos, sólo podemos hacer conjeturas sobre cuáles variables podrían ser afectadas, pero no los tiempos en que se producirían estos efectos ni sus magnitudes.

Todo ello hace que el griterío de jefes de Estado y gobiernos en las reuniones internacionales sobre cambio climático, pidiendo que el calentamiento global no pase de 2°C , sólo sea una expresión de su ignorancia. Además de su inmoralidad, porque están implícitamente de acuerdo en que debido al aumento del nivel del mar decenas de millones de habitantes de Bangladesh

y de las islas del Caribe, del Índico y del Pacífico se conviertan en refugiados.

Finalmente, hay fenómenos predecibles, pero con una gran incertidumbre sobre los tiempos. Es sabido que el aumento de CO_2 en la atmósfera produce el calentamiento global, pero dada una determinada proporción de este gas en la atmósfera, el tiempo que transcurre hasta que se establece una concentración de equilibrio está sujeto a un considerable margen de indeterminación, luego lo está la temperatura global promedio, debido a la indeterminación del tiempo en que es absorbido por los mares. Por otro lado, hay otros fenómenos que podrían afectar la temperatura de la atmósfera, (por ejemplo, cambios en la trayectoria de las corrientes marinas), y sobre los que nuestra capacidad predictiva parece ser nula.

Todo lo anterior es coherente con un cambio en la orientación de la ciencia, que se ha desplazado hace algunas décadas a posiciones catastrofistas en varios aspectos.

Los aspectos más catastróficos ocultados hasta ahora

La primera propuesta que considera una situación ultramalthusiana fue hecha por el climatólogo neozelandés Peter Barrett, en una entrevista radial durante 2004. Sugirió que el calentamiento global podría causarla en cien años. Mencionó el calentamiento del Ártico y la liberación incontrolable del gas metano (CH_4) que se encuentra bajo la superficie de éste y de otros océanos en forma de clatratos. Como ya decíamos en otro apartado, una liberación masiva de metano fue observada en Siberia, en 2008.

El primer trabajo de investigación que sugirió la posibilidad de la extinción de la especie humana fue publicado por Lee R. Kump, Alexander Pavlov y Michael Arthur, quienes se apoyaron en datos paleoclimatológicos para afirmar que el calentamiento global disminuiría la capacidad de absorción de oxígeno de los océanos, luego habría un mayor desarrollo de las áreas anóxicas, o sea carentes de oxígeno, que podrían emitir ácido sulfhídrico (H_2S) mismo que envenenaría la atmósfera. Un aumento de mil o diez mil veces en la concentración de este gas en la atmósfera sería suficiente para matar a la mayor parte de las especies, incluyendo a la nuestra (Kump 2005). Estos autores se abstuvie-

ron de cualquier conjetura sobre el tiempo necesario para ello. Las posibilidades catastróficas fueron también defendidas por Peter D. Ward (Ward 2010). Cabe mencionar que el número de áreas anóxicas está aumentando rápidamente, de 149 conocidas en 2004 a 200 en 2006.

Ambas posibilidades catastróficas, la ultramalthusiana y la de extinción de la especie humana, fueron consideradas en 2006 por el científico británico James Lovelock.³

LAS CONSECUENCIAS POLÍTICAS

El punto central de mi planteamiento es que dadas las incertidumbres mencionadas resulta imposible establecer un nivel seguro de aumento de las temperaturas globales, tampoco un camino seguro para lograr determinada meta. Si es así, luego no tiene ningún sentido la gritería de dirigentes de los países que acuerdan que debe establecerse un límite de 2°C para el calentamiento global, porque no hay ninguna seguridad de que pueda lograrse, ni sobre los efectos.

Por ello debe prevalecer una concepción ética, la de que dada la indeterminación en los peligros, corresponde aplicar las medidas más radicales en el menor tiempo posible, porque cualquier otra alternativa podría ser peor.

La burguesía, o sus sectores dominantes a nivel mundial, no cree o pretende no darse cuenta de la gravedad del problema. En ello también probablemente cuenta una concepción limitada del papel de la ciencia, a la que siempre ha visto como su sirvienta para la generación de sistemas tecnológicos, pretendiendo que no puede jugar un papel desestabilizador, en tanto que denuncia, en algunos casos sumamente importantes, los estragos que éstos causan al ambiente. Por ello propaga la ilusión de que el problema del calentamiento global es susceptible de ser paliado con medidas minimalistas, especulación absolutamente peligrosa. Sólo con medidas radicales puede haber esperanza de solución, y esta solución será necesariamente costosa, en tanto que implica la desvalorización del capital de importantes ramas de

³ *The Independent*, 16 de enero de 2006; ver también el artículo sobre Lovelock en la Wikipedia.

la actividad económica, luego la probable no continuación del crecimiento, sino posibles retrocesos.

No puede haber solución al calentamiento global sin una transición a energías renovables. Esta transición implicaría cuantiosos gastos para la reestructuración de las redes eléctricas.

Colaboradores de Mario Molina, el más conocido científico mexicano, han mostrado su incompreensión del problema al afirmar que sí tiene solución y no representa sacrificios. Por ejemplo, corresponde mencionar una entrevista a Rodolfo Lacy Tamayo, del Centro Mario Molina, quien propone plantas nucleares y de carbón (Alatorre 2008). Aparentemente no sabe que el carbón es el combustible más contaminante, y que la fabricación de combustible nuclear requiere cantidades sustanciales de combustibles fósiles.

La burguesía mexicana ha dado muestras de su ignorancia e irresponsabilidad. Los industriales regiomontanos las han mostrado en su momento, al regañar al entonces presidente Felipe Calderón por supuestamente haber hecho concesiones indebidas a los ambientalistas en este terreno. En un sentido similar se pronunció la empresa Cemex, y otras que amenazaron con la migración de sus capitales (Appel 2011). Andrés Manuel López Obrador, el más visible dirigente de la oposición mexicana, hizo una propuesta de construir nuevas refinerías, implicando que México puede y debe seguir siendo un país petrolero durante décadas. Ni él ni sus asesores parecen entender el problema. La ley de Cambio Climático aprobada por el Congreso no pasa de ser un ejercicio de demagogia, en el sentido de la carencia de metas y de presupuesto, consecuencia de la falta de definición sobre cuál sistema de generación de energía y de medios de transporte deben reemplazar a los actuales. Por supuesto que plantear estos problemas podría representar la apertura de una caja de Pandora, que probablemente los funcionarios responsables no están preparados para manejar.

En el caso de la reunión de Cancún de 2010, todos los gobiernos, con la excepción del de Bolivia, se han mostrado igualmente inoperantes e incluso los mayores responsables, China y Estados Unidos, se han negado a aceptar metas de limitación de emisiones.

Dado que el derretimiento del Ártico es mucho más rápido de lo que habían previsto sofisticados modelos computacionales, es alarmante que los gobiernos no hayan respondido al cambio con alguna urgencia mayor para limitar las emisiones de gases de invernadero. Por el contrario, su respuesta principal ha sido planear la explotación de los minerales recientemente accesibles en el Ártico, incluida la perforación para extraer más petróleo (Justin Gillis, *The New York Times* del 19ix2012). Obama ha enfatizado que “debemos conseguir 100 años de independencia energética aprovechando la técnica del *fracking*” (Chomsky 2012), en circunstancias en que esta tecnología apenas comienza a ser aplicada; en que no se conocen las reservas, luego no tiene sentido sostener que podrían durar cien años, y en que se reconoce su potencial daño a los recursos acuíferos, que ha llevado a algunos gobiernos a prohibirla o a establecer moratorias para su aplicación, y a que algunos estadounidenses que han resultado perjudicados hayan planteado demandas por vía judicial. Tampoco se pregunta el señor cómo luciría el mundo después de un siglo de tales prácticas.

La campaña negacionista y sus efectos

Existe un interés sustancial por parte de poderosas empresas que explotan los combustibles fósiles, y de empresas que los utilizan, como las de generación y distribución de energía eléctrica, para negar el fenómeno del calentamiento global. Para ello han utilizado un reducido número de espadachines con antecedentes científicos, en algunos casos respetables. Los que se prestan a semejantes maquinaciones pueden recibir jugosos emolumentos, pero se marginan a sí mismos de las comunidades científicas. Hay políticos irresponsables que afirman, sin molestarse en mencionar ninguna evidencia, que los científicos actúan en función de sus intereses personales. Nadie que tenga una mínima capacidad de análisis puede tomarlos en serio.

La promoción de tan peligrosísima campaña negacionista ha logrado confundir a amplios grupos sociales minimizando los peligros que se ciernen sobre la humanidad.

De la situación de gobiernos atrincherados en el negacionismo e inconscientes del gravísimo problema que confronta a la

humanidad, luego de la necesidad de medidas ambientalistas radicales, dudo que objetivos de tales dimensiones serían susceptibles de ser alcanzados sin una reconfiguración drástica de los sistemas políticos a nivel global. Estas medidas necesariamente causarían grandes pérdidas para determinados sectores de la burguesía, fundamentalmente de las industrias de combustibles fósiles y de la del automóvil, por lo que probablemente los gobiernos y clases sociales dominantes continuarían su enconada resistencia, que incluso podría contar con el apoyo de los sectores menos conscientes del proletariado, particularmente el de estas industrias.

El punto central sería, entonces, la eliminación, en el tiempo más corto posible, de la generación de energía por combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) y el racionamiento de gasolina para el automóvil individual privado, dando prioridad al transporte público, que consume menos combustible, y en la medida de lo posible alimentar a éste con energía eléctrica proveniente de fuentes renovables.

Los resultados científicos muestran que la desaparición de la especie humana no es imposible. La existencia de la campaña negacionista sugiere que la humanidad tiene el derecho de defenderse, desde la perspectiva de una política revolucionaria, que imponga medidas ambientalistas radicales. Pero nadie puede estimar cuánto podría durar este periodo, podrían ser siglos, ni tampoco está garantizado su éxito.

En tanto que este planteamiento rechaza la aplicación de remiendos técnicos de alto costo y resultados inciertos, o sea la geoingeniería, sí serían aceptables medidas que podrían llamarse de geoingeniería de baja intensidad, como la propuesta del climatólogo James Hansen, de sustraer dióxido de carbono de la atmósfera por fabricación de carbón vegetal a partir de residuos orgánicos, que después sería enterrado. Y la de mejorar los fogones campesinos, impulsando el uso de cocinas solares, y de filtros de partículas a los motores diesel, lo que mejoraría la salud de la población campesina y disminuiría la contaminación por hollín, que contribuye al calentamiento global.

INDICADORES SOBRE LA PREOCUPACIÓN DE LOS GOBIERNOS ANTE LA PROBLEMÁTICA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Existen varios datos sobre la preocupación de algunos gobiernos acerca de esta problemática. Dado que revisar toda la información acerca de las acciones de los gobiernos representa una tarea considerable, es posible que la información presentada sea incompleta.

Dos gobiernos, los de Gran Bretaña y Australia encargaron la elaboración de documentos sobre el calentamiento global; el llamado Reporte Stern (2006) en el primer caso, y el Reporte Garraud (2008), en el segundo.

País en que hubo campañas gubernamentales para informar al público sobre el tema: Gran Bretaña. País en que el gobierno promovió una encuesta para determinar la comprensión pública del problema: Gran Bretaña.

El esfuerzo más importante, y probablemente único, para determinar la comprensión pública del problema, cuyos resultados serán discutidos más adelante, fue llevado a cabo por una organización privada estadounidense. Aparentemente a ningún gobierno ni a ninguna organización internacional se les ocurrió que era necesario buscar información sobre este tema.

El caso de Gran Bretaña

Una encuesta sobre comprensión pública del cambio climático llevada cabo en el sur de Inglaterra fue reportada, en 2009, por Lorraine Whitmarsh en la revista *Public Understanding of Science* (18: 401-420).

Desde comienzos de la década de 1990 hubo varias campañas del gobierno para informar a la población sobre el calentamiento global. Se tienen resultados de comprensión del problema por el público desde 1993.

En tanto que la mayoría de los británicos (63%) estuvo de acuerdo en que el calentamiento global es el problema ecológico más importante, la mayoría lo consideró menos serio que otros problemas (Norton 2004). 1700 ejemplares de un cuestionario de ocho páginas fueron distribuidos en 2003 en la ciudad de Portsmouth, en el sur de Inglaterra, de los que 593 fueron retornados.

Los resultados mostraron un nivel de confusión, en que el 15 % confundía el calentamiento global con el empobrecimiento de la capa de ozono, y el 4.4 % con el efecto de los clorofluorocarbonos, principal causa de este empobrecimiento, utilizados en sprays y refrigeradores, y que fueron objeto del llamado Tratado de Montreal para su eliminación gradual, firmado en 2007.

Se les pidió a los encuestados definir una jerarquía de problemas ambientales. El 45 % respondió con una lista en que los problemas de tráfico estaban en primer lugar; el calentamiento global estuvo en el séptimo, con 19 %.

La evolución de la opinión pública sobre el calentamiento global en Estados Unidos

Paul M. Kellstedt, Sammy Zahran y Arnold Vedlitz (Kellstedt 2008), citan 60 artículos, de los que quince se refieren a opinión pública y calentamiento global, entre ellos uno de M. Boykoff y J. Boykoff (Boykoff 2004). Kellstedt y Vedlitz son profesores del Departamento de Ciencias Políticas, y Zahran de la George Bush School of Government, de la Texas A & M University, de College Station, Texas.

Plantean que la suposición detrás de la película de Al Gore y de otra sobre el mismo tema del calentamiento global, acerca de la falta de un “clamor público” (*outcry*) sobre calentamiento global no es que al público no le importa sino que no sabe lo suficiente. Los resultados de las encuestas a nivel internacional muestran que los estadounidenses tienen una cantidad promedio de información respecto de otros países sobre este tema. Por tratarse del país de ciencia más desarrollada del mundo deberían estar arriba del promedio.

La tesis que plantean Kellstedt y sus coautores es que no se trata de un déficit de conocimiento.

Una encuesta realizada por ellos, sobre más de mil estadounidenses, muestra que aquellos que tenían más confianza en los científicos tenían menos preocupación por el calentamiento global, y lo atribuyen a la creencia en la eficacia y universalidad de la ciencia para proveer soluciones tecnológicas.

El artículo de Kellstedt fue comentado por John Tierney “Global Warming Paradox” en el diario *The New York Times* del 29 de

febrero de 2008. También se habría referido al mismo tema Andrew Revkin (Revkin 2007). Revkin cita a Tom Lowe, científico australiano, en el sentido de que a falta de evidencia física de que algo malo puede ocurrir, la gente tiende a esperar y ver (*wait and see*). Si fuera el caso, no está claro por qué los estadounidenses mostrarían esta tendencia en mayor proporción respecto a otros países.

También se publicó un artículo anónimo sobre el tema, aparentemente sin fecha, en la página web de la organización ambientalista Worldwatch, "US Public still Unconvinced on Climate Change".⁴ Según éste, menos ciudadanos estadounidenses consideran al calentamiento global una "amenaza seria" que dos años antes, de acuerdo a una encuesta de opinión reciente. La proporción es de 65 %; hace dos años era de 77 %.

Mark Drajem, en un artículo publicado en septiembre de 2012, reportó que la ola de calor récord más los incendios forestales catastróficos en áreas silvestres de Estados Unidos, causaron un desplazamiento de la opinión pública desde marzo hasta alcanzar un 70 % que sí creían en la realidad del calentamiento global, especialmente entre votantes independientes (es decir que no se definen como a favor de los dos grandes partidos) y en el estado de Texas, que habría estado en el segundo año de una sequía récord.

Vale la pena mencionar que el consenso científico es en este caso mayor que el existente respecto a otros temas, por ejemplo, el de investigación sobre embriones.

Debe tratarse del único país en que puede observarse un retroceso de la conciencia ambiental, sobre el más grave de los problemas ambientales. Si no se trata de una falta de conocimientos, entonces se puede sugerir que se debe a los efectos de la campaña anticientífica promovida por los sectores dominantes de la burguesía, que se apoya en el peso de las ideologías dominantes.

Este apoyo tiene raíces históricas profundas, y se expresó de diversas maneras a lo largo de gran parte de la historia de Estados Unidos. Por ejemplo, en el racismo, que incluyó la tolerancia hacia la organización terrorista Ku Klux Klan desde su fundación (a fines de 1870) hasta la década de 1960. En las leyes

⁴ Visitado y leído el 13 de marzo de 2013.

eugenistas, que permitieron la castración de 60 mil delincuentes comunes entre comienzos del siglo XX y la década de 1960 (cabe mencionar que en este aspecto la política terrorista contra la población pobre y étnicamente diferente sólo fue superada en la Alemania nazi). En la resistencia organizada contra la enseñanza del darwinismo (aunque a la fecha se ha modificado ligeramente), y en el antintelectualismo (Hofstadter 1962).

En un sentido convergente con el de Kellstedt y sus coautores, Aaron McCright *et al.* sostienen que el movimiento conservador en Estados Unidos, contra el reporte del International Panel on Climate Change (IPCC) y de un documento similar de la National Academy of Sciences, contribuyó sustancialmente a bloquear la ratificación del Protocolo de Kyoto sobre calentamiento global por el gobierno de Estados Unidos.

La opinión pública a nivel internacional

Hay por lo menos dos artículos sobre el tema. Uno es el de Richard J. Bord *et al.* Según estos autores, las encuestas sobre temas ambientales habrían comenzado en la década de 1970; las encuestas sobre calentamiento global en 1982. En ese año sólo un 12 % lo consideraba “un problema muy serio”. Esta proporción aumentó a 39 % en 1988, 34 % en 1996, o sea que aparentemente hubo un retroceso en la percepción del problema. En 1982 y 1986 las encuestas se hicieron en doce países europeos, 34 % y 38 % respondieron que se trataba de un problema “muy serio”.

En 1992 hubo mayorías que lo consideraron igualmente serio en 13 de 24 países, sin embargo, menos serio que otros problemas, ya que lo colocaron en séptimo lugar respecto a contaminación atmosférica, del agua, etc. La preocupación por el calentamiento global resultó mayor en Canadá, algunos países europeos y sudamericanos (Bord 1998).

Las encuestas pusieron de manifiesto errores de juicio de los encuestados, ya que muchos aceptaron que la instalación de limpiadores en chimeneas de fábricas (*scrubbers*) reduce los gases de invernadero (Kempton 1995).

Tal vez el aspecto más perturbador que se desprende de estas encuestas es que cuando el calentamiento global se incluye en una lista de otros problemas ambientales y sociales, tiende a re-

flejar una menor preocupación respecto a los otros. O sea que los encuestados parecerían mostrar esta mayor preocupación cuando el problema es presentado en términos abstractos.

Las mismas encuestas son objeto de un análisis más detallado en un artículo de Steven M. Brechin. Éste analiza los resultados para 24 países, obtenidos por las empresas encuestadoras Gallup y Louis Harris, que actuaron por separado (Brechin 2003; Gallup 1993). Once de los 24 fueron considerados de altos ingresos. El tamaño de las muestras fue de 770 en Finlandia y 5000 en la India, pero en la mayor parte de los casos fue menor, entre 300 y 600. En los casos de países no industrializados las encuestas se limitaron a áreas urbanas.

La muestra incluye catorce países europeos, cuatro asiáticos, cuatro latinoamericanos (Chile, México, Uruguay y Brasil), y a Canadá y Estados Unidos.

Los resultados desmienten la difundida tesis de Inglehart de que las preocupaciones ambientales sólo surgen a partir de determinado nivel de bienestar.

Los cuatro latinoamericanos están arriba de Estados Unidos, ya que en este país sólo 47% considera al calentamiento global como un problema "muy serio". Canadá tiene 58%. Brasil está arriba de los otros latinoamericanos, con 71%, y es el segundo a nivel mundial, detrás de Portugal (72%). México está en 62%. India es el de menor preocupación entre los asiáticos, con 36%. Nigeria, único africano, tiene la menor cifra a nivel mundial, con 26%. Brasil, Japón y Alemania tienen los mayores índices a nivel mundial.

En 1992 la organización Gallup llevó a cabo en seis países (Canadá, Estados Unidos, México, Rusia, Brasil y Portugal) una primera encuesta sobre el conocimiento de las fuentes de los gases de invernadero, y cuyos resultados fueron analizados por R. Dunlap en 1998 (Dunlap 1998). Varios estudios llevados a cabo entre 1991 y 1998, por ejemplo el de W. Kempton en el primer año mencionado y el de Dunlap (Kempton 1991), mostraron que incluso en países industrializados ricos, la mayor parte de los ciudadanos no entiende que los gases antropogénicos causan el calentamiento global (el descubrimiento del efecto de las partículas de hollín fue posterior).

Encuestas de la organización Environics Foundation International, llevadas a cabo en 27 países en 1999 y 2001, muestran que la comprensión del problema es pobre, aun en países como Alemania y Japón. En las encuestas aplicadas en 1999 se preguntó cuál era la fuente de gases de efecto invernadero, ofreciendo cuatro opciones: combustibles fósiles, deforestación, capa de ozono y contaminación atmosférica. Cabe mencionar que en algunos casos pudo haber habido una confusión, puesto que la contaminación atmosférica incluye gases de invernadero, pero su proporción es muy menor respecto al dióxido de carbono, que suele no ser considerado un contaminante. Los más ignorantes resultaron ser los indonesios, con sólo 3 % de respuestas correctas. En Estados Unidos hubo un 11 %, el mayor número se observó en Finlandia, con 17 %. Las respuestas de que era la capa de ozono fueron las mayores, con 48 % en Indonesia y 26 % en Estados Unidos, igual que México. En Japón la proporción resultó mayor que en Estados Unidos.

El nivel de ignorancia sobre el calentamiento global es aproximadamente igual al de Brasil, en lo relativo al papel de los combustibles fósiles. Aun los cubanos, con 17 % de respuestas correctas, están ligeramente más informados que los estadounidenses.

Cabe mencionar que la reacción internacional contra la no ratificación del Protocolo de Kyoto por el gobierno de Bush fue mayor en Europa, con un 87 % de desaprobación en Alemania, 85 % en Francia, 83 % en Gran Bretaña, 80 % en Italia. En Estados Unidos fue considerablemente menor, del 44 %. Fue una afrenta contra la opinión pública internacional, y es probable que haya influido en el escaso apoyo europeo a la aventura militar de Bush contra Iraq.

Un intento de interpretación

En 2005 este autor publicó un libro sobre los antecedentes y la coyuntura política posterior al derrocamiento del gobierno de De La Rúa en Argentina en 2001. Este episodio, y el derrocamiento del gobierno de Sánchez de Lozada en Bolivia, durante 2003, fueron, por lo que este autor conoce, los primeros casos de gobiernos electos derrocados por rebeliones populares.

Este autor conocía algunos de los antecedentes de este evento en el caso argentino, en que hubo un larguísimo proceso de deslegitimación de la democracia representativa, cuyo inicio se remonta al golpe militar encabezado por el general José Uriburu, que derrocó en 1930 al gobierno electo del presidente Hipólito Yrigoyen.

Uno de los aspectos de este proceso, particularmente a partir del golpe militar que derrocó al gobierno electo del general Juan Perón en 1955, fue la generalización de la anulación del voto en varias elecciones.

Cabe mencionar que hay centenares de libros publicados en varios países sobre la cuestión de la democracia, tanto en el aspecto teórico como de análisis de casos concretos, pero hay un enorme hueco en el caso del fenómeno del voto nulo, probablemente no por casualidad, sino porque revela la deslegitimación de regímenes supuestamente democráticos. A nivel internacional existen varios sitios de internet con estadísticas de resultados electorales posteriores a 1945 en varias decenas de países. Éstas incluyen la proporción de votos anulados, fenómeno correlacionado con la quiebra del sistema de partidos, en el sentido de partidos que tienen un considerable apoyo de la opinión pública durante periodos prolongados, del orden de décadas y hasta más de un siglo y cuya influencia termina por disiparse. Una inspección parcial de estas estadísticas revela que el mayor número de elecciones con alta proporción de votos nulos ocurrió en seis países sudamericanos: Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Perú y Ecuador. La proporción de votos anulados fue la mayor del mundo, con varios casos a partir de 1947, en que la proporción de votos anulados estuvo entre 10 % y 44 %; en tanto que en el caso de países fuera del continente americano la mayor proporción fue la de una elección en Italia, en que fue del 5 %, y de Ucrania, República Checa y Hungría, apareciendo el fenómeno después de la caída del “socialismo realmente existente” (Schoijet 2005).

¿Qué relación hay entre este fenómeno y la recepción del calentamiento global? Que la anulación del voto refleja la quiebra de las ideologías dominantes. O sea que de alguna manera la alta proporción de votos anulados puede ser desencadenada por

eventos particulares, pero que lo que la hace posible son procesos de deslegitimación de largo plazo. Está claro de los datos sobre percepción del calentamiento global que la aceptación de la realidad de este fenómeno no tiene relación con el nivel de educación, por supuesto, más bajo en todos los países latinoamericanos mencionados que en Estados Unidos. Si la aceptación de la realidad del calentamiento global está relacionada con la deslegitimación de las ideologías dominantes, ésta es resultado de un largo proceso previo de lucha de clases. Una de sus expresiones sería la susceptibilidad de las masas a aceptar la validez de informaciones y teorías que se oponen a la visión del mundo de las fuerzas sociales dominantes.

LOS INTENTOS DE INTIMIDACIÓN CONTRA LOS CLIMATÓLOGOS

La llamada campaña macarthista (por el senador Joseph McCarthy), de intimidación y hostigamiento contra comunistas, simpatizantes y elementos democráticos, por la que muchos perdieron sus empleos, en tanto que algunos fueron encarcelados por negarse a declarar, y otros tuvieron que exiliarse, y que tuvo lugar en la segunda mitad de la década de 1940 y primera de la de 1950, es uno de los episodios más vergonzosos de la historia de Estados Unidos.

Lo que es casi totalmente desconocido es que tuvo un precedente en la década de 1930. En efecto, cuando Franklin D. Roosevelt llegó a la presidencia en 1932, introdujo una innovación sin precedentes en la historia política de Estados Unidos, en que nombró a un número considerable de profesores universitarios en cargos gubernamentales, mayormente como asesores. Ello desató la ira de legisladores y periodistas conservadores, que acusaron a éstos, frecuentemente de manera injuriosa, no sólo de incompetentes y desubicados, sino de enemigos encubiertos de los sacrosantos valores del capitalismo. Roosevelt optó por no darse por enterado y la campaña terminó por extinguirse (Hofstadter 1962).

La campaña anticomunista de McCarthy tuvo el apoyo de otro de los personajes más siniestros de la política estadouni-

dense, el director del FBI, Edgar Hoover. Entre sus víctimas se contaron algunos de los más distinguidos científicos naturales y sociales del país, como J. Robert Oppenheimer, quien fue director científico del proyecto de fabricación de armas nucleares; el Premio Nobel de Química, Linus Pauling; el distinguido sinólogo Owen Lattimore; David Bohm, uno de los más distinguidos físicos jóvenes, elogiado por Einstein; Edward Condon, director del National Bureau of Standards; el economista Paul Sweezy, y muchos otros.

La campaña macarthista se extinguió con la defenestración de McCarthy, pero aunque en las décadas siguientes no hubo ninguna campaña organizada a nivel nacional, sí hubo casos de discriminación o ataques por motivos ideológicos, por ejemplo contra la activista política Angela Davis; contra la politóloga Frances Fox Piven, de la City University, de Nueva York; contra el profesor Ward Churchill, acerbo crítico de las aventuras militares estadounidenses, cesado de la Universidad de Colorado en 2007. El año anterior David Horowitz, autoproclamado discípulo y continuador de McCarthy, publicó el libro *The Professors: the 101 Most Dangerous Academics in America*. Entre los peligrosos incluyó a algún académico muy conocido, por ejemplo al historiador Eric Foner, ex presidente de la American Historical Association.

Es dentro del marco de estos precedentes que debe verse una campaña de hostigamiento de una organización conservadora y de legisladores contra algunos climatólogos. El senador James Inhofe, con antecedentes en los negocios de bienes raíces y seguros, se volvió el más prominente espadachín del capital de la industria de los combustibles fósiles en una infame campaña contra la ciencia del calentamiento global. En 2003 se refirió al calentamiento global como un fraude (*hoax*). Entre sus intervenciones más delirantes figura una comparación de la Environmental Protection Agency (organismo oficial a cargo de la protección del ambiente) con la Gestapo (policía política) nazi. Entre 2008 y 2010 recibió un millón y medio de dólares de donaciones de empresas petroleras y eléctricas.

La campaña anticiencia del Partido Republicano, en la que también se engancharon algunos legisladores del Partido Demó-

crata, la inició en 1995 el representante republicano Dana Rohrabacher, presidente de una comisión parlamentaria, que convocó a audiencias sobre el tema de la integridad de los científicos, en que llamó a declarar al espadachín con antecedentes científicos Fred Singer, veterano de campañas anticientíficas, como la de negación de los riesgos del tabaco y del adelgazamiento de la capa de ozono.

En 2005 Joe Barton, representante republicano por Texas y presidente de la Comisión de Energía y Comercio de la Cámara de Representantes, ligado a la empresa petrolera Exxon, de la que habría recibido 800 mil dólares para campañas electorales, envió cartas a tres climatólogos miembros del IPCC: Michael Mann, Raymond Bradley y Malcolm Hughes, pidiéndoles datos detallados acerca de un trabajo sobre calentamiento global publicado en 1998, cuyos resultados fueron incluidos en un reporte de este organismo. Se trataba de un caso sin precedentes, de un organismo legislativo que se proponía cuestionar la confiabilidad o interpretación de datos de una investigación científica. Bradley envió los datos, mientras que Mann y Hughes le respondieron, pero no dieron a conocer sus respuestas.

En 1971 el Congreso de Estados Unidos estableció un marco legal para la operación de Grupos de Acción Política, entre cuyas facultades se incluyó la de recibir dinero para distribuirlo a partidos o candidatos. Uno de estos grupos está ligado a la industria del carbón, y se dirigió al Penn State Speakers Forum, organismo de la Pennsylvania State University, de la que Mann es profesor, para cuestionar la invitación a éste para impartir una conferencia sobre calentamiento global. Cabe mencionar que Mann ya había sido objeto de amenazas por el mencionado Inhofe (Johnson 2012).

En 2011 el organismo directivo (*board of directors*) de la American Association for the Advancement of Science, organismo que agrupa a más de cien mil científicos e interesados en la actividad científica, emitió una “vigorosa” declaración contra el hostigamiento de climatólogos en Estados Unidos y Australia, mencionando los ataques contra Mann por el American Tradition Institute, una organización conservadora (Foster 2011).

La caída en la irracionalidad, por parte del Partido Republi-

cano, alcanzó su máxima expresión en la campaña electoral de 2012, en que numerosos dirigentes y candidatos del partido negaron la realidad del calentamiento global. El periodista Chris Mooney, quien publicó un libro sobre la campaña anticiencia del Partido Republicano (Mooney 2005), que fue muy vendido (*best seller*), planteó correctamente que nunca antes hubo un problema político en el que la ciencia jugara un papel tan crucial. Identificó correctamente la campaña electoral de Barry Goldwater en 1964, en que éste mostró una desconfianza paranoide hacia los intelectuales, como precedente de la actual caída del Partido Republicano en la irracionalidad. Cabe mencionar que la periodista Elizabeth Kolbert señaló que Estados Unidos financia gran parte de la mejor investigación sobre calentamiento global, pero que no hay ningún otro país desarrollado que tome sus resultados con menos seriedad.

Como lo señala correctamente Paul Krugman, el Partido Republicano es el partido de la anticiencia, como lo han mostrado el precandidato para la elección de 2010, Rick Perry, gobernador de Texas, y el candidato Mitt Romney. El primero, alineado con los millones de necios del fundamentalismo del sur, desestimó la teoría de la evolución de las especies y acusó a los climatólogos de manipular los datos, propuesta que Krugman califica como “vil”. Krugman cita una encuesta realizada en Iowa, según la cual, sólo el 21 % de los votantes que se identifican como republicanos creían en la realidad del calentamiento global, sólo el 35 % en la teoría de la evolución (Krugman 2011).

CONCLUSIONES

Las características centrales de la ciencia del calentamiento global son la alta complejidad y el alto grado de incertidumbre. Nunca hubo un problema político en el que fuera tan esencial la comprensión de la ciencia, nunca un problema en que se jugara la supervivencia de la especie humana.

Los resultados acerca de la comprensión pública del problema muestran que para ésta es más importante la fuerza de la ideología dominante en la sociedad que la calidad de la divulgación de la ciencia. Por otro lado, el peso de las ideologías domi-

nantes ha contribuido al ocultamiento de los aspectos más truculentos, es decir, la posibilidad de un brutal retroceso o de la extinción de la especie.

Por lo tanto, por un lado, no es suficiente con la divulgación generada hasta ahora, sino que es necesario un esfuerzo orientado hacia estos aspectos truculentos. Y por otro, la divulgación de la ciencia es insuficiente, pues debería de ir acompañada por una crítica de la ideología dominante que enfatice la peligrosidad de la ideología y de las prácticas políticas de la burguesía para la humanidad. También es necesario explicar, no sólo a las masas, sino a muchos científicos que sólo conocen aspectos limitados de la práctica científica, cómo funciona la ciencia y la complejidad de las relaciones entre ciencia, ideologías y aparatos ideológicos del Estado.

Para llevar adelante esta tarea es necesario involucrar a los científicos, a los periodistas científicos y a militantes políticos en la divulgación, tanto de la ciencia como de los peligros que representa la dominación burguesa en el siglo XXI, fuera de escala con todos los peligros anteriores que pudieron haber amenazado a la humanidad.

Además, sugiero que hay señales de descomposición del poder capitalista, de debilitamiento de la hegemonía capitalista a nivel mundial: su incapacidad para resolver una crisis económica mundial que ya dura cinco años y la percepción de muchos economistas de que podría durar varios años más; asimismo, el desprestigio de la democracia representativa, y la declinación de la potencia capitalista hegemónica son señales indudables en este sentido.

La campaña negacionista, o medidas demagógicas carentes de contenido real, podrían tener el efecto de acentuar aún más el descrédito de la democracia representativa e impulsar a fuerzas sociales dispuestas a llevar a la práctica imprescindibles medidas ecologistas radicales. Por eso hace falta una recomposición política drástica a nivel mundial, con partidos que llamaría rojo-verdes. O sea, partidos que representen una refundación del movimiento comunista internacional, en tanto que sólo partidos de estas características tienen antecedentes de acciones coercitivas contra la burguesía; aunque dados los enormes peligros que se

ciernen sobre la humanidad, pospondrían por un tiempo indeterminado el cambio de las relaciones sociales, hasta que se asegure, si es posible, el freno al calentamiento global.

Así está planteada la cuestión y no hay manera de esquivarla. Las ilusiones o la nada, la lucha ineludible contra las ficciones dominantes o la catástrofe más grande de la historia.

REFERENCIAS

- Adriana Alatorre entrevista a Rodolfo Lacy Tamayo del Centro Mario Molina en *Reforma*, 13iv2008, p. 8.
- Ambrose, Stanley (1998), "Late pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter and differentiation of modern humans", *Journal of Human Evolution* 34: 623-651.
- Appel, Marco, "Falaz discurso verde", *Proceso*, 7viii2011, p. 44-45.
- Bindeman, Ilya N., "The secrets of supervolcanoes", *Scientific American*, junio de 2006.
- Bord, R. J., Fisher, A. y O'Connor, R. (1998), "Public perception of global warming: United States and international perspectives", *Climate Research* 11: 75-84.
- Boykoff, M. y Boykoff, J. (2004), "Bias as Balance: Global Warming and the US Prestige Press", *Global Environmental Change* 14 (2): 125-136.
- Bynum, W. F. et al. (1981), *Dictionary of the History of Science*, Princeton University Press.
- Chomsky, Noam "Temas que Romney y Obama evitan", *La Jornada*, 7-10-2012, p. 22.
- Drajem, Mark en bloomberg.com, 18vii2012.
- Dunlap, R. (1998), "Lay perceptions of global risk: Public views of global warming... ", *International Sociology* 13 (4): 473-98.
- Dunlap, R., Gallup, G. y Gallup, H. (1993), "Health of the planet", Princeton.
- Dunlap, R. (1994), "International attitudes towards environment and development" en Bergeson, O. y al, (comp.), *Yearbook of International Co-operation on Environment and Development 1994*, p. 115-126.
- Foster, J. M., "Group condemns harassment of climate scientists", *The New York Times*, 29vi2011.
- Garnaut, Ross (2008), "Garnaut Climate Change Review".
<http://www.garnautreview.org.au/index.html>

- Hofstadter, Richard (1962), *Anti-intellectualism in American Life*. New York: Random, p. 197–229.
- Johnson, Brian, “Coal powered PAC runs harassment campaign against climate scientist Michael Mann”, internet, 2ii2012.
- Kellstedt, P. M., Zahran, S. y Vedlitz, A. (2008), “Personal efficacy, the information environment and attitudes towards global warming and climate change in the United States”, *Risk Analysis* 28 (1): 113–126.
- Kempton, W. (1991), “Lay perspectives...”, *Global Environmental Change* 1: 183–208.
- Kempton, W. et al. (1995), *Environmental Values in American Culture*. The MIT Press.
- Krugman, Paul, “The Republicans are now the anti-science party”, *The Observer*, 4ix2011.
- Kump, L. R., Pavlov, A. y Arthur, M. A. (2005), *Geology* 33 (5): 397–400.
- Meinshausen, M. et al. (2009), “Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming”, *Nature* 458: 1158–1163.
- Marean, C. W. “When the sea saved humanity”, en *Scientific American*, agosto de 2010, p. 40–47.
- Mayell, Hillary en *National Geographic*, 4 de febrero de 2004. El trabajo de Jerry van Andel “Neanderthals and modern humans in the european landscape of the last glaciation” se publicó como una monografía por el McDonald Institute for Archaeological Research.
- Millikan, Robert A. (2009) “Alleged sins of science” en *Scribner’s Magazine* (1930), citado por Diane Dumanosky en *The End of the Long Summer*. New York: Crown Publishers, p. 61–62.
- Mills, M. J. (2008), “Massive ozone loss predicted following regional nuclear conflict”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105 (14): 5307–12.
- Mooney, Chris (2005), *The Republican War on Science*. Perseus Books.
- Norton, A. y Leaman, S. (2004), *The Day After Tomorrow: Public Opinion on Climate Change*. Londres: Mori Research Institute.
<http://www.climateaccess.org/resource/>
- O’Reilly, J., Oreskes, N. y Oppenheimer, M. “The rapid distintegration of projections: The west antarctic ice shelf and the IPCC”, *Social Studies of Science*, 26vi2012.
- Ryskin, Gregory (2003), “Methane-driven oceanic eruptions and mass extinctions”, *Geology* 31 (9): 741–744.
- Schoijet, M. (2008), *Límites del crecimiento y cambio climático*. México: Siglo XXI.

- Schoijet, M. (2005), *La crisis argentina: los movimientos sociales y la democracia representativa*, México: Plaza y Valdés / Sindicato Independiente de Trabajadores de la Universidad Autónoma Metropolitana. El cap. VI trata sobre "La rebelión y la crisis de la democracia representativa", p. 119–168.
- Shackley, Simon y Wynne, Brian, "Representing uncertainty in global climate change science and policy: Boundary ordering devices and authority", *Science, Technology and Human Values*, julio de 1996.
- Stern, Nicholas (2006), *Stern Review on the Economics of Climate Change*. Cambridge University Press.
<http://www.sternreview.org.uk>
- Toon, O. B. (2007), "Consequences of regional scale nuclear conflicts", *Science* 315 (5816): 1224–25.
- Turco, R. P., et al. (1983), "Nuclear winter, global consequences of multiple nuclear explosions", *Science* 222 (4630): 1283–92.
- Ward, Peter D. (2008), *Under a Green Sky: Global Warming, the Mass Extinctions of the Past and What They Can Tell Us About our Future*. New York: Harpers Collins.
- Ward, Peter D. (2010), *The Flooded Earth: Our Future in a World without Ice-Caps*. Basic Books.
- Whitmarsh, Lorraine (2009), "Commonalities and differences in public understanding of climate change", *Public Understanding of Science* 18: 401–420.

CICLO ECONÓMICO Y COMPLEJIDAD

Ricardo Mansilla Corona[‡]

Edgar Acatitla Romero[§]

ANTECEDENTES

Desde un punto de vista histórico, resulta obvio afirmar que la vida económica ha estado sujeta a cambios: el descubrimiento y desarrollo de la agricultura; el florecimiento del comercio en algunos pueblos de la antigüedad; la decadencia y auge económicos de los imperios como el romano o el español, etc. No obstante, a partir del periodo inmediato a la primera gran revolución industrial a principios del siglo XIX, comenzó a observarse lo que parece ser una característica peculiar de la sociedad industrial moderna: fluctuaciones en la actividad económica. A este comportamiento se le conoce como *ciclo económico*.

Así, la idea de ciclo económico hace referencia a un proceso que se caracteriza por la sucesión de dos grandes fases por las que pasa el sistema económico: una de *expansión* y otra de *contracción*. En la primera fase aumenta la producción y el empleo; mientras que en la segunda fase se observa el proceso opuesto: la producción y el empleo disminuyen. Ahora bien, el punto donde la expansión se agota y da lugar a la contracción se llama *punto de viraje superior del ciclo*, también conocido como *auge*; mientras que el punto que indica el término de la fase de contracción y el

[‡] Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. / mansy@servidor.unam.mx

[§] Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Nacional Autónoma de México. / eacatitla@yahoo.com

comienzo de la fase de expansión se llama *punto de viraje inferior del ciclo*, también se le conoce como *depresión* (Guerrieri 1990). Además, cabe señalar que las mencionadas fluctuaciones son de distintas magnitudes: una gran cantidad de ciclos pequeños va acompañada de pocos ciclos grandes, por ejemplo, los que han ocasionado las grandes depresiones mundiales. También se observa que las fluctuaciones van acompañadas, simultáneamente, de tendencias generales de crecimiento o expansión del sistema económico. Ambos, ciclo y crecimiento económicos, representan dos temas centrales en la teoría económica.

El estudio empírico de este fenómeno a través de variables macroeconómicas como el Producto Interno Bruto (PIB), las tasas de empleo y de crecimiento de los precios (inflación), así como de estudios a nivel microeconómico con base en el comportamiento de los estados financieros de las empresas, confirman la presencia del ciclo como un rasgo característico de la economía de mercado. Autores como A. R. Eckler, Leonard P. Ayres y N. P. Kondratieff, por mencionar solo tres, dedicaron su trabajo de investigación al estudio empírico de los ciclos económicos.

A nivel teórico, en el contexto de la escuela clásica de economía, fue David Hume (1711-1776) el primero en observar que las cuentas del sector externo de un país reportan un comportamiento cíclico. La explicación sobre este fenómeno tiene como base, según Hume, un mecanismo que relaciona la cantidad de masa monetaria interior, el nivel de precios y el saldo de la balanza comercial de una nación.

Otro de los autores de la escuela clásica que presenta elementos en su teoría a favor de la idea del ciclo económico es Richard Cantillon (1680-1734). En forma semejante a Hume, Cantillon sostiene que las fluctuaciones que presenta la economía de mercado se explican, en general, por el mecanismo masa monetaria-precios. Empero, a diferencia de Hume, Cantillon distinguió dos posibilidades dependiendo de las condiciones iniciales: si el aumento de la oferta monetaria reside en manos de los que ahorran, entonces los efectos sobre el producto total serán positivos, pero si dicho aumento recae sobre los que gastan, entonces los efectos sobre el producto total serán negativos debido a un incremento en los precios. Que ocurra, efectivamente, una u

otra posibilidad depende, a su vez, de una serie de condiciones. Obsérvese que, para ambos, el ciclo económico se explica a partir del papel que desempeña el dinero en la economía, por lo que se trata de un antecedente de las explicaciones acerca del ciclo con base en el factor monetario. Hay que señalar, por último, que si bien es cierto que Hume y Cantillon reconocieron la presencia del ciclo en la economía de mercado, no lograron desarrollar una teoría del sistema económico con base en ello.

Posteriormente, Adam Smith (1723-1790) y David Ricardo (1772-1823), considerados como los principales representantes de la economía política clásica, abordaron el problema de explicar las causas y el mecanismo que produce la acumulación de capital y la distribución del ingreso. Para ambos, las fluctuaciones observadas en el comportamiento de una economía no tienen relevancia. En el caso específico de Smith, dichas fluctuaciones son pasajeras debido a que representan un fenómeno de corto plazo en el que el *precio de mercado* de las mercancías se ajusta a su *precio natural*, mientras que para Ricardo la tendencia general del sistema económico es el *estado estacionario*. En cualquier caso, las fluctuaciones representan un fenómeno de corto plazo y se explican por una serie de factores contingentes como cambios en el clima que afecten las cosechas, cambios sociales, cambios en la población, etc., esto es, factores “externos” a los mecanismos que gobiernan el crecimiento de una economía.

Sin embargo, en este contexto de la escuela clásica, se puede decir que fue Karl Marx (1818-1883) el primero en llevar a cabo un tratamiento sistemático o teórico del ciclo económico; aunque tal vez debería ubicarse como un caso especial en tanto que fue un crítico de la economía política clásica. De esta forma, a lo largo de su extensa obra *El Capital* subyace la idea de que el capitalismo se comporta, por naturaleza, de manera cíclica (Marx 1994). Sin embargo, es en el capítulo XXIII del tomo primero de dicha obra, bajo el título: “La ley general de la acumulación capitalista”, donde Marx desarrolla su idea de que la dinámica del sistema económico moderno es fluctuante por naturaleza a través de un mecanismo endógeno entre crecimiento de la población trabajadora, empleo, salarios y ganancias. Lo importante es que, para Marx, a diferencia del resto de los eco-

nomistas clásicos, el ciclo económico no responde a factores “externos” al sistema sino internos, esto es, el ciclo constituye una característica de su funcionamiento natural.

Por otra parte, durante la segunda mitad del siglo XIX, apareció una nueva vertiente en la historia del pensamiento económico conocida como la nueva escuela clásica de economía o simplemente escuela neoclásica. Los autores pertenecientes a esta vertiente se enfocaron, básicamente, en el estudio del mercado y, a diferencia de los economistas clásicos, lograron formalizar matemáticamente sus teorías. Desde entonces, representa la vertiente predominante en las escuelas de economía. Respecto de las fluctuaciones económicas, los economistas que se inscriben en esta vertiente sostienen, básicamente, que son producidas por *shocks* o factores externos a los mecanismos que dirigen los procesos económicos. Así, por su tratamiento, los autores se ubican en dos escuelas: los de Harvard y los de Chicago. Jeffrey Sachs de Harvard sostiene que existen *shocks* de diferente naturaleza: a) de oferta; b) de tecnología; c) de demanda; d) de nuevos mercados; e) de gasto y f) de nuevos recursos. Así, Sachs pone de relieve la voluntad de los seres humanos como causa de los ciclos ya que, para él, los *shocks* son entendidos como “eventos deliberados” y no como “tendencias inevitables” (Sachs 1990).

Por su parte, economistas de la escuela de Chicago como Robert Barro desarrollaron a mediados de los años ochenta lo que se conoce como la Teoría de los Ciclos Reales (TCR). Básicamente, la idea es que las variables como el PIB, el empleo y la tecnología son consideradas como variables reales, en tanto que la oferta monetaria, los precios y la inflación son variables nominales. De esta forma, los ciclos económicos son generados por las fluctuaciones de las variables reales, en tanto que las variables nominales son neutrales a largo plazo. Ahora bien, la principal causa de las oscilaciones que presentan las variables reales es generada por los cambios tecnológicos, los cuales se consideran *shocks* aleatorios (Barro 1989).

Como se mencionó, la escuela neoclásica predomina en las escuelas de economía y su arsenal teórico ha sido usado para explicar las fluctuaciones económicas de distintos países y sectores de la producción, por lo menos desde hace treinta años. Sin em-

bargo, aunque posiblemente esta teoría sea adecuada para explicar algunos casos específicos, surgen varias cuestiones a nivel teórico que exhiben algunas de sus limitaciones: si las fluctuaciones de la economía responden a factores exógenos y, además, aleatorios, ¿cómo se explica el hecho de que, en la descripción que presentan los datos, se observen fluctuaciones de distinta magnitud? En particular, la combinación de muchas oscilaciones pequeñas con pocas oscilaciones de gran magnitud indican que la probabilidad de que ocurran las primeras es mayor que la probabilidad de que ocurran las segundas, lo cual contradice una explicación con base en factores exógenos y aleatorios ya que, en este caso, la probabilidad de ocurrencia de las fluctuaciones sería la misma o, en otras palabras, todas las fluctuaciones tendrían que ser de la misma magnitud. Esta observación conduce a pensar en la posibilidad de que tanto los ciclos pequeños como los grandes estén generados por un mismo mecanismo explicativo endógeno. Más adelante se explorará esta posibilidad a nivel teórico.

Por último, hay que hacer mención de los intentos por explicar el ciclo económico por parte de los economistas que se ubican en lo que se podría llamar la escuela heterodoxa de economía. Esta vertiente retoma algunos de los problemas que fueron abordados por los economistas clásicos como los del crecimiento económico y la distribución del ingreso. Además, son enfocados a la luz de los aportes teóricos de varios autores: Marx, Ricardo, Keynes, Kalecki y Schumpeter, principalmente, así como a través del uso de métodos matemáticos sofisticados. Algunos economistas como Harrod, Domar, Hicks, Kaldor y Goodwin se ubican en esta escuela.

Es importante mencionar que lo relevante de la vertiente heterodoxa es que existen intentos por formular teorías que expliquen el fenómeno del ciclo económico a través de mecanismos endógenos, lo cual los distingue de las teorías que se ubican en la escuela neoclásica. Esto es relevante porque implica la hipótesis de que la dinámica de la economía es, por naturaleza, inestable, lo que tiene repercusiones a nivel de política económica por el cambio de sentido en el uso de sus instrumentos como son las políticas monetaria y fiscal.

Cabe señalar que, bajo un sentido metodológico amplio, la hipótesis de que la naturaleza se comporta de manera dinámica y no lineal ha ido ganando terreno en distintas áreas de la ciencia: física, química, biología, psicología, medicina, etc., bajo el enfoque conocido como Teoría de Sistemas Complejos (TSC).

Ahora bien, la TSC explica *grosso modo* que la inestabilidad que muestran los sistemas no responde a factores exógenos, pero tampoco se debe a un comportamiento completamente azaroso o aleatorio. Como afirma el Premio Nobel de Química (1975) Ilya Prigogine:

A principios del presente siglo [siglo XX] los físicos, siguiendo la tradición clásica en la investigación, pensaban casi como iluminados que las leyes fundamentales del Universo eran deterministas y reversibles. Los procesos que no tenían cabida en este esquema se consideraban suposiciones artificiales que no se podían entender completamente debido, únicamente, a su complejidad. En esta situación la complejidad se asignaba a nuestra propia ignorancia o a la incapacidad de mantener bajo control todas las variables del problema. Ahora, hacia finales del siglo [siglo XX], aumenta cada vez más el número de aquellos que creen que muchos procesos fundamentales, que estructuran la naturaleza, son irreversibles y estocásticos; que las leyes deterministas y reversibles, que describen las interacciones elementales, no contienen posiblemente toda la verdad. (Prigogine 1987: 13).

En este texto se explorará la posibilidad del uso del enfoque y herramientas de análisis que ofrece la TSC para comprender mejor los procesos de la economía y, en particular, el fenómeno del ciclo económico. Para ello, se considerarán los avances hechos por autores pertenecientes a la vertiente heterodoxa, ya que ésta aborda el ciclo económico con base en mecanismos endógenos. De manera específica, se analizará, a manera de ejemplo, el modelo de ciclo económico propuesto por Richard M. Goodwin en 1967 y conocido en la literatura como *Un ciclo de crecimiento*.

A continuación, con el propósito de ofrecer una idea acerca de la TSC, se revisará en qué consiste ésta y a través de qué herramientas se estudian los sistemas complejos.

EL ENFOQUE DE SISTEMAS COMPLEJOS

La TSC o Ciencia de la Complejidad (CC) representa un paradigma (en el sentido de Thomas S. Kuhn) creciente en la ciencia. Tiene como antecedente, por lo menos, el desarrollo de tres programas de investigación científica: la Teoría General de Sistemas (TGS), la Cibernética y la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD).

Ahora bien, aunque no existe una definición única acerca de lo que es un sistema complejo, se puede caracterizar de la siguiente forma:

Un sistema es *complejo* si:

1. Está integrado por un *cierto* número de componentes *simples* que interactúan entre sí [...]
2. Su estado cambia al transcurrir el tiempo y el cambio es el resultado de una dinámica no-lineal que usualmente tiene dos partes: una local, que modifica el estado de los elementos como resultado de su interacción con los elementos vecinos y una dinámica global que obedece a las restricciones que pesan sobre el sistema y que provienen de la interacción de éste con el resto del universo (Miramontes 1999: 74).

Es importante aclarar que, bajo la CC, el término *complejo* adquiere un significado distinto al de uso común. Bajo el sentido común, y por lo general también en las ciencias sociales, se dice que algo es complejo en el sentido de que resulta difícil su explicación. En el contexto de la TSC la complejidad es explicable y se caracteriza por una serie de propiedades que revelan tener los sistemas: frustración, rupturas de simetría, criticalidad auto-organizada, fractalidad y propiedades emergentes (Miramontes 1999: 74-76).

Frustración. Esta propiedad se presenta cuando las interacciones entre los elementos son conflictivas y no existe un estado del sistema que satisfaga, simultáneamente, todas las restricciones.

Ruptura de simetría. Esta propiedad se refiere a la aparición de estructuras y patrones espacio-temporales en donde antes había únicamente homogeneidad.

Criticalidad autoorganizada. Esta propiedad se refiere al proceso en que un sistema evoluciona de manera natural y espontánea hacia un estado crítico, en el cual una perturbación pequeña puede causar efectos de cualquier tamaño.

Fractalidad. Esta propiedad se refiere al hecho de que se presentan estructuras discernibles en cualquier escala espacial y sus fluctuaciones, como consecuencia de la criticalidad autoorganizada, siguen reglas de distribución con auto-escalamiento.

Propiedades emergentes. Estas propiedades son el resultado de los procesos en paralelo que se llevan a cabo en un sistema complejo y su naturaleza es intrínsecamente colectiva; surgen en cada nivel sucesivo de complejidad y no se pueden deducir a partir de los componentes del sistema.

Para estudiar las propiedades que tiene un sistema complejo, la TSC se apoya en la investigación interdisciplinaria. En tanto que el objeto de estudio es concebido como un sistema dinámico no lineal, la comprensión de las estructuras o propiedades que se derivan de su dinámica requiere de la participación de especialistas en otras áreas de la ciencia, por ejemplo, para explicar cómo una sociedad ha transitado de un sistema económico a otro, se requiere de la participación conjunta de varios especialistas en diversas áreas de la ciencia: sociólogos, economistas, politólogos, geógrafos, etc., e incluso matemáticos, físicos y computólogos que ayuden a modelar estructuras o tendencias generales sobre los posibles mecanismos explicativos. Así, una consecuencia importante de la TSC, de carácter metodológico, es que la división tajante entre las llamadas “ciencias duras” y las “ciencias blandas” desaparece.

Por último, hay que decir que la TSC propone como herramientas de análisis a la matemática y a la programación. En particular, se apoya en la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD) y en modelos construidos a través de la programación: modelos de redes complejas, autómatas celulares y modelos de multiagentes. Estas herramientas permiten el análisis de las interacciones de sistemas donde interviene un número grande de componentes, como ocurre en los sistemas socioeconómicos reales, y cubre

el horizonte de la modelación matemática que va desde modelos en tiempo discreto hasta modelos en tiempo continuo.

LA ECONOMÍA ES UN SISTEMA COMPLEJO

En este apartado se argumentará a favor de la idea de que la economía es un sistema complejo y, por ello, tendrá que estudiarse bajo el enfoque y herramientas que ofrece la CC. Para ello, se rescatan algunas ideas sobre el ciclo económico propuestas por Marx y posteriormente formalizadas por Goodwin.

Como se mencionó en el primer apartado, Marx fue el primero en abordar el problema del ciclo económico en forma sistemática o teórica, e inspirándose en el enfoque dialéctico heredado de Hegel propuso *grosso modo* el siguiente mecanismo explicativo. En primer lugar hay que aclarar que para llevar a cabo su análisis, Marx introdujo el concepto de *composición del capital*, el cual es abordado, desde la perspectiva del valor, como la proporción en que se divide el capital entre *capital constante* (valor de los medios de producción) y *capital variable* (valor de la fuerza de trabajo) por una parte, y por otra, bajo la perspectiva material o física, como la proporción existente entre la masa de los medios de producción empleados y la cantidad de trabajo necesaria para su empleo. La relación entre ambas perspectivas se sintetiza bajo el concepto de *composición orgánica del capital* o, simplemente, *composición del capital*.

Con base en estos conceptos, la dinámica que expresa la acumulación de capital es observada bajo dos posibles escenarios: uno de corto plazo y otro de largo plazo. Bajo el primer escenario, se supone que la composición del capital permanece constante, esto es, que una determinada masa de medios de producción o de capital constante requiere siempre, para ponerla en movimiento, la misma masa de fuerza de trabajo. Siendo así, es evidente que la demanda de trabajo y el fondo de subsistencia de los trabajadores crecerán en proporción al capital y con la misma velocidad en que éste aumente. De esta forma, cuando el circuito del capital se halla en reproducción simple, la dinámica del capital en su conjunto se expresa gráficamente como una trayectoria horizontal con velocidad igual a cero.

Sin embargo, si el circuito del capital se encuentra en escala ampliada, lo que describe un movimiento ascendente, la dinámica general del capitalismo se comporta en forma periódica, con altibajos en la velocidad de la acumulación de capital. En escala ampliada, una parte del *plusvalor* se reinvierte en el proceso de producción y, como se supone que la composición del capital es constante, la demanda de fuerza de trabajo aumenta en proporción directa al aumento en los medios de producción y, además, como la población de trabajadores es constante, la demanda de obreros puede superar a su oferta, lo que hará subir los salarios. Al subir los salarios disminuyen las ganancias de los capitalistas, y esto hace disminuir la velocidad a la que crece la acumulación de capital. A su vez, con el desaceleramiento de la acumulación de capital, la demanda de fuerza de trabajo disminuye, lo cual hace disminuir el salario y, por consiguiente, crecen otra vez las ganancias, repitiéndose nuevamente el ciclo (Marx 1994). Este mecanismo muestra, en general, que la magnitud del salario está en función de la magnitud de la acumulación de capital.

Ahora bien, bajo un escenario de largo plazo, Marx describe tendencias generales que se derivan de la dinámica del capitalismo. Al relajar el supuesto de que la composición orgánica de capital permanece constante, esto es, aceptando que varía a través del tiempo, implica considerar los efectos que supone el cambio tecnológico sobre la composición de capital en términos de valor y en términos técnicos. Bajo el punto de vista del valor, la composición orgánica de capital tiende a aumentar por el siguiente motivo: la incorporación de los conocimientos científicos más avanzados en el proceso de producción. Esta incorporación aumenta, en primera instancia, la productividad del trabajo, lo que hace disminuir el valor por unidad de las mercancías. Bajo estas condiciones, si el cambio tecnológico afecta a los sectores que producen los bienes salario, entonces el valor promedio de la fuerza de trabajo de un país tiende a disminuir. Por consiguiente, el capital variable promedio de la composición de capital promedio de un país tenderá también a disminuir, lo cual hará aumentar también a ésta última. De esta forma, observando este proceso en términos del valor, se notará que el capital varia-

ble disminuye mientras que el capital constante aumenta lo que, a su vez, hará aumentar la composición de capital.

Bajo el punto de vista de la composición técnica, la incorporación de un cambio tecnológico hará aumentar la cantidad de masa de medios de producción movidos por una misma cantidad de fuerza de trabajo, es decir, aumentará la composición técnica del capital.

En general, Marx muestra que el aumento en la composición orgánica de capital haría crecer al ejército industrial de reserva en el largo plazo, debido a que el cambio tecnológico desplazaría fuerza de trabajo como consecuencia, a su vez, del aumento en la productividad del trabajo. Otra tendencia que observó Marx se refiere a la distribución del ingreso, la cual tiende a ser más polarizada por los siguientes motivos: por el crecimiento del ejército industrial de reserva, generado por el aumento en la composición orgánica de capital; y por la *concentración* y *centralización* de capital, generado a su vez por el proceso mismo de la acumulación de capital. De esta forma, la ley general de la acumulación capitalista muestra que las leyes de crecimiento de la población trabajadora están inducidas por la dinámica de la acumulación de capital en el corto y largo plazos (Marx 1994):

Cuanto mayores son la riqueza social, el capital en funciones, el volumen y la intensidad de su crecimiento y mayores también, por tanto, la magnitud absoluta del proletariado y la capacidad productiva de su trabajo, tanto mayor es el ejército industrial de reserva. La fuerza de trabajo disponible se desarrolla por las mismas causas que la fuerza expansiva del capital (Marx 1994: 546).

Independientemente del proyecto político de Marx y su preocupación, por ello, de las condiciones de vida de la clase trabajadora, en su interpretación destaca la forma de enfocar el problema a través de la noción de *sistema socioeconómico*, es decir, como una relación conflictiva entre dos clases sociales: capitalistas y trabajadores, que se expresa en la distribución del ingreso a través de las fluctuaciones de la producción y del empleo. Para Marx, las fluctuaciones del sistema económico expresan su tendencia natural, porque reflejan el conflicto que subyace entre las clases sociales.

Otro aspecto a destacar de la interpretación de Marx reside en su perspectiva dinámica, motivada por la lucha de contrarios, de acuerdo con la dialéctica hegeliana, o la lucha de clases, de acuerdo con la teoría del materialismo histórico propuesta el propio Marx y por Engels.

Esos elementos de carácter metodológico fueron recuperados y formalizados matemáticamente por Goodwin, pero inspirándose también en el modelo depredador-presa de Lotka-Volterra, usado para modelar dinámica de poblaciones simbióticas en la biología y ecología.

Cabe mencionar que lo interesante del modelo Lotka-Volterra es que fue propuesto inicialmente por Lotka para modelar reacciones químicas y, posteriormente, Volterra lo usó para explicar la interacción entre dos especies, una de las cuales, el depredador, caza a otra, la presa, para su subsistencia. Básicamente, el modelo parte de los siguientes supuestos:

- i. En ausencia de depredadores, las presas no tienen prácticamente limitaciones del medio (en particular, de nutrientes) y crecen a una tasa constante;
- ii. La presencia de depredadores provoca una disminución de esa tasa, que se considera directamente proporcional al número de aquéllos;
- iii. En cuanto a los depredadores, se alimentan exclusivamente de las presas, por lo que en ausencia de éstas, se irían extinguiendo exponencialmente, es decir, con tasa constante negativa; pero si hay presas, esa tasa experimentará un aumento proporcional al número de ellas.

Con base en estos supuestos, se tiene el sistema de ecuaciones diferenciales del modelo Lotka-Volterra:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= x(a - by) \\ \dot{y} &= y(-c + dx)\end{aligned}$$

Donde $x(t)$ representa el número de presas en el instante t ;
 $y(t)$ representa el número de depredadores en el instante t ;
 a, b, c, d , son parámetros positivos.

Aparentemente, se trata de un sistema de ecuaciones diferenciales sencillo y en el que encontrar su solución no tendría por qué presentar mayor problema. Sin embargo, no es así, se trata en realidad de un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales y, por ello, se vuelve complicado encontrar su solución. Aún más, en este caso no existe la solución analítica. Volterra lo resolvió a través de instrumentos cualitativos. Afortunadamente, hoy en día se cuenta con programas de cómputo que pueden ayudar a resolver, a través del uso de métodos numéricos, este tipo de sistemas. Así, las trayectorias que describen el conjunto de soluciones particulares en el retrato fase, tienen la forma que se observa en la figura 1.

El sistema de ecuaciones del modelo Lotka-Volterra tiene dos posiciones de equilibrio: $P_1(0, 0)$ y $P_2\left(\frac{c}{a}, \frac{a}{b}\right)$ que se observan en la figura 1 marcadas por un punto. De acuerdo con la fenomenología representada, la posición de equilibrio que tiene sentido es la $P_2\left(\frac{c}{a}, \frac{a}{b}\right)$ que se observa en el primer cuadrante del retrato fase.

Nótese que la familia de soluciones alrededor de esta posición de equilibrio son trayectorias cerradas. De esta forma, dado un problema de condiciones iniciales, se obtendrá como solución una trayectoria cerrada que describe una dinámica en el sentido contrario a las manecillas de un reloj. Un cambio en las condiciones iniciales, colocará al sistema en otra trayectoria cerrada pero conservará la misma dinámica alrededor de la posición de equilibrio $P_2\left(\frac{c}{a}, \frac{a}{b}\right)$.

Ahora bien, en términos del fenómeno modelado, la explicación es la siguiente: si los depredadores son pocos y están en su valor mínimo en el instante t_0 , la población de presas tenderá a aumentar al transcurrir el tiempo, pero no crece hasta infinito, ya que al aumentar ésta, la población de depredadores también aumentará debido a la abundancia de alimento. Así, la población de presas alcanzará un valor máximo pero después de un tiempo comenzará a disminuir. Al disminuir las presas, la población de depredadores alcanzará un máximo, esto es, no podrá crecer hasta infinito. Y seguirá disminuyendo mientras siga disminuyendo también la población de presas. La caída de ésta no será hasta cero, ya que al disminuir la población de depreda-

dores, disminuye también la probabilidad de entrar en contacto con algún depredador, así, la población de presas alcanzará un valor mínimo. Por su parte, la población de depredadores continuará disminuyendo mientras que, simultáneamente, la población de presas comenzará a aumentar. De esta forma, la dinámica del sistema habrá retornado a su estado inicial y se repetirá el ciclo *ad infinitum*.

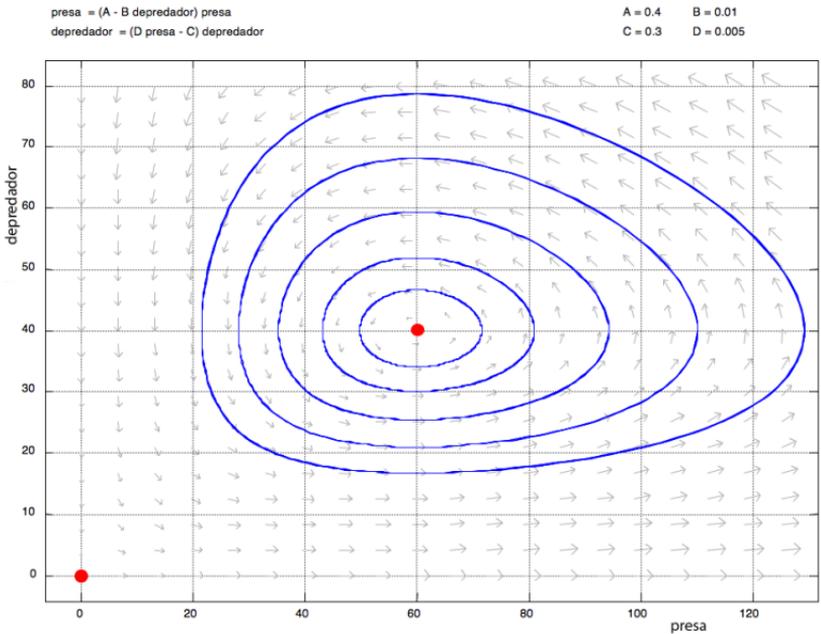


Figura 1: Retrato de fase del modelo Lotka-Volterra.

Hay que hacer notar que, ante un cambio en las condiciones iniciales, la dinámica del sistema se ubicaría sobre otra trayectoria cerrada, pero la estructura cualitativa se conserva. Sencillamente, las fluctuaciones del ciclo serían grandes o pequeñas.

No obstante, a pesar de que las fluctuaciones pueden ser de distinto tamaño, un resultado importante de este modelo es que, en promedio, los tamaños de ambas poblaciones se mantienen en el largo plazo, sea cual fuese la evolución concreta que sigan. Por ello, el modelo de Lotka-Volterra representa la dinámica de

un sistema en parte conflictivo y en parte simbiótico. Se trata, pues, de un *sistema homeostático*.

De esta forma, considerando las ideas de Marx sobre el ciclo económico y el modelo Lotka-Volterra, Richard M. Goodwin propuso un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales partiendo de los siguientes supuestos:

- i. Progreso técnico estable;
- ii. Crecimiento estable de la fuerza de trabajo;
- iii. Sólo dos factores productivos, trabajo y capital, ambos homogéneos y no específicos;
- iv. Todas las cantidades son reales y netas;
- v. Todos los salarios se consumen y todas las ganancias se ahorran e invierten;
- vi. Una razón capital-producto constante; y
- vii. Una tasa de salario real que aumenta la proximidad del pleno empleo.

Las ecuaciones del modelo son:

$$\begin{aligned} \dot{v} &= \left[\left(\frac{1}{\sigma} - (\alpha + \beta) \right) - \frac{u}{\sigma} \right] v \\ \dot{u} &= [-(\alpha + \gamma) + \rho v] u \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

$v(t)$ es la tasa de empleo;

$u(t)$ es la participación de los trabajadores en el producto;

σ es la razón capital-producto; y

$\sigma, \beta, \gamma, \rho$, son parámetros positivos.

Se trata de un sistema adimensional, es decir, que no está expresado en unidades físicas sino en términos de razones de proporcionalidad. De nuevo, en forma semejante al modelo Lotka-Volterra, es un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales y no tiene solución analítica. Goodwin obtuvo la solución usando los mismos instrumentos cualitativos que empleó Volterra. En la figura 2, se observa la dinámica del sistema en el retrato fase.

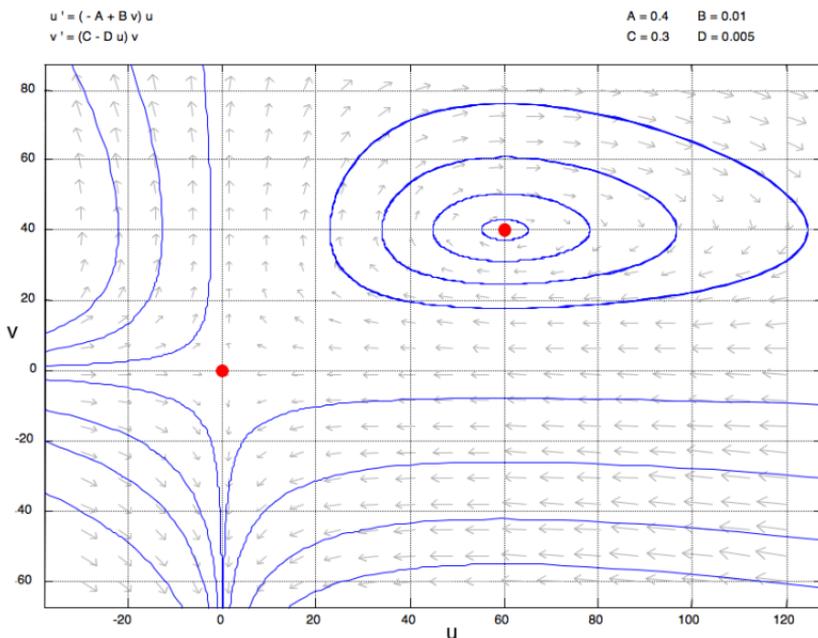


Figura 2: Retrato de fase del sistema de ecuaciones (1).

Nótese que $A = \alpha + \gamma$, $B = \rho$, $C = \left\{ \frac{1}{\sigma} - (\alpha + \beta) \right\}$ y $D = 1/\sigma$.

El sistema tiene dos posiciones de equilibrio:

$$P_1(0, 0) \text{ y } P_2 \left(1 - \sigma(\alpha + \beta), \frac{\gamma + \alpha}{\rho} \right)$$

Empero, de acuerdo con la fenomenología analizada, la segunda posición es la que tiene sentido económico.

La interpretación económica de la dinámica obtenida en la figura 2 es la siguiente: supóngase que se inicia en un estado de la economía en el que la participación de los trabajadores en el producto, $u(t)$, se halla en su valor promedio, mientras que la tasa de empleo, $v(t)$, se encuentra en su valor más bajo. En estas condiciones, al transcurrir el tiempo, la participación de los trabajadores en el producto seguirá disminuyendo debido a que la productividad de la mano de obra crece y no así la tasa de salarios reales, lo cual mejora la participación de los capitalistas en el producto, aumentando así los montos de inversión en el siguiente periodo, lo que a su vez hará subir un poco la tasa de empleo.

Este proceso pone un límite a la caída de la participación de los trabajadores en el producto o, dicho de otra forma, establece un máximo a la tendencia creciente de la participación de los capitalistas en el producto. Esto ocurre cuando la tasa de empleo ha alcanzado su valor promedio, en el que los montos de inversión son máximos. El efecto que tienen estos altos montos de inversión se refleja en la tendencia creciente de la tasa de empleo, lo que provoca una caída en la participación de los capitalistas en el producto y, con ello, comienzan a caer también los montos de inversión. La tasa de empleo ha alcanzado así su valor máximo y la participación de los trabajadores en el producto se encuentra en su valor promedio. Ahora, la participación de los capitalistas en el producto tiende a disminuir y, con ello, también los montos de inversión. De esta manera, comienza a disminuir la tasa de empleo hasta alcanzar nuevamente su valor promedio, pero ahora corresponde al valor máximo de la participación de los trabajadores en el producto. En esta fase, los montos de inversión disminuyen y, con ello, la tasa de empleo, hasta alcanzar su valor mínimo en el que la participación de los capitalistas en el producto se ha recuperado debido a que la tasa de productividad de la mano de obra es mayor que la tasa de salario real. Así, volverá a llevarse a cabo un nuevo ciclo.

En términos matemáticos y gráficos, la semejanza entre el modelo Lotka-Volterra y el sistema de Goodwin es sorprendente. De hecho, las ecuaciones de Goodwin pueden reducirse a las ecuaciones de Volterra a través de un cambio de variable. Además, como se observa en el retrato fase, las trayectorias cerradas alrededor de la segunda posición de equilibrio son semejantes. Se puede afirmar que la única diferencia que se observa reside en el sentido que muestran las trayectorias cerradas. En el caso del sistema de Goodwin las trayectorias se mueven en dirección de las manecillas de un reloj.

Pero más allá de las analogías formales, Goodwin logró percatarse de que el mecanismo que explica en un sistema ecológico la dinámica de dos poblaciones que se encuentran en constante conflicto pero simultáneamente en simbiosis, es semejante a la explicación que Marx ofrece para dar cuenta de la dinámica que sigue el sistema socioeconómico capitalista:

Hasta cierto punto la similitud es puramente formal, pero no del todo. Desde hace tiempo he pensado que el problema de Volterra, de la simbiosis de dos poblaciones –en parte complementarias, en parte hostiles– ayuda a entender las contradicciones dinámicas del capitalismo, especialmente cuando se plantea en forma más o menos marxista (Goodwin 1977: 421).

En un sentido metodológico, se puede afirmar que Goodwin se inscribe en los aportes del enfoque de la Teoría General de Sistemas (TGS) encabezada por Ludwig von Bertalanffy durante los años sesenta del siglo XX y que representa un antecedente de la TSC. Sobre la explicación de las fluctuaciones económicas, y siguiendo a Marx y a Volterra, Goodwin concibe que éstas reflejan procesos caracterizados por el conflicto y la simbiosis entre grupos o clases sociales y, por consiguiente, se pueden explicar bajo mecanismos endógenos y no por factores exógenos. Aún más, estos mecanismos endógenos deben explicar no sólo el ciclo económico sino también el comportamiento errático que muestra la evolución del capitalismo a través de las series estadísticas de las variables macroeconómicas. De ahí sus intentos por comprender el comportamiento caótico de la economía de mercado en su libro *Caos y dinámica económica* (1990), así como su insistencia en modelar la economía a través de ecuaciones diferenciales no lineales, cabe decir, herramienta básica para modelar sistemas complejos.

Bajo el enfoque *sistémico* el recorrido es claro: de Marx hasta Goodwin para explicar la dinámica conflictiva del sistema socioeconómico, pasando por Lotka, quien modeló reacciones químicas, y Volterra quien modeló dinámica de poblaciones de animales en conflicto. Se trata del mismo mecanismo o ley de la naturaleza, entendiendo por “naturaleza” tanto lo social como lo natural o físico.

Sin embargo, como suele pasar, las ideas novedosas en su momento generalmente no son valoradas. Socialmente hablando, Goodwin no fue un economista exitoso e incluso se le negó el nombramiento como profesor titular en Harvard y se le persiguió por su orientación de izquierda durante la campaña marcarthista en los Estados Unidos (Moreno 2002).

Por otro lado, aunque el sistema de ecuaciones propuesto por Goodwin para representar la dinámica cíclica de la economía es reconocido en la literatura como uno de los modelos heterodoxos más elegantes, ha sido criticado por la propiedad que tiene el sistema de ser *estructuralmente inestable*. El principal motivo por el que suele rechazarse un modelo que tiene esta propiedad es que, para fines predictivos, no es adecuado (Veneziani y Mohun 2006). Por lo contrario, a través de nuestros trabajos hemos venido argumentando que la propiedad de inestabilidad estructural resulta ser una virtud más que una limitación, porque permite estudiar otras posibilidades de evolución del sistema económico no contempladas originalmente por Goodwin.

Partiendo del análisis de bifurcaciones en el sistema propuesto por Goodwin, a continuación se desarrolla una extensión del mismo.

UNA BIFURCACIÓN EN EL MODELO DE GOODWIN

En el primer apartado de este trabajo se mencionó que la evidencia empírica sobre la dinámica del sistema económico muestra la existencia de muchas fluctuaciones pequeñas, combinadas con pocas fluctuaciones grandes, que ocurren en ciertos periodos de tiempo. También se puso énfasis en que, a pesar de que la teoría neoclásica de los ciclos predomina en la explicación de este fenómeno, halla sus limitaciones en explicarlo a partir de *shocks* aleatorios, esto es, por factores exógenos y azarosos. Si bien es cierto que esta teoría logra reproducir, en forma aproximada, el comportamiento observado en las series estadísticas, no puede explicar el proceso a través de mecanismos causales endógenos.

Por otra parte, los modelos sobre el ciclo económico que parten de mecanismos endógenos para su explicación, suelen representarse a través de ecuaciones diferenciales. En particular, el modelo de Goodwin revisado se apoya en un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales. En el plano-fase se observan fluctuaciones más o menos regulares. De hecho, Pasinetti ubica el modelo de Goodwin como un sistema que representa ciclos regulares:

Una línea de pensamiento análoga caracteriza al segundo grupo de teorías (Kaldor, Marrama, Goodwin), que se concentraron en las fluctuaciones de tipo regular, ni explosivas ni amortiguadas (Pasinetti 1983: 84).

Esto significa que el modelo de Goodwin tampoco logra reproducir la aparición de fluctuaciones de distinta magnitud tal como ocurren en un sistema económico real. Sin embargo, este autor logró avanzar en la modelación de los procesos de la economía mediante el uso de los aportes de la Teoría de Sistemas Dinámicos (TSD) y reconociendo la complejidad en estos fenómenos (Goodwin 1990).

Ahora bien, los avances de la Teoría de Sistemas Complejos (TSC) muestran que existen diversos procesos, de índole natural o social, que presentan propiedades como las de rupturas de simetría, propiedades emergentes, criticalidad autoorganizada, etc., que permiten identificarlos y estudiarlos como sistemas complejos. En un artículo publicado por Per Bak y Kan Chen explican cómo la criticalidad autoorganizada es una propiedad que comparten los macrosistemas interactivos que evolucionan hacia un estado crítico. Señalan que procesos dinámicos como los terremotos, los mercados y los ecosistemas evolucionan hacia dicha región crítica y en la que, ante un pequeño cambio en alguno de sus parámetros, se pueden desatar reacciones de diversa magnitud. Así, sobre las fluctuaciones de la economía y su modelación señalan que:

Los modelos convencionales suponen para la economía la existencia de una posición de equilibrio fuertemente estable, por lo que sólo pueden producirse grandes fluctuaciones agregadas a resultas de impactos externos que afectan simultáneamente y de igual manera a muchos sectores. No obstante, cuesta identificar las razones de fluctuaciones de tan gran escala como la Depresión de los años treinta. Si, por otra parte, la economía constituye un sistema crítico autoorganizado, es de esperar que en ella acontezcan fluctuaciones de gran escala, más o menos periódicamente, incluso en ausencia de trastornos fuertes suprasedectoriales (Bak y Chen: 25).

De acuerdo con la TSC la distribución de los objetos en la naturaleza (incluyendo a la sociedad) es *fractal*. En 1975 Benoit Mandelbrot denominó fractales (del latín *fractus*, que significa irregular) a los objetos geométricos que presentan las propiedades de autosemejanza, longitud infinita, no diferenciabilidad y dimensión fraccional. Todos los procesos que son libres de escala, es decir, aquellos fenómenos donde es posible observar la misma propiedad o propiedades en cualquier nivel o escala, tienen la propiedad de autosemejanza. Los objetos que se distribuyen siguiendo leyes de escalamiento (o de potencias) cumplen con esta propiedad. Los terremotos, el fenómeno de la intensidad de la luz cuando viaja por el espacio, las avalanchas de nieve, etc., y en la economía la ley de la distribución del ingreso, propuesta por David Ricardo y confirmada empíricamente por Pareto, también siguen una ley de potencias. Las fluctuaciones del sistema económico responden también a una distribución fractal, ya que se observa una cantidad grande de fluctuaciones de menor magnitud contra una cantidad pequeña de fluctuaciones de gran magnitud.

Ahora bien, Bak y Chen sugieren la hipótesis de que los procesos que se distribuyen siguiendo leyes de potencias son producidos por la dinámica de sistemas que se encuentran en estado crítico, es decir, en un estado inestable en el que, ante un cambio de valor en alguno de sus parámetros, se pueden desencadenar procesos de diversa magnitud.

Matemáticamente, el régimen crítico de un sistema es observado a través del análisis de bifurcaciones. Este análisis consiste en detectar el parámetro que, al cambiar de valor en determinado intervalo, produce un cambio drástico en la estructura de las soluciones a largo plazo observadas en el retrato fase. Se trata de un aporte de la TSD.

De acuerdo con esta hipótesis, el análisis de bifurcaciones del sistema de ecuaciones diferenciales propuesto por Goodwin, podría ayudar a entender la dinámica cíclica de la economía vista como un sistema complejo, esto es, como un sistema autoorganizado ubicado en régimen crítico, en el que un cambio en alguno de sus parámetros puede desencadenar oscilaciones de distinta magnitud. Todo esto explicado por mecanismos endóge-

nos. En este sentido, la propiedad de inestabilidad estructural del modelo de Goodwin, criticada en la literatura económica, se convierte, más bien, en una virtud.

En una colaboración previa, los autores del presente trabajo mostraron la existencia de una bifurcación en el modelo de Goodwin, conocida como bifurcación de Hopf, y demostraron que dicho autor solamente observó una “fotografía” de la dinámica del sistema, ya que al cambiar el valor del parámetro de bifurcación (la tasa de crecimiento de la población) aparecen otras dinámicas cíclicas de la economía: espirales estables e inestables. En nuestro análisis, se propuso que la población trabajadora puede considerarse como un crecimiento logístico, lo que modifica el supuesto original de Goodwin de que el crecimiento de la población es estable (supuesto ii). La modificación le da un “toque” de realismo a la dinámica modelada ya que, a nivel empírico, no es cierto que una población crezca en forma estable, esto es, a una tasa siempre constante.

El análisis de bifurcaciones que se presenta considera no sólo la modificación del supuesto ii) del modelo de Goodwin sino que también se incluye una modificación al supuesto i) referido al progreso técnico estable, el cual, a nivel empírico, tampoco es cierto.

Se propone en su lugar la idea de que el progreso técnico es inestable y que, en particular, se puede representar como una función logística. Conviene decir que aunque todavía no ha sido estudiada suficientemente la forma en que se difunde el cambio tecnológico en una economía, existe cierto acuerdo de que podría ser bien representado como una función logística; el mismo Goodwin aceptó la idea de que el progreso técnico no es estable (Goodwin 1990).

Así, considerando que la población trabajadora y el progreso técnico crecen de forma inestable, y manteniendo intactos los demás supuestos del modelo de Goodwin, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales no lineales:

$$\begin{aligned} \dot{u} &= [-(\vartheta_0 + \gamma) + \rho v(t) + \zeta_0]u(t) \\ \dot{v} &= \left[\left(\frac{1}{\sigma} - (\vartheta_0 + \zeta_0) - (\delta_0 - \beta_0) \right) - \frac{1}{\sigma}u(t) \right] v(t) \quad (2) \end{aligned}$$

Donde:

ϑ_0 representa la tasa de crecimiento de la productividad de la mano de obra promedio de la economía, afectada por el paquete de innovaciones generado durante una revolución tecnológica;

ζ_0 representa la tasa de productividad de la mano de obra promedio del sistema económico, no afectada por el paquete de innovaciones técnicas. Es decir, representa la proporción de empresas que se resisten ante los nuevos procesos tecnológicos;

δ_0 representa el índice de mortalidad de la población trabajadora; y

β_0 es el índice de natalidad de la población trabajadora.

Los demás parámetros son los mismos que aparecen en el modelo original de Goodwin. Cabe mencionar que la hipótesis de que el progreso técnico se difunde en el sistema económico, describiendo una dinámica semejante a la ecuación logística, se halla inspirada en la teoría de los ciclos económicos de Joseph Schumpeter. De acuerdo con este autor, la condición suficiente para producir fluctuaciones en la economía de mercado es el cambio tecnológico. Además, los progresos tecnológicos ocurren a través de innovaciones que producen oleadas tecnológicas (Schumpeter 1957).

De esta forma, el análisis de bifurcaciones permite encontrar un sistema de ecuaciones equivalente al sistema anterior, conocido como *unfolding* (desdoblamiento) universal del sistema. El *unfolding* universal permite ubicar el parámetro de bifurcación y analizar la dinámica que presentan las bifurcaciones. El desdoblamiento del sistema anterior está representado por:

$$\begin{aligned} \dot{v} &= v(t) \left[\left\{ \frac{\frac{1}{\sigma} - (\vartheta_0 + \zeta_0)}{\vartheta_0 + \gamma} \right\} + \left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho} \right) v(t) - u(t) \right] \\ \dot{u} &= u(t)[-1 + v(t)] \end{aligned} \quad (3)$$

Donde $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho} \right)$ representa el parámetro de bifurcación del sistema. En sentido económico, significa la proporción en que aumenta la cantidad de trabajadores que perciben una tasa de salario real cercana a la de pleno empleo, dada la tasa de crecimiento de la población trabajadora.

De esta forma, se obtienen los siguientes escenarios:

- i. Si el parámetro $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho}\right)$ es positivo. Este escenario implica que debido a que ρ es positivo, entonces $(\delta_0 - \beta_0)$ también es positivo, esto es, que el índice de mortalidad es mayor que el índice de natalidad; en otras palabras, indica que la tasa de crecimiento promedio anual de la población es negativa. De acuerdo con el crecimiento logístico de la población, esto ocurre cuando la población ha rebasado el valor correspondiente a la capacidad de carga del sistema, la cual está dada por el espacio y recursos que soportan el crecimiento de una población. Así, la población descenderá en forma exponencial hasta alcanzar el valor correspondiente a la capacidad de carga. Otra posibilidad es que si la tasa de crecimiento de la población es negativa y se ubica por debajo del valor correspondiente a la capacidad de carga, entonces la población descenderá rápidamente hasta cero, es decir, la población tenderá a extinguirse. Este escenario corresponde, por ejemplo, a una situación de guerra en la que el índice de natalidad es menor que el de mortalidad a pesar de que la población se halle por debajo de su capacidad de carga. Pero en condiciones “naturales” se observaría el comportamiento anterior. Bajo este escenario, en la figura 3 se muestra el retrato fase del *unfolding* universal del sistema de Goodwin.

En la figura 3 se observa que cuando el parámetro de bifurcación es positivo $((d - e)/0.6)$, esto es, bajo el escenario en que la población haya crecido hasta rebasar el valor correspondiente a la capacidad de carga, entonces, el sistema socioeconómico reportará fluctuaciones crecientes que se alejarán, conforme pase el tiempo, de los valores promedio de la participación de los trabajadores en el producto, $u(t)$, y de la tasa de empleo, $v(t)$. Se trata de un escenario en el que, desde el punto de vista económico, el sistema se comportaría en forma altamente inestable, dejando intactos los demás supuestos del sistema de Goodwin, es decir, conservando la idea de que el sistema funciona en condiciones próximas al pleno empleo.

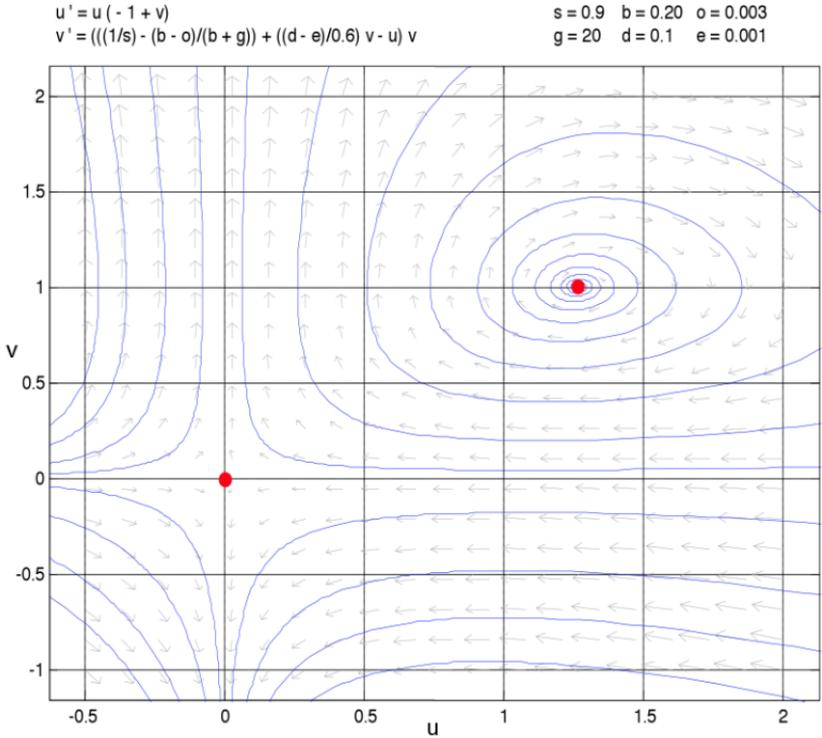


Figura 3: Retrato de fase del *unfolding* del sistema de Goodwin, cuando el parámetro de bifurcación es positivo.

- ii. Si el parámetro $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho} \right)$ es negativo. Este escenario implica que el índice de natalidad es mayor que el de mortalidad, es decir, que la tasa de crecimiento promedio anual de la población es positiva. Nuevamente, el comportamiento logístico de la población indica dos posibilidades: Primero, cuando la tasa de crecimiento de la población es positiva pero la población se halla muy por debajo al valor correspondiente a la capacidad de carga. En estas condiciones, el sistema socioeconómico se reduciría al modelo original de Goodwin, en el que se supone que el crecimiento de la población trabajadora es estable. En el plano-fase se observarían trayectorias cerradas. Sin embargo, este escena-

rio corresponde a una situación de corto plazo y particular, en el que el sistema socioeconómico funciona con recursos ilimitados y en condiciones próximas al pleno empleo. Históricamente esta situación puede corresponder a la colonización de territorios vírgenes en los que se traslada e implanta el sistema económico. Empero, a largo plazo, conforme crezca la población y cubra el espacio colonizado, tenderá a alcanzar el valor de la capacidad de carga. En esta situación, la tasa de crecimiento de la población tenderá a disminuir conforme transcurra el tiempo y, aunque seguirá siendo positiva, se acercará a cero.

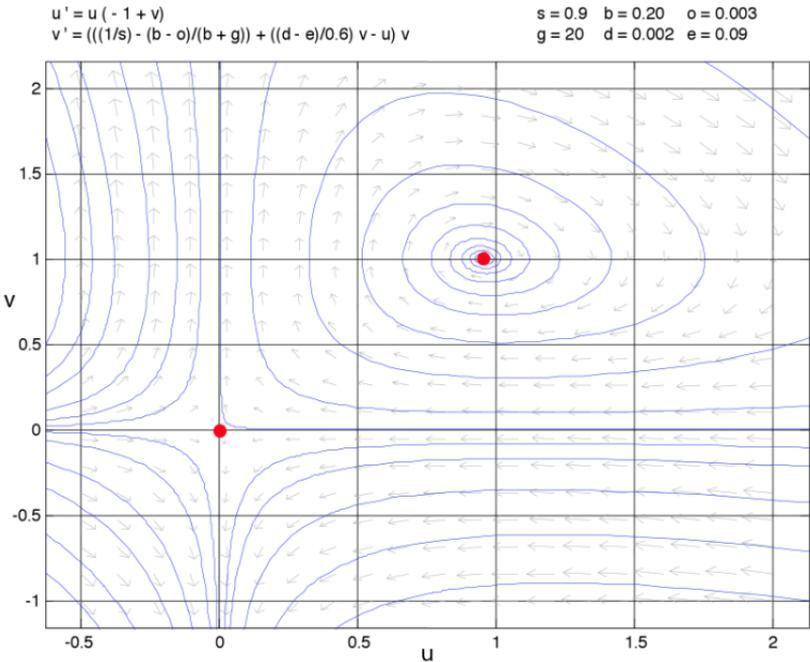


Figura 4: Retrato de fase del *unfolding* del sistema de Goodwin, cuando el parámetro de bifurcación es negativo.

En la figura 4 se describe lo que ocurriría con la dinámica del sistema socioeconómico bajo este escenario. Se observa que las fluctuaciones del sistema tienden a ser, conforme pasa el tiempo, más pequeñas y el sistema económico tien-

de a su posición de equilibrio en el que se alcanzan los valores promedio de la participación de los trabajadores en el producto, $u(t)$, y la tasa de empleo, $v(t)$. Así, bajo la idea de que el sistema evoluciona en condiciones próximas al pleno empleo, si la población trabajadora se halla cercana al valor dado por la capacidad de carga, entonces las fluctuaciones del sistema tenderán a ser pequeñas. Si el proceso continuara bajo estas condiciones, en el largo plazo, se alcanzará la posición de equilibrio en la que el sistema habrá alcanzado su estado estacionario. En esta situación, desaparecen las fluctuaciones pero el sistema no crecería más. En sentido económico, el sistema sería altamente estable. Sin embargo, se ve difícil que en la evolución real del sistema socioeconómico se alcance tal estado, ya que no habría expectativas ni incentivos económicos para que los capitalistas se animen a invertir.

- iii. Si el parámetro $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho}\right)$ es igual a cero. En este caso, el índice de natalidad es igual que el de mortalidad, es decir, ocurre cuando la tasa de crecimiento anual de la población es igual a cero. El comportamiento logístico de la población indica que esto pasa cuando se ha alcanzado el valor de la capacidad de carga, lo que corresponde a un escenario de largo plazo manteniendo las condiciones dadas por los demás supuestos del modelo de Goodwin, esto es, en condiciones próximas al pleno empleo. En esta situación se observarían trayectorias cerradas en el retrato fase, es decir, semejantes a las fluctuaciones regulares que describen las soluciones del sistema original de Goodwin. Sin embargo, existe otra posibilidad de interpretación: significa que el modelo de Goodwin arroja resultados que corresponden al corto plazo, donde la población puede considerarse constante. Esto corresponde a mirar sólo un instante o tener una "fotografía" de la evolución del sistema. Otro aspecto importante es que la idea de Schumpeter acerca de que el cambio tecnológico es motivo suficiente para generar fluctuaciones en el sistema socioeconómico se confirma, ya que, suponiendo que la población es constante, las

fluctuaciones permanecen a través del tiempo. En la figura 5 se observa este comportamiento.

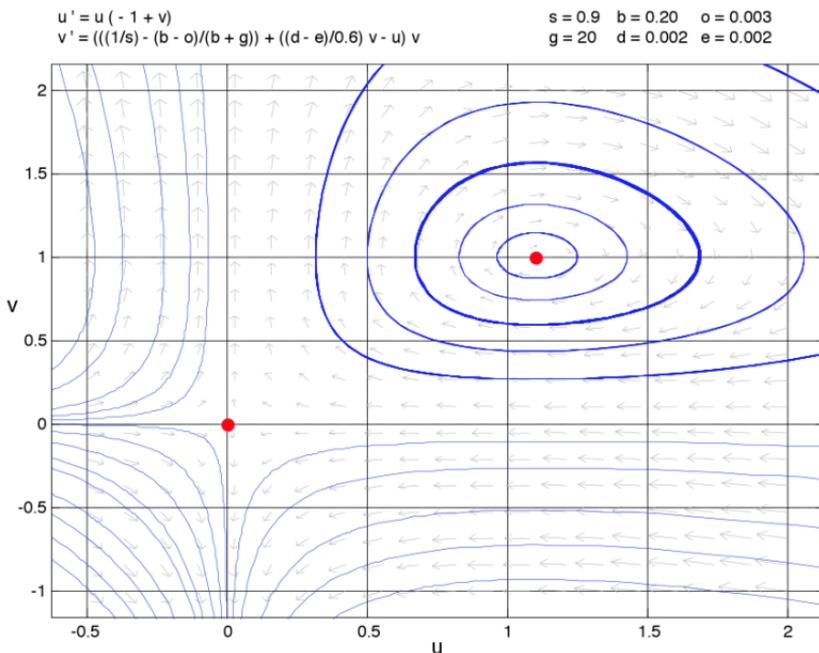


Figura 5: Retrato de fase del *unfolding* del sistema de Goodwin, cuando el parámetro de bifurcación es igual a cero.

De esta forma, el modelo propuesto por Goodwin para representar la dinámica cíclica de la economía de mercado permite, a través del análisis de la TSD, observar otras posibilidades. En otras palabras, posibilita estudiar su complejidad, en particular, a través de las propiedades de ruptura de simetría y criticalidad autoorganizada.

La ruptura de simetría arroja información diferenciada entre los componentes del sistema y sus interacciones con respecto a las condiciones de contorno a las que están sometidas éstas. Es claro cómo, aunque la tasa de crecimiento de la población se considera como una variable exógena (a diferencia de Marx y de los economistas clásicos), forma parte de las condiciones de

contorno de un sistema socioeconómico. Por ello, cuando cambia el valor de esta variable, cambia también la dinámica cíclica del sistema; se observan fluctuaciones de diferente tamaño. Sin embargo, se confirma la hipótesis de Schumpeter acerca de que la condición suficiente para generar fluctuaciones en el capitalismo es el cambio tecnológico. Esta información es proporcionada por la ruptura de simetría.

La criticalidad autoorganizada sugiere que existe un parámetro (el parámetro de bifurcación) y un valor de éste alrededor del cual evoluciona el sistema socioeconómico. De esta forma, los cambios en el valor de este parámetro alrededor del valor de bifurcación, producen fluctuaciones pequeñas o grandes. Para valores negativos del parámetro cercanos a cero, que representa el valor de bifurcación, se observan fluctuaciones pequeñas; y para valores positivos y próximos al valor de bifurcación, se observan fluctuaciones grandes. No obstante, cuando el parámetro es igual al valor de bifurcación, las fluctuaciones son regulares. Así, el sistema funciona en régimen crítico, es decir, alrededor de un valor crítico: el valor de bifurcación; aunque se parta del supuesto, como lo hace Goodwin, de que el sistema se halla cerca del pleno empleo. La hipótesis que sugiere este comportamiento complejo es que refleja procesos de *autoorganización* de los componentes del sistema, es decir, que el sistema socioeconómico en su conjunto, a pesar de que las interacciones entre sus componentes son conflictivas, se adapta ante los cambios en las condiciones de contorno, en este caso, ante cambios en el parámetro de bifurcación.

Así, como lo observara Goodwin en sus estudios sobre la dinámica caótica de la economía, el capitalismo es un sistema complejo y, como tal, es inestable pero al mismo tiempo creativo:

[...] como todos nosotros sabemos, el capital es creativo pero en una forma caótica, generando tanto crecimiento como desempleo (Goodwin 1990: 27).

A MANERA DE CONCLUSIÓN

En este trabajo se presentó *grosso modo* un recorrido de las teorías acerca del ciclo económico. Se mencionó que, entre los economistas clásicos, fue Marx el primero en considerar en forma sistemática o teórica el problema de las fluctuaciones económicas y ofreció, además, una explicación de éstas con base en un mecanismo endógeno.

Inspirándose en algunas ideas de economistas clásicos como Adam Smith y David Ricardo, los autores pertenecientes a la escuela neoclásica se abocaron al estudio del mercado, formalizaron matemáticamente sus estudios y desarrollaron sus análisis con base en la noción de equilibrio. Las fluctuaciones de la economía se explican por la presencia y perturbación provocada por factores exógenos. Como una vertiente ampliamente difundida, han desarrollado la Teoría de los Ciclos Reales (TCR) para explicar el comportamiento errático de las variables macroeconómicas, tomando en cuenta los *shocks* aleatorios producidos por el cambio tecnológico. Así, las pequeñas y grandes depresiones económicas que han existido a lo largo de la historia de la economía de mercado se explican por los efectos producidos por estos *shocks*. Probablemente esta teoría sea correcta y suficiente para explicar una serie de casos, pero no es la única. De esta forma, si los *shocks* que generan las oscilaciones de la economía ocurren en forma aleatoria, entonces las fluctuaciones pequeñas y grandes deben ocurrir también en forma aleatoria, esto es, deben ser eventos equiprobables.

Sin embargo, existe otra posibilidad explicativa: que los ciclos sean producidos por mecanismos endógenos y, además, que las fluctuaciones grandes respondan a los mismos mecanismos que provocan las fluctuaciones pequeñas, aunque no se haya gestado un *shock* que las genere. En otras palabras, esta posibilidad sugiere la hipótesis de que las fluctuaciones son connaturales al sistema socioeconómico de mercado, esto es, que se trata de un sistema estructuralmente inestable.

Por otra parte, la escuela heterodoxa ha propuesto modelos de ciclo económico que responde a mecanismos endógenos. Entre éstos, se halla el modelo de Richard M. Goodwin, quien, ins-

pirándose en Marx y en el modelo Lotka-Volterra, plantea *grosso modo* que las fluctuaciones de la economía son connaturales al proceso de crecimiento de ésta y que reflejan situaciones, en parte conflictivas y en parte simbióticas, que se expresan a través del mecanismo: salarios, ganancias y empleo. Este autor sostiene que el capitalismo es una economía dinámica e inestable y que su complejidad puede ser estudiada a través de ecuaciones diferenciales no lineales. Aunque por el enfoque y las herramientas de análisis propuestas por este autor para el estudio de la economía, se podría ubicar dentro del enfoque sistémico, Goodwin no alcanzó a desarrollar con plenitud sus ideas usando este enfoque. Aún más, no alcanzó a observar el desarrollo que ha tenido la Teoría de Sistemas Complejos (TSC) y la posibilidad de usar las herramientas de análisis que ofrece. No obstante, la importancia que tiene este autor es haber caminado en esa dirección, aunque sus planteamientos no siempre hayan sido bien recibidos entre los economistas, por ejemplo, su modelo de ciclo económico ha sido ampliamente criticado por el hecho de que el sistema de ecuaciones diferenciales no lineales que propone tiene la propiedad matemática de inestabilidad estructural.

En este texto se desarrollaron argumentos a favor de la idea de que la propiedad de inestabilidad estructural, presente en el sistema de Goodwin, no representa un defecto sino una virtud bajo el enfoque de la TSC, ya que plantea la posibilidad de observar otras rutas en la evolución del sistema a través del análisis de bifurcaciones que ofrece la TSD.

De esta manera, se presentaron tres escenarios en torno al valor de bifurcación del sistema: si el parámetro de bifurcación $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho}\right)$ es positivo, en el retrato fase se observan espirales inestables, lo que corresponde a fluctuaciones crecientes que se alejan, conforme transcurre el tiempo, de los valores medios de la participación de los trabajadores en el producto, $u(t)$, y la tasa de empleo, $v(t)$. Esto puede ocurrir cuando la población trabajadora ha crecido hasta rebasar la capacidad de carga del sistema socioeconómico y manteniéndose éste funcionando en condiciones próximas al pleno empleo. Otro escenario ocurre cuando el parámetro de bifurcación $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho}\right)$ es negativo. En este caso, se

observan espirales estables en el retrato fase y el sistema tenderá a acercarse a los valores medios de $u(t)$ y $v(t)$. Esto puede ocurrir cuando la población trabajadora se acerca, por debajo, al valor de la capacidad de carga. Y, por último, si el parámetro de bifurcación $\left(\frac{\delta_0 - \beta_0}{\rho}\right)$ es igual a cero, lo que puede ocurrir cuando la población trabajadora ha alcanzado el valor de la capacidad de carga del sistema socioeconómico, en el retrato fase se observan trayectorias cerradas semejantes a las del modelo original de Goodwin. Este resultado sugiere que el análisis de Goodwin es de corto plazo ya que en éste podría suponerse que no crece la población. Pero si la población no crece, se confirma al mismo tiempo la hipótesis de Schumpeter acerca de que la condición mínima para producir fluctuaciones económicas es el cambio tecnológico.

Aparecen así tres tipos de fluctuaciones: pequeñas, regulares y grandes, cuando el parámetro de bifurcación adquiere valores en una vecindad alrededor de cero, que es el valor de bifurcación. El resultado sugiere la hipótesis de Bak y Chen: el sistema socioeconómico de mercado funciona en zona crítica, es decir, alrededor de un valor crítico o de bifurcación. Se trata de un sistema complejo que, aunque su dinámica responde en parte al conflicto y en parte a la simbiosis, el sistema tiende a la autoorganización en zona crítica.

REFERENCIAS

- Bak, P., y Chen, K. (1991), "Criticalidad auto-organizada", *Revista Investigación y ciencia* 174: 18–25.
- Barro, R. (1989), *Modern Business Cycles Theory*. Harvard University Press.
- Goodwin, R. (1977), "Un ciclo de crecimiento", en Hunt, E. K., y Schwartz, J. G., *Crítica de la teoría económica*. México: Fondo de Cultura Económica.
- (1990), *Caos y dinámica económica*. España: Prensas Universitarias de Zaragoza [primera edición en español, 1996].
- Guerrieri, P. (1990), *Las fluctuaciones económicas*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Marx, K. (1994), *El Capital* [XXIII reimpresión]. México: Fondo de Cultura Económica.
- Miramontes, P. (1999), "El estructuralismo dinámico", en Ramírez, S. (coord.) *Perspectivas en las teorías de sistemas*. México: Siglo XXI-CEIICH/UNAM.
- Moreno, Álvaro M. (2002), "El modelo de ciclo y crecimiento de Richard Goodwin. Una evaluación empírica para Colombia", *Cuadernos de Economía* 21 (37). Universidad Nacional de Colombia.
- Pasinetti, L. (1983), *Crecimiento económico y distribución de la renta*. Madrid: Alianza Editorial.
- Prigogine, I. y Nicolis, G. (1987), *La estructura de lo complejo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Sachs, J. (1990), *Creando una economía de mercado en Europa Oriental*. USA: Brookings Institution.
- Schumpeter, J. (1957), *Teoría del desenvolvimiento económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Veneziani, R. y Mohun, S. (2006), "Structural stability and Goodwin's growth cycle", *Structural Change and Economic Dynamics* 17: 437–451.