

CIENCIA Y CULTURA elementos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
No.63 Vol.13 julio-septiembre 2006 \$25.00



10-10-06

Cosas a tener en cuenta en política científica M. **Cereijido** Ciencia paradigmática y paradigma científico... P. **Hortolà** Viaje al infinito M.A. **Jiménez** Acerca de la importancia histórica de Gödel L.E. **González** Augusto Comte... C. **Velázquez** De locomotoras de vapor A. **Nieves** CEDIF S. **Cuéllar**



© Resonador de caja, magneta con llave telegráfica y magneta telegráfica.
Manómetros de aire y de vapor.
Teodolito con estuche y cinta de medición.
Colección MNFM. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.
Portada: Sin título, s/f. Fotógrafo Manuel Carrillo. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

rector, Enrique Agüera Ibáñez
secretario general, José Ramón Eguibar Cuenca
vicepresidente de investigación y estudios de posgrado, Pedro Hugo Hernández Tejeda

ELEMENTOS

www.elementos.buap.mx

revista trimestral de ciencia y cultura
número 63, volumen 13, julio-septiembre de 2006

director, Enrique Soto Eguibar

subdirector, José Emilio Salceda

consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca
María de la Paz Elizalde, Enrique González Vergara
Francisco Pellicer Graham, Leticia Quintero Cortés
José Emilio Salceda, Raúl Serrano Lizaola
Enrique Soto Eguibar, Cristóbal Tabares Muñoz
Gerardo Torres del Castillo

edición, Elizabeth Castro Regla

José Emilio Salceda, Enrique Soto Eguibar

diseño y edición gráfica, Elizabeth Castro Regla

Sergio Javier González Carlos

fotografías de portada e interiores

Centro de Documentación e Investigaciones Ferroviarias

impresión, Xpress Gráfica S.A. de C.V.

redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria
Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570

email: elemento@siu.buap.mx

Revista registrada en Latindex (www.latindex.unam.mx)
catalogada en red alyc (<http://redalyc.uaemex.mx>) y miembro
de la Federación Iberoamericana de Revistas Culturales
Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770
ISSN 0187-9073

S U M A R I O

Cosas a tener en cuenta en política científica 3

Marcelino **Cerejido**

Ciencia paradigmática y paradigma científico: 9

una prospectiva para el nuevo milenio

Policarp **Hortolà**, Eudald **Carbonell**

Viaje al infinito 15

Miguel Antonio **Jiménez Pozo**

Acerca de la importancia histórica de Gödel 21

Luis **Estrada González**

Augusto Comte, 27

fundador de la sociología

Christian **Velázquez**

De locomotoras de vapor 33

Alfredo **Nieves Medina**

CEDIF 41

Centro de Documentación e Investigación Ferroviarias

Stella **Cuéllar**

Escenarios para la educación ambiental en veterinaria 45

Alejandro **Córdova Izquierdo**, Claudio Gustavo **Ruiz Lang**,

Jorge A. **Saltijeral Oaxaca**, José Félix **Pérez Gutiérrez**

Encarecimiento del petróleo: 53

preludio del agotamiento

Edgar **Ocampo Téllez**

Caracterización de escoria siderúrgica 61

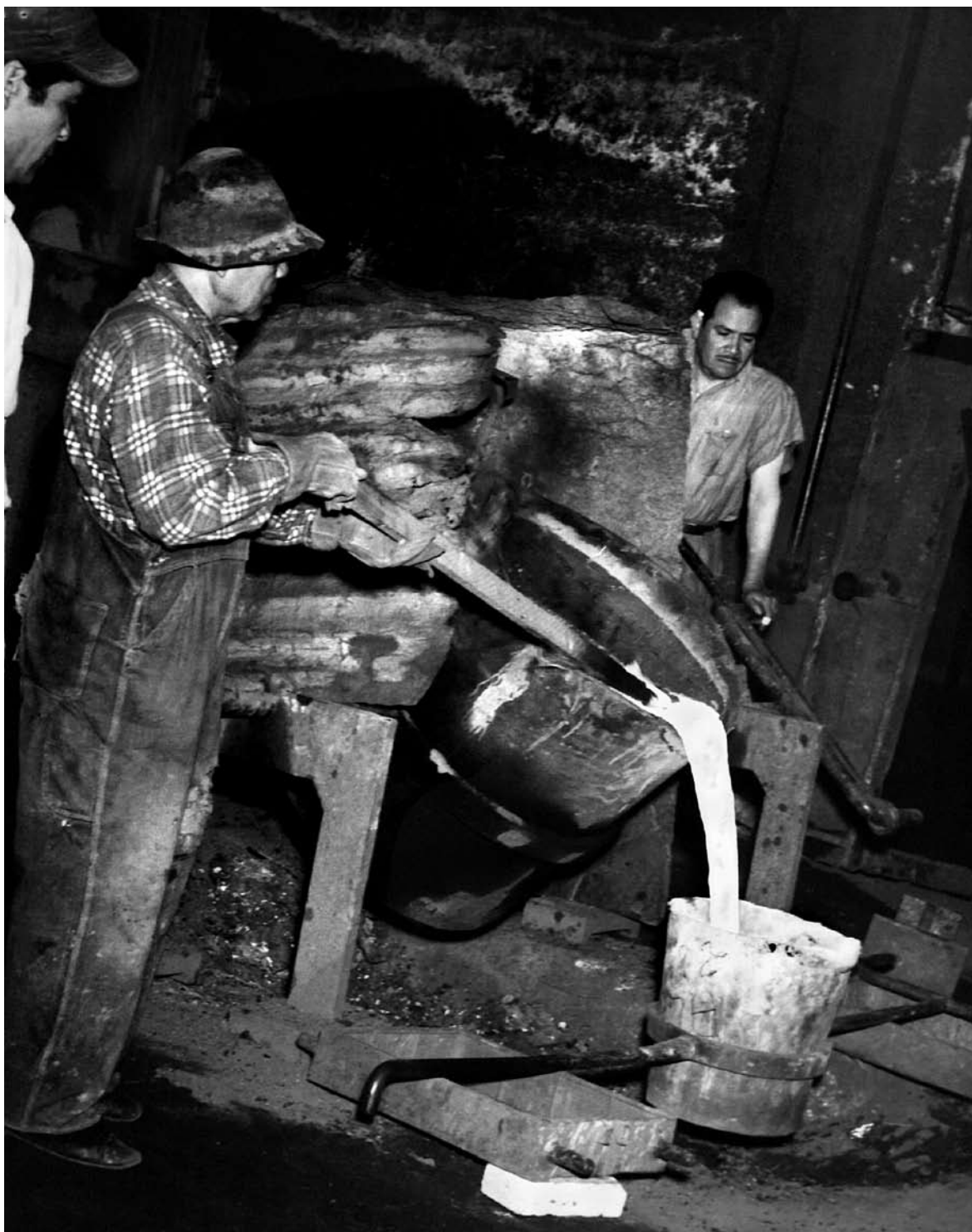
por difracción de rayos X

Rocío **Montalvo Balarezo**, Elvira **Zeballos Velásquez**,

Percy **Paz Retuerto**, Jorge **Huayna Dueñas**,

Mario **Casaverde Río**

Libros 64



© Taller de fundición, ca. 1950. Fondo Ferronales. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Cosas a tener en cuenta en POLÍTICA CIENTÍFICA¹

Marcelino **Cereijido**

México es un país subdesarrollado, en el sentido de que produce, se comunica, se transporta, se cura y se mata con equipos, radiofonía, vehículos, medicinas y armamento inventados en el Primer Mundo. Por supuesto que este analfabetismo científico nos hunde en la desocupación, miseria económica, corrupción y dependencia, pues en el mundo ya no queda mucho por hacer que no dependa directa o indirectamente de la ciencia y la tecnología. Pero como todo analfabeta científico, México tiene un problema adicional que es incluso más grave que su falta de ciencia. Cuando a un pueblo le faltan alimentos, medicinas, agua, sus miembros son los primeros en señalar con toda corrección cuáles el déficit; sin embargo, cuando le falta ciencia no está capacitado siquiera para comprender qué haría con ella en caso de tenerla: el analfabetismo científico es invisible para el analfabeta científico.

Sería superfluo y anacrónico que insistiéramos en que todos los habitantes de México deben saber leer y escribir, porque en pleno siglo XXI un pueblo analfabeta es inviable. Curiosamente, cuesta hacer entrar en la cabeza de nuestra sociedad, y sobre todo de nuestros funcionarios, que hoy sucede exactamente lo mismo con el analfabetismo científico: un pueblo con el grado de analfabetismo científico que tiene México no es viable, al menos no en el sentido global en el que hoy se concibe. Lo grave es que ni siquiera nuestras universidades advierten el problema. Ahí si-guen, contentándose con formar investigadores –en el mejor de



© Telegrafista, ca. 1970. Fondo Ferronales. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

los casos— y luego, por supuesto, no saben qué hacer con ellos, pues para nuestro país representamos una carga, un malgasto.

Nosotros mismos, los miembros del Consejo Consultivo de Ciencia (CCC) somos los primeros culpables, porque hemos asistido impávidos a que se ignoraran nuestras críticas y sugerencias a los proyectos de leyes sobre la ciencia que el ejecutivo nos envió en su momento; porque nos pareció aceptable que un funcionario sin ningún conocimiento de qué es la ciencia, nos volviera a perorar la consabida barrabasada sobre “ciencia básica” / “ciencia aplicada”; porque siendo lo más granado de la ciencia mexicana asistimos pasivamente a que primero se desvirtuaran las cátedras patrimoniales (ya no fueron vitalicias, ya no se las proveyó de algún fondo automático para llevar a cabo absolutamente nada) y luego, sin más, las dieran por acabadas. Ni más ni menos que Leopoldo Zea dijo en aquella oportunidad:

Yo tengo casi 91 años, no estoy defendiendo mi futuro, porque no me queda mucho, pero ¿está usted seguro (se dirigía al ingeniero Parada, director del CONACYT que presidía en ese momento la reunión) de que un país de 100 millones de habitantes puede prescindir del consejo de sus 30 – 40 sabios más destacados?

¡Cómo puede ser que nosotros, miembros del CCC, siempre nos hemos quejado de que los gobernantes “no nos quieren”, “no nos apoyan”, sin percatarnos de que no es maldad, sino que simplemente son de un analfabetismo científico comparable al de Chespirito!

Para reivindicarnos, debemos ser nosotros mismos, los miembros del CCC, quienes demos que la ciencia sí tiene cosas que aconsejar y hacer.

Los consejos que doy a continuación deberían ser independientes de quién resultará elegido el 2 de julio próximo. No requieren tanto de fondos cuantiosos, sino de sensatez impostergable. Demostremos que, al no esperar nada de nosotros, eran los funcionarios analfabetas quienes estaban equivocados. No volvamos a confirmar su opinión.

• LOS PROYECTOS DEBEN SER UN “ADEMÁS DE”, Y NO UN “EN VEZ DE”

Cada vez que cambia el gobierno, se entroniza a un nuevo *Zar de la Ciencia*, que acostumbra enunciar las cosas que apoyará, proyectos a los que dedicará su mayor esfuerzo. Los científicos nos ponemos a temblar, porque sabemos que lo financiará mediante la interrupción de proyectos serios que ya están en marcha. Ningún nuevo proyecto nacional es un *además de*, sino un *en vez de*. Es el reino de la improvisación, la ineficiencia y el despilfarro. Implica además una profunda falta de respeto por el trabajo de nuestros científicos que venían dedicando esfuerzos y dinero a lo largo de años a una tarea que ahora se desvirtúa, para mostrar que el nuevo *Zar de la Ciencia* es un tipo creativo e independiente de funcionarios anteriores.

• ESTAMOS INMERSOS EN UN AUTORITARISMO INEFICAZ Y ÉTICAMENTE CENSURABLE

En un sistema autoritario piensa sólo un cerebro: el del jefe. En cambio en un sistema democrático se pueden conectar en paralelo todos los cerebros de la comunidad. El conjunto de personas que autocensuran su propio cerebro para obedecer al de la autoridad, no se llama sociedad, se llama masa. El CCC debe diseñar y encabezar una campaña para convertir esa masa en ciudadanía. Por lo menos dentro del mundo y las instituciones científicas.

• RECUPERAR LA CALIDAD CIENTÍFICA Y ACABAR CON LA COSTUMBRE DE REGIRNOS POR NORMAS SURGIDAS NO DE LA CIENCIA, SINO DEL ÁMBITO ADMINISTRATIVO
Hoy nuestros científicos no trabajan con base en los conocimientos de sus campos, criterios epistemológicos y sociología profesional propia de sus disciplinas,

porque están forzados a cumplir normas que surgen de criterios administrativos. Si revisamos las trayectorias de cualquier sabio de la historia, desde Galileo hasta Newton y desde Pasteur hasta Einstein, resultará obvio que jamás dibujan una recta continua. La producción regular, continua, sin saltos significativos, es propia de la chatura productiva de calzados y ventiladores, no de disciplinas caracterizadas, justamente, por la originalidad, el descubrimiento y la innovación inesperada y abrupta. La burocracia simplemente mutila la labor de nuestros sabios y los obliga a humillarse explicando “Qué va a hacer en el segundo trimestre del tercer año”. Deben adoptarse formas de evaluación, tanto de la persona del investigador, como de su labor, acordes con la naturaleza de la ciencia, no de las necesidades de administrativos, contadores y otras especies burocráticas.

La labor científica es producto de toda una cadena social, en la que hoy nuestros científicos no son más que un eslabón desde el que no controlan absolutamente nada, puesto que los contratos laborales, la erogación de presupuestos, las tareas administrativas, la provisión de insumos, el desarrollo de infraestructura, están dictados por funcionarios que dan diariamente sobradas muestras de no tener la menor idea de qué es la ciencia, y que por lo tanto trabajan a espaldas de los investigadores.

Se debe escuchar a nuestros máximos hombres y mujeres de ciencia volviendo a sacar de la ignorancia y el olvido burocrático al Consejo Consultivo de Ciencia, enseñando a nuestros altos funcionarios de Estado cuál es el papel de la ciencia en el funcionamiento de una sociedad del siglo XXI.

Se deben crear comités del más alto nivel científico, incluyendo si es necesario a árbitros internacionales, para evaluar el propósito, destino y estado actual de instituciones que fueron creadas—arrebataando grandes sumas del presupuesto científico—por caciques que en su momento se aprovecharon de un circunstancial poder político. Debe establecerse hasta qué punto se adecuan al propósito para el que fueron fundadas.

Se debe revisar la pertinencia de programas de doctorado diseñados con el sólo propósito de satisfacer un requerimiento de instituciones extranjeras del ámbito de las finanzas, pero que han desvirtuado la naturaleza y seriedad de un doctorado.

• RECUPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL DE APOYO

El personal de apoyo no debe seguir siendo una suerte de servidumbre científica. Se trata de personas con dos manos y un cerebro que debe ser respetado, entrenado, regido por las necesidades de la ciencia, y no de un contrato firmado a espaldas de los investigadores, por funcionarios administrativos y líderes sindicales que han ido cambiando la calidad de su tarea, por dádivas laborales que ni satisfacen la labor científica, ni permiten alcanzar una ciencia de calidad, ni los ha llevado a un bienestar. Se debe desarrollar una forma de evaluación, entrenamiento y remuneración que permita el desarrollo de una comunidad realmente útil a la ciencia y, sobre todo, que permita ascender a quien se prepare con tesón, demuestre responsabilidad y tenga aptitudes para ascender tan alto como su capacidad le permita.

Por más de dos décadas se le ha venido cambiando a nuestro personal el reconocimiento, salario y oportunidad, por larguísimas vacaciones, días económicos, celebración de festividades, horario elástico, que han destrozado la tarea de investigar. Hoy en día el holgazán y el irresponsable tiene su posición asegurada, y en cambio el que tiene y desarrolla sus aptitudes no tiene mayores oportunidades.

• DEBE INSTITUIRSE CUANTO ANTES UN CRÉDITO CIENTÍFICO

Yo puedo comprar camisas, libros, viajar por Egipto con mi tarjeta de crédito. En cambio, después de trabajar



cuarenta años en investigación científica, publicado cientos de artículos, formado docenas de científicos, recibido muchos miles de citas, no puedo contar con un crédito para trabajar un año más. Cada vez debo especificar cómo me llamo, dónde y en qué año me recibí, cuánto mide mi laboratorio, qué trabajos publiqué, demostrar que sé usar un método que yo mismo inventé —medir proteínas—, y agendar todo eso trimestre por trimestre, para que otro colega pierda su tiempo evaluando mi solicitud, como yo lo perdí al escribirla. ¿No podríamos acordar año con año una suma que surja de la extrapolación simple y directa de lo que vengo gastando? Si de pronto necesito un aparato un tanto más caro, o deseo hacer algo que se sale del presupuesto, entonces sí, que se me exija una solicitud *ad hoc*. No estoy proponiendo que se me regale el dinero, sino simplemente que en virtud de que jamás he dejado de hacer lo prometido, se me permita rendir cuentas *a posteriori*. Hoy los investigadores no tenemos autonomía ni para conchar a un colaborador que quiere hacer la maestría con nosotros. Todo tiene que estar mediado por una burocracia oligofrénica, ineficiente y costosísima, como si se tratara de prevenir delitos que la comunidad científica jamás ha cometido.

Los analfabetas científicos a quienes comenté la necesidad de este crédito, del que gozan los empresarios, las amas de casa para comprar lavarropas, me han dicho que se trataría de un “privilegio”. Esto denota, una vez más, que en México la ciencia no es una necesidad, sino algo superfluo, una gracia que se otorga. En el CCC debemos esforzarnos en cambiar esta cultura incompatible con la ciencia, y propender a otra que integre el conocimiento al funcionamiento de la sociedad.

• CAMPAÑA NACIONAL CONTRA EL ANALFABETISMO CIENTÍFICO, SOBRE TODO EL DE ESTADO

Nuestra formación de maestros y doctores se ha desvirtuado. No estamos formando científicos, sino jóvenes capaces de producir un número de artículos sobre un campo asaz estrecho, y que de ninguna manera pueden ocultar que no se les ha brindado la menor enseñanza sobre la naturaleza de la ciencia. Es necesario establecer cursos intensivos sobre la ciencia, su naturaleza y su relación con la sociedad.



© Despatchador de trenes, ca. 1993. Fondo Relojes. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Paralelamente, nuestros funcionarios no son intrínsecamente perversos, sino que no tienen la menor idea de la naturaleza de la ciencia ni de su papel en el desarrollo y funcionamiento de una sociedad moderna. Nadie los ha capacitado. La formación de funcionarios no incluye su capacitación para laborar en instituciones científicas. Los cursos intensivos a que se refiere el párrafo anterior, deben adecuarse para capacitar a los funcionarios que se necesitan para hacer funcionar el aparato científico nacional.

Luchar contra el analfabetismo científico no implica denostar ni perjudicar a nadie, como una lucha contra el analfabetismo común, lo que propongo no pasaría por castigar a nuestros jóvenes y adultos, sino en reconocer sus carencias, respetarlos y educarlos acelerada, profunda y responsablemente.

Antes de acceder a un cargo en cualquier institución que tenga que ver con la ciencia, el funcionario debería aprobar un curso de capacitación, para acabar con el empleado que ha pasado a trabajar en el desarrollo de una ciencia nacional sin otra justificación ni conocimiento que necesitar un salario.

• EL GASTO EN PATENTES Y ASESORÍA DE EXPERTOS EXTRANJEROS, SEÑALA CON TODA EXACTITUD EL TIPO Y MAGNITUD DE LA NECESIDAD DE CIENTÍFICOS NACIONALES

El conocimiento importado, ya sea el que adopta la forma de pago de patentes, u honorarios de asesores y expertos extranjeros, deberá pagar un cierto impuesto proporcional, que permita a nuestras casas de estudio ponerse a desarrollar substitutos locales.

Los proyectos de empresas que reciban fondos nacionales para el desarrollo de investigación deberán contar con la aprobación de comités científicos, para

asegurar que no llamarán “investigación” a un rutinario control de calidad, ni recolección de datos triviales que no impliquen la menor originalidad ni aporte científico.

Se debe propender a que las empresas transnacionales inviertan en la investigación en México una suma proporcional a la magnitud de su mercado. Se debe acabar con empresas que tienen un mercado mucho mayor en México que en el país en que asienta su casa matriz, pero sólo desarrollan la ciencia allá.

• FUNDACIÓN DE UN INSTITUTO

QUE CREE VELOZMENTE INSTITUTOS VIRTUALES

PARA APOYAR A LAS EMPRESAS (IVAE)

Hoy la comunicación a través de telefonía, internet, intercambios temporales de personal, han dejado sin justificación la práctica de crear institutos *ad hoc*, que toman tres o cuatro años desde la compra del terreno, construcción de edificios, contrato de personal científico y de apoyo, equipamiento, hasta que se ponen en condiciones de operar. Esa práctica tiene un doble inconveniente. Por un lado es lenta, pues para cuando están a punto de funcionar ya han pasado años, y por otro, expolia de científicos a las universidades. Se podría agregar que aun cuando se resuelva el problema para el que fueron creadas, acabada la urgencia quedan como costosos elefantes blancos atestados de personal y equipos desaprovechados.

El IVAE podrá convocar, casi instantáneamente, a científicos de todo el país, de las disciplinas que sea, para participar en la solución del problema para el que los requiere. Sin abandonar sus cargos en las universidades, estos investigadores comunicarán sus requerimientos para participar (personal, equipos, computadoras, instalaciones, presupuesto). Una vez reunida esta información, el IVAE contactará a la empresa que requirió sus servicios, y le expondrá los requerimientos de los científicos. Adviértase que un profesor inteligente, creativo, sagaz podrá ir creando en su propia universidad un grupo de expertos, muy bien equipados y financiados, gracias a su participación en diversas convocatorias del IVAE.

• CREACIÓN DE UN INSTITUTO NACIONAL

QUE REVERSE CONTINUAMENTE LA “SALUD EMPRESARIAL”

La función de este Instituto Nacional sería la de tratar de detectar y asesorar a aquellas empresas que no estén al

tanto de que se han ido introduciendo procedimientos, materiales y equipos más modernos, más eficientes, que los que usan actualmente. Cuando se introduce un nuevo medicamento, un nuevo equipo de diagnóstico y tratamiento, son los innovadores quienes dedican sus esfuerzos a instruir a los médicos y pacientes para que se pongan en condiciones de utilizarlos. Análogamente, un empresario medio no suele estar al tanto de los desarrollos científico-técnicos que van surgiendo en el mundo, y que pueden mejorar su empresa. No puede estar suscripto a decenas de revistas internacionales especializadas, ni siempre está capacitado para leer artículos originales.

• CAMPAÑA NACIONAL CONTRA

LA CONTAMINACIÓN COGNITIVA

Hoy tenemos entidades que miden constantemente la calidad del aire, del agua, de los alimentos, que se cercioran de que la corrosión no está minando nuestros oleoductos, destilerías. Informan sobre el contenido de grasas y colesterol de los alimentos para la población, el ganado y la agricultura. Pero la contaminación cognitiva, que confunde y embrutece a nuestra población a través de programas televisivos, radiales e impresos, que brindan interpretaciones plagadas de prejuicios, tienen una libertad absoluta para confundir a nuestra sociedad.

Las universidades deben adiestrar a sus alumnos en la detección de la mentira, el engaño, el establecimiento de prácticas y condiciones nocivas. Estos alumnos pueden ser estimulados estableciendo concursos para premiar a los individuos y grupos que analicen, caractericen y señalen “La Estupidez del Año”, “La Mentira de Mercado”, e incluso “La Práctica Nociva, Pero No Intencional” que afecte a la población.

Se deben organizar simposios y congresos periódicos para que, sin descuidar sus tareas específicas, nuestros profesores intercambien información y experiencias en el cuidado de la salud cognitiva de México.

Estos grupos y equipos prestarán especial atención al desarrollo de proyectos pseudocientíficos, es decir, que sin dejar de causar problemas serios, no sean en realidad problemas científicos. Por ejemplo, la desnutrición, el alcoholismo, la drogadicción, constituyen problemas muy serios. Pero no se deben primariamente al

desconocimiento del metabolismo del etanol en el hígado, ni a la ignorancia de los mecanismos neurales que distorsionan las drogas.

Otro problema, muy común en los pueblos subdesarrollados, es la aparición de pseudocientíficos que de pronto propalan tonterías sobre “ciencia básica” *versus* “ciencia aplicada” que, en total discrepancia con los criterios epistemológicos y aun sociológicos con que funciona la investigación, ignoran que una cuestión se conoce o no se conoce, y que en este caso se debe aplicar ciencia, de la única, de la mejor, para resolverlo. El conocimiento no es como la información, que puede almacenarse en bibliotecas y computadoras. El conocimiento depende de la mente que conoce, y tanto esa mente como los conocimientos que se necesitan son productos de la ciencia, a secas.

• REORIENTACIÓN Y PROMOCIÓN DE LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Es necesario promover una cultura nacional que sea compatible con el desarrollo de la ciencia. Pero hoy las instituciones y museos de la ciencia basan su actividad en el atraer sobre todo a los jóvenes con ejemplos exóticos y vistosos que dan la idea de que los laboratorios asemejan antiguos circos que anunciaban en la entrada a *La Mujer Barbuda*, *El Fakir*, *El Tragafuegos*. Muchos de nuestros museos de ciencia sueñan con convertirse en Disneylandias. Es imprescindible y ur-

gente difundir la idea de que el científico no es un anteojudo exótico que se entretiene y malgasta los fondos públicos en rarezas, sino un estudioso que se esmera en encontrar regularidades de la realidad, destilar leyes, generalizar en forma sistemática sin apartarse de los cánones epistemológicos.

La ciencia no se caracteriza por lo que sabe, sino por cómo lo sabe, de lo contrario, un ayatolá, un sacerdote que sabe de televisión a colores, viajes en avión y teléfonos celulares, sería mejor científico que un sabio del siglo XIX que desconocía dichas cosas.

Debemos divulgar para que nuestra sociedad se entere de la naturaleza de la ciencia, su forma de conocer, los principios que la guían. Entretener jovencitos con efectos curiosos durante un sábado no es hacer divulgación científica.

Para la ciencia, por ejemplo, la realidad no es una cosa, sino un proceso que evoluciona, se trate de galaxias, montañas, continentes, especies biológicas, prácticas sociales, estructura del Estado, estatuto de la mujer, prácticas religiosas y creencias. Sin embargo estas ideas centrales de la ciencia no se están divulgando, muchas veces debido a que quienes divulgan tienen una formación deficiente frecuentemente orientada al estudio de los medios para divulgar (museos, televisión, revistas), pero no a la calidad del contenido.

Las anteriores son algunas de las acciones que creo deberíamos emprender los miembros del Consejo Consultivo de Ciencia y la comunidad académica para contribuir seriamente al desarrollo de la ciencia en México. Es fundamental que iniciemos ya una discusión formal e impulsemos acciones que eliminen la burocracia contable en que nos tiene atrapados el Estado, y tomemos la dirección y el desarrollo de la ciencia en nuestras manos.

N O T A

¹ Este texto fue circulado por Internet entre la comunidad científica. *Elementos* solicitó al doctor Marcelino Cerejido su autorización para publicarlo, con el afán de contribuir a la reflexión de los problemas que atañen a la ciencia en México y tratar así, sin ambages, de abrir un foro para la discusión en la comunidad académica acerca de los problemas que enfrentamos para el desarrollo de las actividades científicas en nuestro país.

**Marcelino Cerejido, Centro
de Investigaciones y Estudios Avanzados, IPN.
cerejido@fisio.cinvestav.mx**



© Cocinero de un tren, ca. 1980. Fondo Ferronales. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Ciencia paradigmática y paradigma científico:

una prospectiva

para el nuevo milenio

Policarp **Hortolà**
Eudald **Carbonell**

Procede reconocer que la ciencia y la epistemología (o meta-ciencia) son cosas distintas. No obstante, los investigadores debemos conocer y utilizar los artefactos de ésta como sistema de demarcación y acotación de nuestra propia acción empírica. Por ello, a pesar de la limitación que supone que en esta disciplina filosófica la mayoría de los científicos seamos simplemente “aficionados”, debemos también desarrollarnos en su ámbito.

Resulta revelador el pensamiento de Chalmers sobre la naturaleza de la ciencia:

No hay duda de que un rasgo esencial de los humanos es que son capaces de pensar y sentir. Sin embargo, no es probable que resulte fructífero buscar la naturaleza de la ciencia en todo lo que haya de universal en esas capacidades por la simple razón de que, cualesquiera que puedan ser las capacidades permanentes de los humanos, los procesos de razonamiento, observacionales y experimentales implicados en la ciencia evolucionan históricamente.¹

En esta idea se encuentra sintetizada, digámoslo así, la “esencia de la ciencia”, puesto que contiene el propósito elemental de ésta y su progreso; pero un progreso en el marco de la evolución de nuestra historicidad. A la pregunta de qué es la ciencia tenemos muchas respuestas posibles, y ello siempre es preferible a no tener ninguna.

Por otro lado, la ciencia viene definida por la propia comunidad. La comunidad está demarcada por su estructura social y por su dinámica histórica. La ciencia es un producto social, y la comunidad científica es un producto relevante de la sociedad. Por ello, goza del reconocimiento, explícito o implícito, de la ciudadanía. Es importante admitir que los científicos, en tanto que actores sociales, al construir la ciencia la transforman en un producto social. La comunidad científica, por consiguiente, debe ser socializada para que así el círculo se cierre en beneficio de la sociedad. Como dice Kuhn,

Los científicos trabajan a partir de modelos adquiridos por medio de la educación y la exposición subsiguiente a la literatura, con frecuencia sin conocer del todo o necesitar conocer qué características les han dado a esos modelos su *status* de paradigmas de la comunidad.²

De esto se deduce que los modelos educativos de la estructura transmiten el conocimiento que hará posible las nuevas proposiciones de la ciencia y que, cuando estas proposiciones sean aceptadas por la sociedad, pasarán a formar parte del nuevo paradigma educacional. Ésta debería ser la auténtica ciencia social. Este es el modelo que proponemos para una cultura de la investigación crítica y positiva universal.

LA EMERGENCIA DE UN NUEVO MODO DE PENSAR LA CIENCIA

La falta de comprensión del fenómeno social de la ciencia ha hecho concebirla a través de una falsa dicotomía, clasificándola en ciencias duras y ciencias blandas. Este debate, cada vez más viciado en tiempos de la revolución científico-técnica, ha distorsionado la visión unitaria de la humanidad y de la naturaleza que la ha generado. Esta deformación es parte también de la confusión que ha provocado la *praxis* de los científicos, muchas veces aislada de la realidad y convertida en una actividad de tipo práctico y técnico en lugar de ser una práctica científica donde teoría y acción son la misma cosa. Al confundir ciencia con método se ha producido uno de los errores más significativos de los tiempos modernos.

Nosotros pensamos que la respuesta está en el método y no en la definición de ciencia. Adoptamos la posición unitaria y la defendemos delante de los posicionamientos falsamente científicos que se han apoderado de muchos de nuestros colegas. De esta manera, entendemos que tan riguroso puede ser un método aplicado a la historia como otro que se aplique a la biología. Lo que sí es cierto es que no tendrán la misma contingencia y que deberán ser plurales, pero sólo eso.

¿Qué podemos esperar de la ciencia en los albores del tercer milenio? La dramática entrada de la humanidad a este milenio —con los atentados al *World Trade Center* de Nueva York como telón de fondo— es un buen ejemplo de la sensación de incertidumbre que rige y regirá la percepción del mundo y de nuestra posición en él. Del fenómeno sociológico de la incertidumbre no puede abstraerse, lógicamente, la ciencia, y sin duda de ello se resentirá el paradigma vigente. Hasta ahora, el paradigma científico ha estado en manos de la física, especialmente de la mecánica —fuera ésta la clásica de Isaac Newton, la cuántica de Max Planck o la relativista de Albert Einstein— y de la física de partículas en general —a raíz del éxito del Proyecto Manhattan de la bomba atómica, con físicos como Julius Robert Oppenheimer al frente—. Sin embargo, no es descabellado imaginar que el futuro paradigma estará en manos de la biología. Debido al salto cualitativo que para la humanidad supone el Proyecto Genoma Humano y —se quiera o no— las técnicas de clonación, probablemente se inicie una fase paradigmática transitoria, extraordinaria o “post-normal” que esté en manos de la genética molecular. A nuestro





© Taller mecánico en los talleres de Tierra Blanca, 1930. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

entender es previsible que, más tarde, emerja un paradigma científico verdaderamente “revolucionario” que tomaría el relevo a la genética molecular, y que provendría en buena medida de la ecología. Ésta, en tanto que ciencia biológica holística, podría dar respuesta a algunos de los más graves problemas que acosan actualmente a nuestra especie y que, en última instancia, conducen irremediablemente a la hambruna: contaminación, deforestación, agotamiento de recursos no renovables, etcétera.

La mayor parte de las grandes obras epistemológicas del pasado siglo XX se centraron en la física, y no, por ejemplo, en la química o la geología. Ahora, cuando despierta el nuevo milenio, la biología emerge como paradigma dominante en la construcción social. No es necesario ser profeta para imaginar un futuro donde los biólogos evolutivos, genetistas moleculares, ecólogos y, en general, los investigadores del mundo biótico, sean los que generen la estructura epistemológica básica del acto del descubrimiento. Para Racionero y Medina:

Si la Mecánica Cuántica y la Teoría de la Relatividad son los grandes modelos que la Física aporta al Nuevo Paradigma, otros dos componentes son el Holismo y el Organismo, que provienen de la Biología.³

Yendo más allá, estos autores proclaman que

Un paradigma idóneo sería aquel que incluyera tanto la ciencia como el arte, la religión, la política y la economía.⁴

En tal tendencia, nos parecen especialmente interesantes las propuestas epistémicas desarrolladas por Martínez Miguélez,⁵ el cual habla de una nueva ciencia que presentaría diferencias significativas con el tradicional modo de pensar lógico-positivista. En esa ciencia emergente, el nuevo paradigma debería poseer cinco postulados básicos, cada uno de los cuales ya exigiría ir más allá del paradigma clásico. El primero de estos postulados sería la tendencia al orden en los sistemas abiertos. Este postulado superaría el carácter simplista de la explicación causal lineal y unidireccional, y el segundo principio de la termodinámica (tendencia entrópica al caos), y nos pondría ante el hecho cotidiano de la emergencia de lo nuevo y de lo imprevisto como fuentes de nueva coherencia. El segundo postulado sería la ontología sistémica. Ésta, y su consiguiente metodología interdisciplinaria, cambiarían radicalmente



© Taller de reparación de locomotoras en los talleres de Aguascalientes, 1926. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

la conceptualización de toda entidad. Las acciones humanas, por ejemplo, perderían el valor que tienen por lo que son en sí, aisladamente, y serían vistas e interpretadas no por lo que son en sí mismas, sino por la función que desempeñan en la estructura total de la personalidad. El tercero de los postulados sería el conocimiento personal. Éste superaría la imagen ingenua que tenían los antiguos y la misma orientación positivista radical de un proceso tan complejo como es el proceso cognoscitivo, y resaltaría la dialéctica sujeto-objeto, especialmente el papel decisivo que juegan la cultura, la ideología y los valores del sujeto en la conceptualización y teorización de las realidades complejas. El cuarto postulado sería la metacomunicación y la autorreferencia. Éstas nos pondrían frente a una riqueza y dotación del espíritu humano que parecen ilimitados por su capacidad crítica y cuestionadora, aun de sus propias bases y fundamentos, por su poder creador, por su potencial para ascender a un segundo y tercer nivel de conocimiento y por su capacidad para comunicar a sus semejantes el fruto de ese conocimiento. El último de estos postulados sería el principio de complementariedad. Este postulado integraría de manera coherente y lógica las percepciones de varios observadores, con sus filosofías, enfoques y métodos, consciente de que todo conocimiento es relativo al paradigma de que par-

te. Con ello, ofrecería un valioso aporte para una interpretación más rica y más completa de la realidad que, a su vez, sería una visión interdisciplinaria. Esto implicaría el paso de una teoría de la racionalidad lineal—la de la lógica clásica, con sus inferencias deductivas e inductivas—a una de tipo estructural-sistémico.

Más allá del extremismo utópico y conceptual de Antonio Caso cuando, en *Doctrinas e ideas*, pretende reducir toda la ciencia a una sola proposición,⁶ consideramos que lo más relevante es cómo se utilizan los elementos teórico-prácticos de la ciencia entendida como *praxis*; es decir, el método concreto que permite aprehender los hechos a través de hipótesis que, a la vez, han sido generadas en el marco de las clasificaciones y del conocimiento universal, la experimentación como prueba relevante, etcétera. En todos los casos, el objetivo es y debe ser siempre el mismo: la búsqueda del conocimiento científico a través de la teoría, que nos lleva a trazar universos plurales donde se planteen *a priori* problemáticas de valor universal que más tarde deben ser sometidas al método científico. De esta manera, las dos grandes corrientes inferenciales, el inductivismo y el deductivismo, han hecho factible la construcción de marcos teóricos a través de la lógica de su propia estructura como concepción del mundo. Las teorías creadas a partir de estas dos tendencias tienen que ser verificables o falsables a la luz de la epistemología de la época, de manera que deberán ser sometidas a

procesos de autocontrol y autocritica para poder ver si cumplen de forma escrupulosa estas normativas. Todo ello es básico para comprender la ciencia y su contexto. El hombre no es ningún dios cuando sueña ni tampoco un mendigo cuando reflexiona, a despecho de lo que a través de su personaje Hiperión expresara el gran poeta, ensayista, traductor de clásicos griegos y novelista alemán Friedrich Hölderlin.⁷ El hombre es un homínido que va humanizándose —en el sentido más elevado de este término— a través del conocimiento científico.

CONCLUSIÓN

A propósito de la naturaleza y posición de la ciencia, Ruse se pregunta:

[...] ¿debe considerarse la ciencia como algo diferente y especial (algo con estándares independientes que de algún modo garantizan su verdad e importancia, y digna del apoyo social, aunque los científicos individuales sean falibles e indignos de confianza, como mantienen los críticos) o en el fondo no es más que un producto de la misma cultura general, como casi todo lo demás, ni peor ni, con toda seguridad, mejor que quienes la producen, y peligrosa precisamente en la medida en que se piensa que tiene una categoría distinta y especial, una creencia errónea que a menudo procede de las acciones interesadas y poco honestas de los propios científicos?⁸

Frente a tal interrogación, el fragmento final de un lírico relato de anticipación de Bruce Elliot nos viene como anillo al dedo para plantear la cuestión en otros términos:

Súbitamente su voz se quebró. Acleptos retrocedió de la mesa hasta que su espalda tocó la pared. Ttóm abrió la boca, asombrado. Únicamente los robots permanecieron impasibles.

Pues la cosa estaba cambiando. En los lugares donde llegaba la luz caían las escamas.

El doctor ordenó a los robots:

—¡Dejadla libre!

Al hacerlo así la criatura se alzó en todo su esplendor. Una luz dorada iluminaba su dulce rostro. Se acercó hasta la ventana y la sonrisa que esbozaron sus labios era como una despedida. Subió un momento al

alféizar y se detuvo unos segundos antes de extender unas enormes alas blancas.

Luego murmuró:

—*Pax vobiscum*.

Las alas se agitaron y se fue, envuelto en serenidad.

Esa fue la razón de que Acleptos cambiara las palabras de la divisa que campeaba en la entrada del Asilo de Cuervos. Ahora decían: *Un diablo no es más que un ángel enfermo*.

La Máquina se ha detenido, por supuesto. Su razón de ser y su fuerza era la infalibilidad. Y estaba equivocada sobre la tesis relativa a la existencia de Dios con una D mayúscula.⁹

¿Se detendrá la máquina científica, en tanto que garante de la “visión objetiva” del mundo? La prospectiva, como previsión del devenir futuro que es, representa siempre una disciplina con un alto grado de contingencia. Sabemos que en época de cambios —y todas lo son, en alguna medida— tendemos a demonizar lo que nos es extraño, desconocido. En consecuencia, ¿no será tal vez, la “demoníaca” ciencia, simplemente un “ángel enfermo”?

REFERENCIAS

- ¹ Chalmers AF. *La ciencia y cómo se elabora*, Siglo XXI, Madrid (1992) 16.
- ² Kuhn TS. *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, Madrid (1971) 84.
- ³ Racionero L y Medina L. *El nuevo paradigma*, Promociones y Publicaciones Universitarias, Barcelona (1990) 96.
- ⁴ *Ibid.*, 131.
- ⁵ Martínez Miguélez M. *El paradigma emergente. Hacia una nueva teoría de la racionalidad científica*, Trillas, México, DF (1997, 2ª edición).
- ⁶ Caso A. *Obras completas*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF (edición póstuma, 1971 y siguientes). Edición original (*Doctrinas e Ideas*): 1924.
- ⁷ Hölderlin F. *Hiperión o el Eremita en Grecia*. Novela, Hiperión, Madrid (edición póstuma, 1990, 12ª edición). Edición original: 1797-1799.
- ⁸ Ruse M. *El misterio de los misterios. ¿Es la evolución una construcción social?* Tusquets, Barcelona (2001) 22-23.
- ⁹ Elliot B. “El diablo estaba enfermo” en Foster Crossen K y Nuetzel C (recompiladores), *Los mejores relatos de anticipación*, Bruguera, Barcelona (1969) 431-443.

Policarp Hortolà, Eudald Carbonell, Área de Prehistoria, Universidad Rovira i Virgil, Tarragona, España. policarp@prehistoria.urv.cat



© **Patio de talleres de Aguascalientes, 1926.** Fondo *Comisión de Avalúo e Inventarios*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Viaje al INFINITO

Miguel Antonio
Jiménez Pozo

Preste atención. Entre dos números naturales consecutivos arbitrarios n y $n+1$, hay infinitos números racionales positivos (es decir, fraccionarios, de la forma p/q); sin embargo, hay la misma cantidad (o cardinal) de números naturales que de números racionales. Por otra parte, entre dos números racionales distintos y arbitrariamente seleccionados, hay siempre un número irracional (o sea, números como raíz cuadrada de 2 o el famoso π). Igualmente, entre dos números irracionales distintos y arbitrariamente seleccionados, hay siempre un número racional; ¡pero la cantidad de números irracionales es infinitamente superior a la de los números racionales!

Cuando yo era estudiante de la licenciatura en matemáticas empleé mucho tiempo tratando de determinar si en las afirmaciones antes mencionadas había algo chueco y trataba afanosamente de detectar algún error en las demostraciones. Claro que desde varios puntos de vista es cuestionable esa actitud de desconfianza de un alumno hacia sus profesores; pero de todas formas indica cuán profundamente sorprendido debía encontrarme ante tal aparente contradicción lógica.

No es menester demostrar aquí la validez de los resultados enunciados, porque pueden encontrarse en casi cualquier libro elemental de teoría de conjuntos y porque no deseamos llenar la cabeza del lector tan tempranamente con definiciones matemáticas y razonamientos abstractos. Eso sí, indicaremos cualitativamente lo



© Locomotora de vapor en reparación, taller mecánico de Buenavista, 1926. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

que sucede. En matemáticas hay diferentes niveles del infinito. *Grosso modo*, hay conjuntos que tienen infinitamente más elementos que otros. Quiere decir que hay infinitos de diferentes órdenes. Un famoso teorema de Cantor establece que por infinito que sea un conjunto, habrá siempre otro de un infinito superior de elementos. Se infiere que hay una infinidad de órdenes de infinito y que no puede existir el conjunto de todos los conjuntos. ¿Y qué sucede cualitativamente? Es conveniente auxiliarse de la ley filosófica de los saltos cuantitativos en cualitativos. En los conjuntos infinitos hay tantos elementos, que suceden cosas cualitativamente diferentes a los universos finitos a los que estamos acostumbrados, como por ejemplo, que una parte puede ser igual al todo. Claro que eso no nos permite intuir los fenómenos que ocurren, pero al menos nos explica por qué no los entendemos, por qué nos parecen ilógicos. Y eso, por lo menos, nos deja más tranquilos.

Aunque podríamos llenar hojas y hojas de ejemplos diferentes e igualmente sorprendentes relacionados con el infinito matemático, desearíamos concentrarnos en uno de los axiomas más conflictivos de la matemática y su consecuencia en algo aparentemente tan intuitivo como la asignación de longitudes, áreas y volúmenes a las diferentes figuras geométricas. Hablamos del endemoniado axioma de elección o de selección, que aplicado a conjuntos infinitos provoca impredecibles consecuencias como el teorema de Cantor mencionado con antelación.

Seguramente nadie podrá saber con precisión cómo pensaba el hombre primitivo, si es que llegásemos

a determinar cuándo comenzó a pensar. Pero parece muy lógico que tuvo necesidad de desarrollar el lenguaje y el pensamiento simultáneamente y que en ellos iba incluida la concepción de contar, de medir longitudes, áreas y volúmenes, de estimar el peso de los cuerpos y de algo sumamente sutil, que es la idea de orden. Pensándolo bien, algunas de estas manifestaciones están presentes incluso en los animales. Si un pez es grande, el pequeño de alguna manera lo mide, se asusta y huye. Estas ideas de medición, de orden y la de identificar algunas formas geométricas, quizás relacionadas en principio con manifestaciones artísticas como la pintura rupestre, tienen que haber sido el germen de lo que hoy es la matemática. Y sin extendernos por razones obvias, quisiéramos mencionar que el concepto de orden es mucho más complejo de lo que en principio uno pueda imaginarse. En conjuntos infinitos, por ejemplo, tomemos los números naturales con su orden usual, en el cual sabemos la posición de cada elemento. Si ahora castigamos al 1 y lo mandamos al final de la fila, ese elemento no sabría detrás de qué elemento ubicarse. En conjuntos finitos, cantidad y orden parecerían que sí van de la mano y en la práctica, al tomar un turno en una fila, nos entregan un número que no representa una cantidad sino un orden. Pero todo va bien hasta un punto. La etnomatemática, que estudia más o menos las capacidades matemáticas humanas vinculadas a orígenes étnicos, nos ha revelado ciertos problemas un tanto incomprensibles. Por ejemplo, hemos sabido de tribus de indios ya desaparecidas de los Estados Unidos, donde el lenguaje que habían desarrollado no les permitía expresar, digamos, diez días, pues los días tenían una interpretación secuencial, de orden

y no de cantidad. O tribus australianas que no sabían contar más allá del tres o del cuatro; pero a sus hijos, hasta diez, los diferenciaban asignándoles en el nombre el orden de nacimiento.

Dando un salto histórico muy grande, desde los orígenes del hombre llegaremos a las civilizaciones antiguas, en las cuales como una continuación avanzada de las ideas primitivas, nadie ponía en duda la propiedad de las diferentes figuras geométricas de poseer una cierta longitud, área o volumen, según fueran unidimensionales, planas o espaciales. El único problema era calcular estas magnitudes, lo que se realizaba, de ser posible, por el método de comparar cuántas veces cabe una unidad o patrón en la figura considerada. Por respeto y admiración no puedo obviar mencionar a Arquímedes como personaje emblemático de este período, quien hace tres mil años era capaz de calcular, por ejemplo, el área bajo una parábola. Sencillamente no pudo inventar en aquella época el cálculo integral por la misma razón de que no se podía inventar la televisión actual sin haberse descubierto antes la luz eléctrica.

En este período histórico nos encontramos con lo que quizás fuese la primera gran sorpresa relacionada con la infinitud de los números. El teorema de Pitágoras establece que si tenemos un triángulo rectángulo cuyos catetos tienen longitud 1, entonces la hipotenusa tiene longitud raíz cuadrada de 2. Por otra parte, los antiguos griegos eran demasiado listos para ignorar que no existe un número racional cuyo cuadrado sea 2. Así

las cosas, hay anécdotas que cuentan que Pitágoras anduvo como loco mucho tiempo pues no podía descubrir el origen de la contradicción entre ambos resultados. Cuentan también que después de mucho tiempo, los griegos llegaron a la conclusión de que en realidad no había contradicción sino que habían descubierto la existencia de segmentos que no podían medirse y a los que llamaron inconmesurables, es decir, con una longitud irracional y lo celebraron con un gran festín para el cual sacrificaron muchos bueyes.

Demos otro salto histórico y ubiquémonos en la primera mitad del pasado siglo XX. No sólo disponíamos ya de una clara tendencia a la unificación de las diferentes disciplinas matemáticas, comenzadas desde la identificación del álgebra y la geometría por los trabajos pioneros de Descartes; contábamos con el cálculo diferencial e integral de Newton y Leibnitz; las geometrías no euclidianas de Lobachevski y otros destacados matemáticos; la teoría de conjuntos de Cantor y muchas otras cosas más; entre ellas, la teoría de la medida e integración de Borel, Lebesgue y otros, vinculada directamente con estos problemas de asignación de longitudes, áreas y volúmenes. También sabíamos que antes de buscar una solución a un problema matemático cualquiera, es más conveniente probar antes que tal solución existe y en caso positivo, cuántas son las soluciones posibles. El problema que tratamos tenía también su enfoque en este contexto.

PROBLEMA DÉBIL DE LA MEDIDA

Determinar si existe una función m con valores reales positivos incluyendo el valor infinito y definida sobre el conjunto de todos los subconjuntos reales (respectivamente del plano, respectivamente del espacio tridimensional) y que cumpla con las tres propiedades siguientes:

1. $m(I) = 1$, donde I es el intervalo $[0, 1]$ en el caso real (respectivamente el cuadrado $[0, 1] \times [0, 1]$ en el caso del plano y $[0, 1] \times [0, 1] \times [0, 1]$ en el caso espacial).
2. $m(A \cup B) = m(A) + m(B)$, si A y B son dos conjuntos disjuntos, es decir, sin puntos comunes.
3. $m(A) = m(B)$, si A y B son dos conjuntos congruentes.



© Trabajadores de los talleres de Nonoalco, 1947. Fondo Donaciones. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.



© Cilindros de apoyo para la trabe del puente en el río Tuxtla, 1930. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Estas tres condiciones son las mínimas que uno esperaría que satisficieran la longitud, el área y el volumen. La primera, asigna el valor 1 a las unidades o patrones de medida. La segunda, que si medimos, por ejemplo, áreas separadamente, el área total será la suma de las áreas. La tercera, que esta longitud, área o volumen, no dependerá de la posición del cuerpo cuando lo midamos. Hay otras cosas que interesan para tener un modelo matemático de la medición. Por ejemplo, si A es más pequeño que B , lo que matemáticamente se expresa como que A es una parte de B , deberá ocurrir que $m(A)$ sea más pequeño que $m(B)$. Lo que sucede, es que con las tres condiciones arriba mencionadas y con un poco de habilidad en el manejo de las leyes matemáticas, todas esas cosas se deducirán de las tres arriba mencionadas y por tanto no se expresan en el modelo para evitar redundancias.

Este problema enunciado es un problema típico de existencia. De existir tal m para el caso real, la llamaríamos longitud. En el caso del plano, la llamaríamos área. Y en el caso espacial, la llamaríamos volumen. Después habría que preguntarse si la solución es única. Es decir, si hay una sola forma de definir la longitud, el área y el volumen.

Resulta que una solución al problema débil no nos ayudaría mucho desde el punto de vista práctico, pues para calcular, por ejemplo, el área de un disco por el procedimiento de estimar cuántas veces contiene al cuadrado unidad, tendríamos necesidad de pasar a procesos

de límite que no están legalizados en el problema. Esto motiva el llamado problema fuerte de la medida, consistente en un problema similar al débil, pero donde la segunda condición se cambia, como sigue, para incluir la posibilidad de usar límites.

La medida m de la unión de conjuntos $A_n, n = 1, 2, 3, \dots$, dos a dos disjuntos, tiene que ser igual a la suma de la serie infinita cuyos términos son las medidas $m(A_n)$ de estos conjuntos.

Dispongámonos a horrorizarnos con las respuestas:

El problema fuerte no tiene solución en ninguna dimensión. El problema débil no tiene solución en tres dimensiones. Sí tiene en una y dos dimensiones, pero estas soluciones no son únicas.

¿Cómo es que no podemos asignar volumen a todos los cuerpos? “No puede ser” —se dijeron muchos matemáticos. Aceptemos la no solución del problema fuerte por estar contaminado con los límites involucrados en las series. Pero, ¿y el problema débil? ¿Dónde está el fallo? ¡Ah! Resulta que a partir del axioma de selección, con las propiedades que se piden en el problema, se puede demostrar la existencia de una forma de cortar ciertos conjuntos tridimensionales, por ejemplo, una pelota, en varios pedazos y reconstruirlos a manera de tener dos conjuntos iguales al primero. Es como una justificación matemática de la multiplicación de los peces

y los panes. El resultado es consecuencia de los trabajos de varios matemáticos entre 1914 y 1924, cuyos nombres se unen para denominar lo que hoy conocemos como paradoja de Hausdorff-Banach-Tarski. El axioma de selección asegura que existe esa posibilidad, cómo cortarlo es otro problema al que no da respuesta. Muchos matemáticos de la época coincidieron en que esto es una locura y que si el axioma de selección es el causante, pues había que eliminarlo de la matemática, aunque con ello eliminásemos una parte sustancial de toda la matemática escrita. Eso produjo una cierta división en el pensamiento matemático de la época. Había quienes lo aceptaban y quienes no, aunque hoy en día esto no es un problema grave según explicaremos un poco más adelante. Sólo que cuando algo se puede demostrar sin el axioma de selección se le otorga más valor.

¿Y por qué existe solución en una y dos dimensiones y no en tres? El problema está en la condición tercera relativa a que conjuntos congruentes deben tener la misma medida. Es un poco técnico: al aumentar la dimensión, van apareciendo nuevas formas de definir isometrías, lo que se traduce en el origen de más conjuntos congruentes. Luego esta condición se hace cada vez más difícil de sostener y resulta que el punto de ruptura se encuentra precisamente entre dos y tres dimensiones.

¿Y qué dice ese famoso axioma? Pues en principio parece inofensivo y sumamente lógico. En una primera aproximación establece que si X es un conjunto no vacío, existe una función que asigna a cada subconjunto no vacío A de X , un elemento x de X que se encuentra en el propio A . En su forma más general y rigurosa, el enunciado es algo sofisticado para quien no esté acostumbrado al lenguaje matemático.

Axioma de selección: Sean Y y Z dos conjuntos y R una relación no necesariamente funcional entre todo Y y una parte no vacía de Z . Entonces, existe una función f de Y en Z , tal que todo y de Y , está relacionado con $f(y)$ según R .

Abandonemos el deseo de querer explicar detalladamente el significado del axioma, lo que pudiera resultar engorroso y nos llevaría tiempo. Sin embargo, pasemos a justificar lo que hemos adelantado respecto a que hoy en día tenemos claro qué sucede.

En efecto, Kurt Gödel, un famoso especialista en lógica matemática de la primera mitad del siglo XX, demostró en 1938 que si el sistema de axiomas que sustenta la teoría de conjuntos no es contradictorio, entonces tampoco resultaría contradictorio este sistema junto con la aceptación del axioma de selección. Hacia 1963, otro destacado matemático, Paul Cohen, demostró que si el sistema de axiomas que sustenta la teoría de conjuntos no es contradictorio, entonces tampoco resultaría contradictorio este sistema junto con la no aceptación del axioma de selección. De ambos resultados deducimos que tenemos libertad para adoptar la posición que deseemos. Sólo que tendremos dos teorías igualmente válidas, pero diferentes. La tendencia abrumadoramente mayoritaria hoy en día es aceptar que hay conjuntos llamados no medibles, o sea, que no les podemos asignar un volumen. Son tan raros en la práctica, que para justificar la existencia debemos acudir al axioma de selección y a los infinitos matemáticos. Pero no pasa nada. Con los conjuntos medibles que nos quedan nos sobra para trabajar y resolver problemas no sólo de la matemática, sino de la física, de la ingeniería, de la economía, de la medicina...

En la actualidad, nuevos problemas sumamente complejos y atrayentes retan a los matemáticos contemporáneos mientras una descomunal cantidad de más de dos millones de páginas en revistas de matemática se publican anualmente en el mundo, con resultados que con frecuencia incrementan a su vez los problemas pendientes de solución. Así es el arte y la ciencia de la matemática: aunque en constante cambio y desarrollo, el objetivo permanente es siempre aquel de asumir algunas cosas que llamamos axiomas e hipótesis y bajo leyes más o menos establecidas por la lógica, inferir otras que denominamos tesis. Eso es simplemente lo que se hizo al estudiar los conjuntos infinitos. Del trabajo matemático, lo que sirve perdura y lo que no es útil se desecha o con suerte pasa a la historia. La gracia está en que eso que hagamos sea útil de alguna manera, que sirva de algo. Como decía mi padre: "cualquiera pinta una paloma, el problema está en pintarle el pico ¡y que coma!".

Miguel Antonio Jiménez Pozo, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, BUAP. mjimenez@fcfm.buap.mx



© Maquinista, ca. 1980. Fondo Ferronales. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Acerca de la importancia histórica de G Ö D E L

Luis
**Estrada
González**

Al Seminario de Lógica y Filosofía del Lenguaje
de la Facultad de Filosofía y Letras -BUAP

La historia de la lógica tiene como sus grandes pilares a Aristóteles, a Gottlob Frege y a Kurt Gödel. Aristóteles es importante para la lógica por haber sido el primero en haberla estudiado independientemente de otras disciplinas, llevándola a una sistematicidad tal que dejó vigente su obra por varios siglos; Frege inició la lógica contemporánea, dando muchos pasos más allá de Aristóteles; Gödel será recordado sobre todo por haber demostrado cuáles son los alcances de la lógica, que no son pocos.

Así como la física celebró en 2005 su año internacional conmemorando los cien años de la publicación de los trabajos fundamentales de Einstein acerca de la teoría de la relatividad, quizá en 2031 se celebre el Año Internacional de la Lógica al cumplirse un siglo de la publicación del que probablemente sea el artículo más importante en la historia de la lógica, el "*Über Unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I*" de Kurt Gödel. Pero en lo que llega tal fecha, el 28 de abril de este 2006 se cumplió el centenario del natalicio de Gödel, lo cual es un excelente pretexto para decir algunas palabras acerca de la obra de este lógico, matemático y filósofo norteamericano de origen austriaco.

LA LÓGICA Y LA FUNDAMENTACIÓN DE LA MATEMÁTICA

La lógica había llegado a un desarrollo impresionante después de las obras de Frege, Russell y Whitehead, a los cuales se habían

añadido los trabajos de Herbrand, Skolem y Löwenheim. Sin embargo, había cuestiones acerca de los sistemas lógicos que aún no habían sido planteadas: ¿los sistemas lógicos son completos, es decir, bastan los axiomas del sistema para derivar cualquier fórmula verdadera? ¿Son consistentes?, es decir, ¿de sus axiomas no pueden obtenerse fórmulas contradictorias? Hilbert y Ackermann plantean estas preguntas, sin resolverlas, en sus *Grundzüge der theoretischen Logik* de 1928. Gödel examinó estas cuestiones y en 1930 demostró que el cálculo proposicional clásico es a la vez completo y consistente, esto es, que en la lógica proposicional toda fórmula verdadera es teorema y todo teorema es verdadero bajo cualquier interpretación. En ese mismo año dedica algunos trabajos al *Entscheidungsproblem*, es decir, al problema de cómo saber si las fórmulas del cálculo cuantificacional son satisfacibles o no, o lo que es lo mismo, si el cálculo cuantificacional es completo. A grandes rasgos, se dice que una fórmula es satisfacible si y sólo si la fórmula tiene al menos una interpretación verdadera. Gödel demostró que ciertas clases de fórmulas sí son satisfacibles, aunque Church en 1936 evidenció que en general no hay un método de decisión. En 1931 Gödel probó que el cálculo cuantificacional de orden superior, el sistema en el cual se representa la aritmética, no puede ser a la vez consistente y completo. Lo que hace Gödel es representar en el lenguaje de la aritmética elemental una fórmula que dice “soy indemostrable”. Esto implica un problema mayúsculo, pues si la fórmula es demostrable, entonces es falsa; pero en consecuencia el sistema estaría demostrando cosas falsas: sería inconsistente. Si es, como dice, indemostrable, entonces es verdadera y no podría ser demostrada en el sistema: el sistema sería incompleto. Por ello, la aritmética o es consistente, o es completa, mas no ambas cosas a la vez. Puesto que un sistema inconsistente (trivial) es inservible, la única opción viable es que sea incompleta.

Gödel comprobó también que ningún sistema que sirva para representar a la aritmética puede demostrar su propia consistencia. Esto no es tan devastador pues, como dice Smullyan haciendo mofa de los catastrofistas, confiar en la consistencia de un sistema porque él mismo afirma su consistencia es tan ingenuo como

confiar en la veracidad de una persona sólo porque ella misma dice que nunca miente. Como es sabido, si el sistema es contradictorio puede afirmar cualquier cosa (es trivial), así que también puede afirmar su propia consistencia. Ni Hilbert ni otros matemáticos habían esperado que un sistema pudiera demostrar su propia consistencia, aunque los teoremas de Gödel sirvieron para poner más restricciones de las que originalmente se habían planteado. Después de eso se han intentado pruebas de consistencia, siendo la de Gentzen en 1936 la más famosa, aunque los matemáticos nunca han estado del todo satisfechos con ella.

GÖDEL Y LA TEORÍA DE CONJUNTOS

Precisamente Gödel es asociado con los teoremas limitativos de la lógica clásica, aquellos que dicen que cualquier sistema lo suficientemente fuerte como para simbolizar a la aritmética ha de ser o completo, o consistente, pero no ambos, y que ningún sistema con las características señaladas puede demostrar su propia consistencia. Sin embargo, si se atiende al número de trabajos y de páginas, el gran problema de Gödel no era la incompleción de la aritmética ni la decidibilidad de la lógica, sino el problema del continuo de Cantor, al que le dedicó la tercera parte de su obra, tres artículos entre 1938 y 1940, y otro en 1947: “La consistencia del axioma de elección y la hipótesis generalizada del continuo”, 1938; “Prueba de consistencia para la hipótesis generalizada del continuo”, 1939; “La consistencia del axioma de elección y de la hipótesis generalizada del continuo con los axiomas de la teoría de conjuntos”, 1940; y “¿Qué es el problema del continuo de Cantor?”, de 1947. En el artículo de 1940, Gödel demostró que la hipótesis del continuo y el axioma de elección son consistentes con la teoría de conjuntos si el resto de los axiomas son compatibles entre sí. Es decir, la hipótesis del continuo no contradice ningún axioma ni teorema de la teoría de conjuntos, mas tampoco se sigue de ellos.

Cuando Joseph Cohen demostró en 1963 la indecidibilidad de la hipótesis del continuo reconoció que su demostración era posible porque en realidad “Gödel ya había hecho la mayor parte del trabajo”. En efecto, dado que Gödel demostró que la hipótesis del continuo es compatible con la teoría de conjuntos pero no se sigue de ella, sólo restaba probar que la negación de la hipó-



© Andenes, ca. 1980. Fondo Ferronales. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

tesis del continuo también es compatible con la teoría de conjuntos y que tampoco puede derivarse de ella.

EL TRABAJO DE GÖDEL EN LA LÓGICA INTUICIONISTA

Otro de los intereses de Gödel estaba en la lógica intuicionista. La lógica intuicionista es una lógica divergente de la lógica clásica en un aspecto específico, a saber, la demostración matemática. Mientras que en lógica clásica es posible pasar de una doble negación a una afirmación, esto no es posible en la lógica intuicionista, pues parece que no es una demostración genuina decir “si supongo la inexistencia de x entonces llego a una contradicción, por tanto, x existe (o tiene tal propiedad)”. Gödel dedica a la lógica intuicionista cuatro trabajos, tres en 1932 y uno más en 1958. El primero, titulado “Sobre el cálculo conectivo intuicionista” trata del asunto de las tablas de verdad para la lógica (proposicional) intuicionista. El resultado al que llega es que no es posible construir una matriz finita de valores de verdad tal que hiciera de la lógica intuicionista una lógica polivalente completa, es decir, que de haber una matriz multivaluada sería infinita. Como es sabido, hay sistemas de lógica en los que al parecer hay otros valores de verdad además de “verdadero” y “falso”; lo que Gödel probó es que en la lógica intuicionista habría infinitos valores de verdad y la asignación de estos valores a las fórmulas no podría hacerse como puede hacerse en las que tienen dos, tres o cualquier número finito de valores. En el segundo, “Una interpretación del cálculo conectivo intuicionista”, Gödel demuestra que la lógica intuicionista puede convertirse, mediante

ciertas definiciones, en el sistema de lógica modal $S4$. Los sistemas de lógica modal son extensiones de la lógica proposicional y cuantificacional en los que se trabaja con operadores de posibilidad y de necesidad. Hay muchos de esos sistemas; algunos de los más conocidos son T , $S4$ y $S5$ (“ S ” sólo quiere decir “sistema”) y entre ellos hay un orden de potencia demostrativa: $S5$ es el más poderoso deductivamente, ya que puede probar teoremas que no pueden probarse en los demás. Gödel produjo una traducción de la lógica intuicionista siguiendo un sencillo razonamiento: en el caso de la aritmética (hay que recordar que la lógica intuicionista quiere representar de manera fiel el razonamiento matemático) las fórmulas verdaderas son necesariamente verdaderas y las falsas son imposibles. Gödel demostró que el sistema modal $S4$ representa los rasgos modales de necesidad y de imposibilidad que parece haber entre las fórmulas aritméticas tal y como las entiende la lógica intuicionista.

“Sobre la teoría de números y la aritmética intuicionista”, el tercer trabajo de Gödel dedicado al intuicionismo, es quizá el más importante de todos. En él Gödel demuestra dos cosas realmente importantes. La primera es que la lógica intuicionista es un subsistema de la lógica clásica cuando se consideran todas las conectivas y que la lógica clásica es un subsistema de la lógica intuicionista cuando todos los teoremas de la lógica clásica se escriben únicamente en términos de negaciones y conjunciones. La otra demostración dice que la totalidad de la aritmética formal clásica puede

incluirse en la aritmética intuicionista o, dicho de otra manera, todas las afirmaciones de la aritmética clásica son también afirmaciones de la aritmética intuicionista. Para ello traduce convenientemente todos los símbolos de la aritmética clásica (en la formulación de Herbrand) a los de la aritmética intuicionista (en la formulación de Heyting) y demuestra que ambas aritméticas son equivalentes. De esta demostración pueden extraerse un par de conclusiones notables. Primero, la demostración de que todo teorema (traducido) de la aritmética clásica es también un teorema de la aritmética intuicionista proporciona de pasada una prueba relativa de consistencia de la aritmética clásica respecto de la aritmética intuicionista. Cualquier contradicción de la aritmética clásica sería trasladable a la intuicionista, es decir, si la aritmética clásica fuera contradictoria también lo sería la intuicionista, por lo que si la aritmética intuicionista es consistente, *ipso facto* la aritmética clásica también lo es. Segundo, de acuerdo con esto la lógica intuicionista sólo daría lugar a restricciones genuinas en el análisis numérico y en la teoría de conjuntos, mas no en la aritmética.

En el cuarto trabajo, “Acerca de una ampliación todavía no utilizada desde el punto de vista finitista”, da otra interpretación efectiva de la lógica intuicionista, esta vez en términos de funciones recursivas. En ese trabajo Gödel analiza las relaciones entre el método finitista, que básicamente es el método que dice que las demostraciones deben consistir en un número finito de pasos, esto es, no deben admitirse pruebas que consten de infinitos o que no puedan reproducirse en un número finito de pasos, y la lógica intuicionista y, más exactamente, la aritmética intuicionista. La idea de Gödel es que puede avanzarse mucho más en las pruebas de consistencia trabajando directamente la aritmética en el sentido intuicionista (aunque las aritméticas clásica e intuicionista sean equivalentes, como Gödel mismo probó, la intuicionista tendría la ventaja de trabajar con una noción de “prueba” más adecuada.)

LA FILOSOFÍA GÖDELIANA

Gödel tardó mucho tiempo en manifestar sus particulares opiniones filosóficas. Particulares porque muchas



© Vendedoras en el andén, ca. 1970. Fondo Ferronales. CONACULTA/CNPPCF/MNFM

parecen más argumentos cartesianos que las ideas de un matemático del siglo XX; sin duda su gran interlocutor podría haber sido Leibniz. Sus contribuciones más importantes a la filosofía son su defensa del realismo platónico y sus argumentos en favor del dualismo en el problema mente-cuerpo. Comenzaré por esto último.

Puesto que todavía busca hacerse una distinción entre las máquinas y los humanos y dado que las actividades “rigurosas” que distinguían a los inteligentes (jugar ajedrez, realizar operaciones matemáticas e inferencias lógicas a gran velocidad) también son hechas y de mejor manera por los ordenadores, resultaría que las máquinas son más inteligentes que los humanos. Pero, arguyen algunos, lo que no pueden hacer los ordenadores son las actividades cotidianas: caminar, conversar, portarse bien en las fiestas, reconocer a sus familiares... Entonces parece que el rasgo distintivo de la inteligencia es el sentido común.

Sin embargo, hay otra vertiente de la discusión, precisamente la de algunos matemáticos quienes dicen que una máquina nunca podrá igualar a un humano en conocimiento matemático y que es precisamente ese aspecto en el cual puede insistirse para hacer una distinción entre humanos y máquinas. Muchos autores, entre ellos Descartes, Gödel, Lucas y más recientemente Penrose han utilizado argumentos similares para demostrar el carácter no espacio-temporal de la mente. Lo que tienen en común todos estos argumentos es la siguiente estructura:

1. Si nuestra mente fuera (o pudiera ser reproducida por) un dispositivo espacio-temporal y, en este sentido, asimilarse a una máquina finita de Turing, sólo podríamos reconocer como verdaderos aquellos teoremas producidos directamente por tal máquina;

2. podemos reconocer algunas verdades que no podría producir una máquina de Turing finita,

3. por tanto, nuestra mente no es y no puede reducirse a un dispositivo espacio-temporal.

Ello permitiría distinguir entre la “efectividad” (la rapidez para calcular) y el “conocimiento matemático” (la capacidad de generar conocimiento, en algunos casos no formalizable). No discutiré aquí si el argumento es válido o tan concluyente como suele pensarse.

El platonismo en general afirma que (a) existen los objetos matemáticos, no son espacio-temporales y existen independientemente de nosotros, y (b) nuestras teorías describen tales objetos. Pero si los seres humanos existen enteramente en forma espacio-temporal, entonces no podrían tener conocimientos matemáticos porque no podrían tener contacto con los objetos abstractos no espacio-temporales. La defensa del realismo platónico por parte de Gödel depende del argumento en favor del dualismo, pues como se vio líneas más arriba, él defiende la idea del dualismo precisamente a partir de que podemos reconocer verdades matemáticas que ningún sistema físico podría conocer.

LA APORTACIÓN DE GÖDEL A LA FÍSICA TEÓRICA

En 1949 se publicó el libro *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* dentro de la serie *The Library of Living Philosophers*. Gödel participó con un ensayo titulado “Algunas observaciones acerca de la relación entre la teoría de la relatividad y la filosofía idealista”. En él Gödel hace una evaluación de la filosofía kantiana contraponiéndola a la física relativista. Pero, además de eso, Gödel desarrolla de manera informal en ese artículo una sugerencia para solucionar las ecuaciones de campo de Einstein. El sustento matemático de dicha idea lo publicaría meses después en el trabajo “Un ejemplo de un nuevo tipo de soluciones cosmológicas a las ecuaciones de campo de gravitación de Einstein”.

Lo valioso de este trabajo de Gödel no reside en sus aplicaciones prácticas, porque para que pudiera tenerlas habría que mover cuerpos a velocidades cercanas a la de la luz utilizando cantidades ingentes de masa convertida en energía para impulsarlos, sino en el propio andamiaje matemático y en las consecuencias que pueden extraerse de él, sobre todo la discusión teórica tanto física como filosófica de la abolición de la distinción “antes-

después” y con ello la posibilidad de interactuar con el pasado. En 1950 escribe “Acerca de los universos rotatorios en la teoría de la relatividad general”, otro trabajo en el que aborda nuevamente la teoría de la relatividad, desarrollando y puntualizando algunas opiniones desarrolladas en los dos escritos anteriores, enfatizando en las posibilidades de discusión entre la física y la filosofía.

NOTAS FINALES

La importancia histórica de Gödel radica en la variedad de sus intereses, en la profundidad de su trabajo y de sus resultados. La importancia histórica de los trabajos de Gödel puede entenderse si se compara el volumen de su obra entera (no más de mil páginas) con la cantidad de páginas que se han escrito acerca de ella. Pero sobre todo, la gente importante puede medirse por la motivación que deja en las nuevas generaciones. Ante la “negatividad” de la mayoría de sus trabajos más reconocidos podría pensarse que no hay mucha motivación, pues Gödel habría cerrado todos los caminos. Pero ha sucedido precisamente lo contrario, ya que las nuevas generaciones de lógicos, matemáticos y filósofos han tratado o de extender los teoremas de Gödel o de sacarles la vuelta de alguna manera. El mayor legado que pudo haber dejado es una marca de genialidad que debe ser el estándar para las nuevas generaciones, una genialidad que debe ser emulada y, por qué no, superada, para que las ciencias deductivas se enriquezcan con más grandes pilares al lado de Aristóteles, Frege y Gödel.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Gödel K. *Collected Works*. Oxford University Press, New York, (1990-1995) tres volúmenes.

Cardona Suárez CA. Algunas implicaciones filosóficas del trabajo de Kurt Gödel, *Diánoia* (2004) 23-50.

Téllez Nieto O. Matemáticas, relatividad y filosofía kantiana. *Ciencias*, Revista de difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM, octubre-diciembre (2005) 54-59.

Luis Estrada González, Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM.
lestrada@minerva.filosoficas.unam.mx



© Autovía en uno de los muelles del río Pánuco, 1929. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

AUGUSTO COMTE

la sociología

Fundador de

Christian **Velázquez**

Una de las figuras ejemplares en el desarrollo del pensamiento humano es, sin duda, la de Augusto Comte, quien fuera el creador del positivismo y de la sociología, aportaciones que influyeron poderosamente en la organización y en el rumbo del mundo. La vida de este pensador se encuentra íntimamente ligada a su obra; acorde con su vocación innata, él logró consagrarse exclusivamente al estudio y a la investigación, y en su desempeño se apegó fielmente a los lineamientos éticos y filosóficos que expuso en sus propios libros, a pesar de que la suerte le deparó un sino atormentado, lleno de sinsabores. Augusto Comte, el asceta parisino, en la segunda mitad del siglo XIX iluminó con sus planteamientos intelectuales a la humanidad que a partir de la Revolución Francesa vivía en una profunda crisis espiritual.

Comte nació en Montpellier, Francia, en el año de 1798; sus padres pertenecían a la clase media, en aquel entonces católica, conservadora y monárquica. Ingresó a la escuela a la edad de nueve años y dio muestras en corto tiempo de poseer una capacidad intelectual privilegiada y un carácter independiente. Se dice que Augusto poseía una memoria fantástica, pues podía recitar largos poemas y páginas enteras luego de oír su lectura una sola vez. De manera autodidacta aprendió español, italiano, alemán e inglés; además obtuvo premios en todos los años de su formación académica y demostró especial aptitud para las matemáticas, a las que dedicó gran parte de su vida. Esta ciencia



© Grúa de vapor en maniobras de rescate, 1928. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

influyó profundamente en sus especulaciones filosóficas y sociales, ya que infundió en él, según Recaséns Siches, ese “espíritu de ingeniero” en el que se cimienta su pensamiento positivista. En 1814 Comte se trasladó a París e ingresó a la Escuela Politécnica para estudiar matemáticas y física, pero así mismo, se dedicó por cuenta propia a la lectura de obras políticas. La apariencia sería de Augusto, su dedicación al estudio, su carácter un tanto introspectivo y su excesiva afición por los libros, le valieron de sus compañeros el sobrenombre de *El filósofo*, el cual, sin saberlo, fue una anticipación de su destino.

Gracias al éxito escolar del que Comte gozaba podría haber aspirado a una brillante carrera, sin embargo su espíritu inquieto y sus inclinaciones políticas se interpusieron, ya que se mostró apasionadamente republicano nada menos que en la época en que Napoleón Bonaparte era el dictador de Europa. Augusto acaudilló a un grupo de estudiantes que le solicitó a un profesor, particularmente odioso para los alumnos, que no volviese a poner un pie en la clase. Este acto de rebeldía provocó que la Escuela Politécnica fuese clausurada

por las autoridades y Comte fue enviado de vuelta a casa, con su familia, y sometido a la vigilancia policiaca. A pesar de todo y contrariando la voluntad de sus padres, Augusto volvió a París en 1816 y comenzó a ganarse la vida modestamente impartiendo clases particulares de matemáticas. Cuando la Escuela Politécnica reabrió sus puertas de nuevo, obtuvo en ella una cátedra de esa misma disciplina, la cual impartió durante muchos años.

En opinión de Marvin¹ pueden señalarse tres acontecimientos decisivos en la vida de Augusto Comte: el primero lo constituyó su amistad con el Conde Enrique de Saint-Simon, de quien fungió como secretario durante seis años, de 1818 a 1824; el segundo, su matrimonio con Carolina Bassin, en 1825, y el tercero, su separación definitiva de la Escuela Politécnica.

Saint-Simon era cuarenta años mayor que Comte y ejerció sobre el joven secretario una influencia decisiva, no sólo por el renombre de que gozaba como escritor y político, sino debido a sus brillantes cualidades intelectuales. Era tan marcada la influencia que los primeros ensayos de Comte parecieron simples transcripciones de las ideas de Saint-Simon, de modo que Augusto se vio en la necesidad de alejarse de su mentor para alcanzar un estilo propio.



© Grúa de vapor para el servicio en el patio de los talleres de Aguascalientes, 1926. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Carolina Bassin, la esposa de Comte, no parece que haya tenido relevancia en los trabajos científicos de Augusto, pues aparte de que no tenía aficiones intelectuales, cuando se casó con ella, según dice Marvin, Comte había ya trazado las líneas fundamentales de su filosofía. No obstante, a ella debió largos años de sufrimiento debido a que nunca llegaron a congeniar, antes bien sus relaciones maritales parecen haber sido en extremo discordantes. Tan es así que se atribuye al fracaso matrimonial de la pareja y a la polémica sostenida con algún opositor respecto a la originalidad de sus teorías, el que Comte haya sufrido un grave “ofuscamiento mental”, hecho por el cual se recluyó en un manicomio.

La pérdida del puesto de profesor en la Escuela Politécnica marca el inicio de una tercera etapa en la vida de Comte. Los geómetras de ese plantel educativo se aliaron en contra de él para vengarse de las fuertes protestas que Augusto escribió en el prólogo del tomo IV de su *Filosofía positiva*, en las que manifestaba su franca oposición a las formas de designación del profesorado. Comte habría quedado en la miseria de no ser por la ayuda económica que de inmediato le ofrecieron sus amigos y admiradores de Inglaterra, gracias a las gestiones de Stuart Mill. Posteriormente Littré, en Francia,

consiguió colectas que le permitieron a Augusto vivir entregado exclusivamente a su labor creadora.

Cabe agregar, desde nuestro punto de vista, un cuarto acontecimiento relevante en la vida de Comte: su encuentro a fines de 1844 con Clotilde de Vaux de quien, se dice, se enamoró en un tono sublime.

Augusto Comte se inserta en el mundo intelectual en una época en que las preocupaciones y los estudios sobre la sociedad y los fenómenos sociales habían alcanzado cierta madurez. Gracias a sus grandes cualidades analíticas y de síntesis, Augusto crea su propio sistema de filosofía y política positivista aprovechando todo lo hasta entonces propuesto por otros autores. Según Comte, la anarquía reinante en Europa después de la gran crisis provocada por la Revolución Francesa se debía a que los pueblos carecían de un sistema universal de principios que estableciera entre las personas la armonía necesaria para cimentar un orden social común dentro del cual los individuos pudieran desarrollar pacíficamente sus actividades. Es por eso que Comte se impuso la misión de buscar un remedio “a tal estado anímico, verdadera enfermedad de la sociedad”, y



© **Descarrilamiento, 1928.** Fondo *Comisión de Avalúo e Inventarios*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.
Descarrilamiento, ca. 1940. Fondo *Donaciones*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.
Descarrilamiento, 1928. Fondo *Comisión de Avalúo e Inventarios*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

que creyó haberlo encontrado en una nueva filosofía, cuyos planteamientos iniciales dio a conocer a través de varios ensayos publicados de 1816 a 1825, hasta que estructuró una serie de ideas que ofreció claramente sistematizadas en su célebre curso impartido en París, al que concurrieron eminentes personalidades intelectuales y que publicó de 1830 a 1842, en los seis volúmenes de su *Curso de filosofía positiva*.

El objetivo de la nueva filosofía, era:

- a) Proporcionar a las mentalidades individuales un sistema de creencias para unificar el espíritu colectivo.
- b) Establecer un conjunto de reglas coordinadas sobre las creencias comunes del sistema aludido.
- c) Determinar una organización política que sería aceptada por todos los hombres, en virtud de que respondería a sus aspiraciones intelectuales y a sus tendencias morales.

Es claro que un sistema de creencias sólo puede ser aceptado por todos si éste se encuentra sustentado sobre conocimientos incontrovertibles, y de ahí que la filosofía positiva trate de ser, ante todo, “una teoría del saber que se niega a admitir otra realidad que no sean los hechos y a investigar otra cosa que no sean las relaciones entre los hechos”. Para la filosofía positiva, el conocimiento de las “cosas en sí” es imposible. Debe consagrarse exclusivamente a la investigación de la realidad, rechazando todo saber apriorístico y toda especulación metafísica.

Así considerado, el positivismo es, en cierto sentido, “una negación de la filosofía”. Sin embargo, esto depende del concepto que se tenga de la filosofía. Dice Augusto Comte:

[...] como la empleaban los antiguos, y especialmente Aristóteles, en su significación de sistema general de concepciones humanas, al añadirle la palabra positiva, indico que considero esta manera especial de filosofar consistente en contemplar las teorías, en cualquier orden de ideas, como dirigidas a la coordinación de los hechos observados.²

Y añade:

Considerada en primer lugar en su acepción más antigua y común, la palabra positivo designa lo real, por oposición a lo quimérico. [En una segunda instancia,



© Grúa de vapor en maniobras de rescate, 1928. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

lo positivo representa] el contraste entre lo útil y lo inútil. Recuerdo, así, en filosofía, el debido destino de todas nuestras justas especulaciones en pro de la mejora continua de nuestra condición individual y colectiva, en lugar de la vana satisfacción de una curiosidad estéril. La tercera significación señala la oposición entre la certeza y la indecisión: indica casi la aptitud característica de tal filosofía para construir espontáneamente la armonía lógica en el individuo y la comunión espiritual entre toda la especie, en vez de aquellas dudas indefinidas y aquellas discusiones interminables que necesariamente suscitaba el antiguo régimen mental. Una cuarta acepción ordinaria, frecuente, confundida con la anterior, consiste en oponer lo preciso a lo vago.

Finalmente considera la palabra positivo “como lo contrario a lo negativo”, y de ahí concluye que la filosofía positiva está destinada no a destruir, sino a organizar. “Saber para prever, prever para obrar”, constituye el lema fundamental del positivismo. Es, pues, una filosofía eminentemente pragmática que establece una

posición ante la existencia y el universo, basada en la contemplación de una y otro sólo a través de las realidades comprobadas científicamente y con el fin de ordenar esas realidades en beneficio del ser humano.

NOTAS

¹ Marvin F.S. *Comte*, FCE, México, 1965.

² Comte A. *Cours de Philosophie Positive*, Shleicher Frères Editeurs, Paris, 1981.

BIBLIOGRAFÍA

- Ferrater y Mora. *Diccionario de filosofía*, Ed. Atlante, México, 1944.
 Medina Echavarría J. *Sociología contemporánea*. Ed. La Casa de España en México, 1948.
 Pane I. *Apuntes de sociología*. Ed. América. Madrid, 1948.
 Barnes y Becker. *Historia del pensamiento social*. FCE. México, 1978.

alfal_fa@hotmail.com



© Locomotora de vapor 1150 de Ferrocarriles Nacionales de México, s/f. Fondo *Donaciones*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

De locomotoras

DE VAPOR

Alfredo
Nieves Medina

Cuando evocamos una locomotora de vapor es inevitable que nuestra mente nos remita a la imagen de una máquina de color oscuro.¹ Pero cuántos de nosotros, de los que no estamos tan cerca de los ferrocarriles y de su gente, sabemos qué es una locomotora de vapor, cómo funciona, cuáles son sus partes y sus mecanismos de operación.

El tema, sin duda, es difícil de entender, y también de explicar, no sólo por sus características técnicas, sino por el andar histórico de la locomotora de vapor, que ya rebasa los cien años, periodo en el que las innovaciones que a ésta se le hicieron, la volvieron cada vez más compleja. Para comprenderlo necesitamos, de cualquier modo, remitirnos a la historia y a la tecnología humana. Vayamos, pues, tras la locomotora de vapor.

El uso del vapor para mover máquinas no se dio por vez primera en los ferrocarriles, sino en las minas: de los tiros mineros salieron los grandes aportes tecnológicos que los ferrocarriles aprovecharon bien, pues además de las locomotoras de vapor, los rieles fueron también utilizados en las minas antes de que se usaran en los trenes.

Podemos señalar que la locomotora es una forma simple de la máquina de vapor, que consigue su fuerza del calor que desprende el combustible al quemarse, y que el vapor es una especie de agente intermediario, que recibe el calor y transforma una parte de éste en trabajo.²



© Locomotora de vapor 304 del Ferrocarril Mexicano, s/f. Fondo Donaciones. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Para C. Hamilton Ellis el antecedente del ferrocarril es la locomotora de vapor. Añade que la primera de la que se tienen datos fue la construida por el británico Richard Trevithick en 1803, la cual era una máquina que sólo podía jalar un caballo y corría a la fabulosa velocidad de ocho kilómetros por hora. Pero fueron otros británicos, los Stephenson, quienes lograron la fama y fortuna con el diseño y construcción de máquinas de vapor. Ellos formaron parte de la primera compañía que construyó una línea férrea.³

A mediados del cada vez más lejano siglo XIX, en México los primeros afanes ferrocarrileros se condensaron en dos tramos cortos. El primero iba del puerto de Veracruz a San Juan, y el otro, de la capital de la República al santuario de la virgen de Guadalupe. Con más trabajos que logros, el ferrocarril iba caminando lentamente hasta que el gobierno de Porfirio Díaz le dio un gran empuje, de menos de setecientos kilómetros se alcanzaron cerca de los veinte mil. En este periodo de crecimiento estuvo presente la locomotora de vapor, llevando cargas y pasajeros, uniendo regiones de este gran país y combatiendo en uno u otro lado durante la Revolución mexicana. Pudiera ser ésta una explicación de cómo el imaginario popular mexicano encontró una conexión entre la máquina de vapor y la Revolución: al aflorar uno, afloraba el otro.

LA FUERZA DEL VAPOR

Lo que mueve a las máquinas de vapor es la fuerza expansiva y controlada del vapor de agua en un cilindro.

La primera patente de una máquina de este tipo la obtuvo James Watt en 1769. El poder de esta forma física del agua es generada por el calentamiento, más allá de su punto de ebullición. Aquí es pertinente recordar que una fuerza produce un trabajo cuando desplaza un cuerpo una determinada distancia. Si el desplazamiento es en la dirección de la fuerza, el trabajo se calcula multiplicando la fuerza ejercida en kilogramos por la distancia recorrida en metros. Al trabajo consumido para elevar un kilogramo de peso a un metro de altura se le llama “kilográmetro” (kgm).⁴ Así, para elevar cien kilogramos a una altura de cinco metros se necesitan quinientos kilográmetros. Para tener una mejor idea de la acción que ejecutan las locomotoras es conveniente señalar el tiempo empleado para realizarlo, por lo que involucraré el concepto de “potencia”.

La potencia de una locomotora es el trabajo que desarrolla en un determinado tiempo, la relación que se mide por el trabajo realizado en un periodo, cuando este trabajo es uniforme.⁵ Por ejemplo: una locomotora que ejerce una fuerza de tracción de mil kilogramos a una velocidad de 72 kilómetros por hora, o veinte metros por segundo, desarrolla veinte mil kilográmetros (1000 x 20) por segundo. Con una menor velocidad, a la mitad de la mencionada, diez metros por segundo y una fuerza de tracción doble, dos mil kilográmetros, hallamos la misma potencia, esto es, veinte mil kilográmetros por segundo.

La potencia de las locomotoras de vapor se mide en “caballos de vapor”, que se abrevia como “caballos”, y viene a ser la potencia que ejercen 75 kilográmetros por segundo. Esto significa que un caballo de vapor es capaz de elevar 75 kilogramos a una altura de un metro durante un segundo. En este caso la potencia se puede calcular dividiendo los kilográmetros desarrollados por los 75 kilogramos (20,000/75), lo que nos da un resultado de 266.66 caballos.⁶

Pero también existen fuerzas que tratan de impedir el movimiento de una máquina. Dichas fuerzas, conocidas como resistencias, son las que tiene que vencer una máquina para poder moverse. Tal es el caso de la resistencia al rodaje, causada por la flexión de las vías bajo el peso de las ruedas; las desigualdades y deformación de las mismas; el frotamiento de los cuellos de los ejes de los cojinetes, la oposición del aire y otras más. Estas fuerzas contrarias al movimiento de la máquina

son de diversa naturaleza y magnitud, y resultan difíciles de medir separadamente, por lo que se les relaciona, de una manera conjunta, con respecto al peso del tren. De todas estas fuerzas, la resistencia del aire es la más variable.

LA LOCOMOTORA DE VAPOR

Para el gran ingeniero mexicano Francisco M. Togno, la locomotora de vapor es

[...] esquemáticamente, una caldera con máxima superficie de calefacción, [que] genera vapor en grandes cantidades y a presiones de hasta 25 kilogramos por centímetro cuadrado, con temperaturas hasta de 400 °C. Ese vapor generado empuja a un émbolo [o pistón] a lo largo de la carrera del mismo y una biela conecta la cruceta con la excéntrica [o manivela] de las ruedas motrices, produciendo un mecanismo de cuatro barras (o tiempos) cuya repetición y frecuencia son regulados por las válvulas de distribución de vapor.⁷

Continúa:

[...] en cada tipo de locomotora de vapor varía el diámetro de sus ruedas motrices, su número, el tamaño de los pistones, la presión de vapor, el empleo de vapor recalentado, tamaño de calderas, carrera del émbolo, etcétera.

Y por ende, hay diferencias en cada modelo o tipo; no obstante, toda locomotora de vapor está formada por tres elementos esenciales: la caldera que produce el vapor, el motor que lo utiliza, y el vehículo que recibe el movimiento del motor y soporta a la caldera y el motor.⁸

1. LA CALDERA

Para Lamalle,⁹ la caldera es el alma de la locomotora. Es aquella parte de la máquina que con su acción de vaporización da potencia a la máquina; es decir, es la responsable de la producción del vapor. La caldera de las locomotoras está colocada en posición vertical, y es de forma tubular y de hogar interior.¹⁰ Se compone de tres partes: el hogar con su parrilla y cenicero; el cuerpo cilíndrico y el haz tubular, y la caja de humo y chimenea.

Además de estas partes, la caldera tiene otros accesorios, como son los aparatos de alimentación, de seguridad, de inspección, de limpieza, y unos aditamentos conocidos como recalentadores de vapor, que evitaban la pérdida de calor (y potencia) debido a las condensaciones del vapor, cuando éste se enfría, al recalentarlo.

Cuando a principios del siglo XIX, las primeras locomotoras comenzaron a rodar lentamente en las vías, el obstáculo a vencer era la baja producción de las calderas que limitaba la fuerza de arrastre. Eduardo Sauvage¹¹ hace un breve recuento de cómo la locomotora de vapor salió de las minas para rodar por la superficie. Menciona cómo el ingeniero francés Marc Séguin en 1828 diseñó una caldera, a la que denominó “generador tubular”. Tenía en su interior una serie de tubos múltiples¹² —por algunos de ellos circulaba agua y por otros humo—, esta innovación trajo consigo potencia y ligereza.

Para localizar las partes de la caldera, podemos decir que la chimenea se encuentra adelante en el sentido de la marcha, mientras que el hogar se halla en la parte posterior.

EL HOGAR

Es el sitio donde se quema el combustible para la producción de vapor. Es una especie de bóveda en forma de caja formada por lo general por cuatro paredes verticales que soportan el techo, al que se le conoce como “cielo”. La parrilla (o quemador) está colocada en la parte inferior de la caja. En la fabricación de los hogares se utilizaron planchas de cobre y de acero, siendo estas últimas las más requeridas, debido principalmente a su duración y costo. Cuando las temperaturas eran muy altas se utilizaron ladrillos refractarios,¹³ que hacían que las llamas retrocedieran antes de dirigirse al haz tubular. De esta manera se lograba un reflujo de



© Tren de pasajeros llegando a San Luis Potosí, 1932. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.



© Locomotora de vapor 14 del Ferrocarril Mexicano, s/f. Fondo Donaciones. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

gases que se traducían en una mejor combustión. La parrilla variaba de forma, dimensiones y disposición, dependiendo del combustible que quemara, pero se decía que dos eran sus características importantes: el espesor y la separación de los barrotes, puesto que estaban en relación con el paso del aire y el tamaño de las partículas del combustible. Finalmente, había una caja de palastro o acero moldeado, conocida como cenicero, que servía para contener las cenizas y los residuos resultantes de la combustión.

Como combustible para las locomotoras se utilizó leña, carbón y aceites derivados del petróleo (como el chapopote). Los aceites pesados comparados con el carbón tienen un mayor poder calorífico, entre 10,300 y 10,500 calorías por kilogramo, contra ocho mil del carbón, pero éste tiene más que la madera, que anda alrededor de cuatro mil. Cuando se quemaban aceites pesados, el hogar tenía que ser revestido con un material refractario, ya que se alcanzaban temperaturas sumamente altas.

EL CUERPO CILÍNDRICO Y EL HAZ TUBULAR

El conjunto de tubos (o haz tubular) está envuelto por un depósito de forma cilíndrica cerrado en los extremos. Este cuerpo está formado por un cierto número de aros o secciones de planchas de acero curvadas. Debía ser capaz de soportar altas presiones, como resultado de la producción y recalentamiento de grandes cantidades de vapor de agua. Lo más frecuente era encontrar diámetros crecientes de adelante para atrás, en una disposición conocida como telescópica, porque se asemeja a ese instrumento óptico. El cuerpo cilíndrico contenía agua, la que debía cubrir el hogar y a todos los tubos.

LACAJA DE HUMO Y CHIMENEA

La caja de humo es una cavidad cerrada que se encuentra en la parte delantera de la caldera, y que sostiene a la chimenea. Sirve para expulsar los gases que se producen en la combustión. Por lo general, las chimeneas presentan una sección circular. Tienen las formas cilíndrica o tronco-cónica, con la parte del diámetro mayor hacia arriba.¹⁴ Con frecuencia la chimenea se prolongaba hasta el interior de la caja de humo, pero se debe mencionar que hubo locomotoras que tenían dos chimeneas.

Las calderas, en su parte frontal y en su conjunto de tubos múltiples, llegaron a producir alrededor de doce libras de agua evaporada por hora, por cada pie cuadrado de superficie total de calentamiento. A velocidad normal, cada caballo/hora requería 28 libras de vapor, y 38 libras de vapor a alta velocidad. Las últimas locomotoras de vapor tenían un espectro de fuerza de 50 a 150 mil libras de tracción en la barra del ténder.¹⁵

2. EL MOTOR

Del motor podemos decir que es propiamente la máquina. La caldera es la parte de la locomotora que genera el vapor, y la máquina está formada por una serie de aparatos que transforman el calor contenido en el vapor en trabajo de tracción; es decir, transforman la energía térmica en mecánica. Las partes que componen toda máquina de vapor son las siguientes:

- El cilindro interior con un pistón o émbolo que realiza un movimiento rectilíneo alternativo.
- Los dispositivos que distribuyen de manera uniforme el vapor por las dos caras del pistón, provocando el escape cuando el vapor ha logrado su cometido.
- El mecanismo que convierte el movimiento rectilíneo alternativo del pistón en movimiento circular continuo de los ejes y las ruedas, lo cual hace que la locomotora se mueva.

Los cilindros, que por lo regular son dos, uno en cada lado, están sujetos lateralmente a los largueros del bastidor. En América, las locomotoras de vapor tenían en el exterior los cilindros. Esto lo podemos apreciar fácilmente a un lado de la parte delantera de la locomotora. Los cilindros eran cavidades herméticas, y siempre que fue posible estuvieron fundidos en una sola pieza. En el interior del cilindro corría el pistón con libertad, pero sin dejar escapar el vapor. Mediante una

pieza llamada vástago, el pistón se articulaba con unas bielas, también conocidas como flechas, para transmitir el movimiento a las ruedas motrices principales.

Lamalle hace una breve descripción del funcionamiento de una máquina de vapor ordinaria¹⁶ (Figura 1):

La acción motriz del vapor se da cuando el regulador está abierto, el vapor de la caldera penetra en la caja de vapor. El vapor se distiende, ocupando todo el espacio que se le presenta oprimiendo el pistón o émbolo. El vapor recogido en la cúpula de la caldera se introduce por el tubo de admisión *T* a una cavidad *C* llamada caja de vapor o capilla de la distribución. De ahí, el vapor se distribuye por las lumbreras de admisión *y* *y'* alternativamente de izquierda a derecha del pistón o émbolo *P*, que se mueve con movimiento de vaivén en el interior del cilindro de vapor *G*, que se encuentra cerrado por sus dos extremos.

Operando la corredera *t*, pieza móvil, se consigue el cierre y la apertura de las lumbreras. Esa misma corredera permite al vapor salir a la atmósfera por el conducto *E*, llamado lumbrera de escape o descarga. Las tres lumbreras mencionadas se hallan colocadas sobre una superficie plana y pulida, llamada espejo de la corredera. Los espacios llenos *a* y *a'* que separan las lumbreras de escape de las de admisión se llaman bandas del espejo.

Regularmente, la corredera tenía la forma de paralelepípedo hueco, y en su interior la concha *p* y las barreras *d* y *d'*. La corredera recibe su movimiento de una pieza llamada excéntrica *N* con una biela *b* que se articula con el vástago *t*2. La excéntrica es una especie de manivela corriente en la que se ha hecho más grande el centro o botón *N* para abrazar por completo al árbol del motor *O*.



© Locomotora de vapor 210 del Ferrocarril Mexicano en una mesa giratoria, s/f. Fondo Donaciones. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

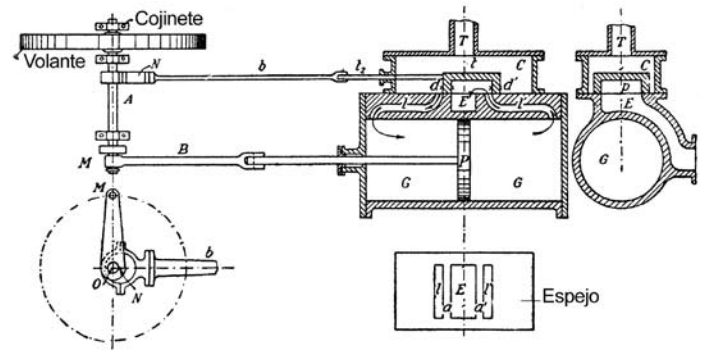


FIGURA 1. Funcionamiento de una máquina de vapor.

El movimiento rectilíneo alternativo del pistón *P* se transforma en circular continuo del árbol *A* por un sistema de biela *B* y manivela *OM*. Cuando la manivela da una vuelta, el émbolo recorre una carrera doble, entendiendo por carrera del émbolo la distancia que hay entre un extremo al otro del cilindro. Finalmente, se dice que la manivela motriz está en punto muerto cuando se halla en la dirección del eje del cilindro.

Las fases (o tiempos) que recorre el émbolo o pistón en el cilindro son:

- Admisión.
- Expansión.
- Avance del escape (o escape anticipado).
- Escape.
- Compresión.
- Avance a la admisión (o admisión anticipada).

En la máquina de vapor ordinaria (Figura 2), las tres primeras fases son las de la carrera directa de izquierda a derecha (ida del pistón), y las otras tres, del retroceso de derecha a izquierda (vuelta del pistón). Una locomotora de vapor podía avanzar en los dos sentidos. Para dar marcha atrás se diseñó un procedimiento llamado "inversión de marcha", en el que se involucra una posición diferente de la pieza excéntrica.

Fueron varios los dispositivos que se diseñaron para distribuir el vapor alrededor del pistón, pero entre ellos, los más conocidos en nuestro país son los mecanismos de Stephenson, Walschaert y Baker. La diferencia entre los mecanismos radica en la manera como se asegura el origen del movimiento sobre las ruedas motrices, en la forma de invertir la dirección de la

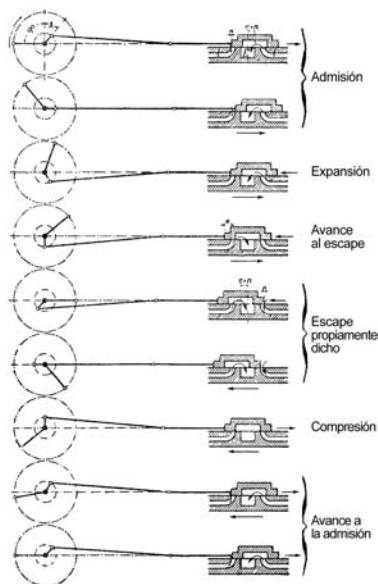


FIGURA 2. Funcionamiento de una máquina de vapor.

máquina y en el método de obtener el avance. En el de Stephenson la parte llamada sector recibe el movimiento mediante dos excéntricos, que están conectados al eje principal, uno de los cuales hace mover la máquina hacia delante y el otro hacia atrás. En el dispositivo Walschaert, el sector recibe el movimiento para operar una válvula mediante un excéntrico sencillo, que no está en el eje, sino que forma parte de un codo de retroceso fijo en el muñón principal. Este excéntrico está en plena marcha y opera el sector siempre en todo su golpe, lo cual permite que la máquina corra en cualquier dirección.¹⁷

3. EL VEHÍCULO

Como se anotó arriba, el vehículo recibe el movimiento del motor y soporta a éste y a la caldera. El vehículo cuenta también con el bastidor o chasis, que es una especie de marco rígido que forma la base para la caldera y el motor. Además, con unos soportes intermedios formados por los aditamentos de la suspensión y las cajas de grasa, recarga su estructura en una serie de ejes con ruedas. De éstas algunas son motrices y otras simplemente portantes. Cierta combinación da a los ejes una relativa movilidad en relación con el bastidor, lo cual facilita la circulación de la máquina por las curvas.

Sobre el bastidor se montan: los aparatos de enganche, que propician la articulación de la locomotora con los carros que remolca, los aparatos de choque, que son los que están destinados a amortiguar las sacudidas, que perjudicarían la conservación de la locomotora,

y los accesorios diversos que completan el conjunto, tales como frenos, arenero, repetidores de señales, abrigo para el personal, barre piedras y cubre ruedas, entre otros más.

Entre las funciones encomendadas al bastidor se encuentran las de soportar, sin deformación, el peso de la caldera y de los cilindros; mantener sin variación los ejes en sus posiciones respectivas; soportar el esfuerzo de tracción necesario para remolcar el tren y resistir los esfuerzos resultantes del trabajo de la presión del vapor y los empujes de los ejes al pasar por las curvas.

EL FINAL

Al ingeniero Togno le tocó ser testigo del cambio de locomotoras de vapor por las potentes diesel eléctricas, y realizó un estudio comparativo entre las diversas locomotoras. En el estudio el ingeniero asegura que:

Las locomotoras de vapor sólo remolcan trenes durante dos tercios del tiempo de uso y en el otro tercio permanecen en los talleres de reparación y aprovisionamiento. El rendimiento general del vapor es 12% contra el 35% del motor diesel y el 80% del eléctrico, o sea, son 18% menos eficientes que las diesel. Las máquinas de vapor golpean y desalinean la vía (por sus esfuerzos de jaloneo de las bielas) y sus grandes cargas concentradas.

La suerte estaba echada, la llegada de las potentes máquinas diesel eléctricas desplazaba a las de vapor.

Pero más de cien años de jalar carros de pasajeros y de carga no pueden caer en el olvido tan fácilmente. La



© Locomotora de vapor 133 del Ferrocarril Mexicano en una mesa giratoria, s/f. Fondo Donaciones. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

locomotora de vapor vive en la memoria y en el discurso de los ferrocarrileros de todos los tiempos. El imaginario ferrocarrilero encontró en la máquina de vapor un símbolo más humano del ferrocarril que se contraponía a estos tiempos modernos de incesante industrialización, que afectan de manera irremediable el medio natural y el entorno social.

Para aquellos que se interesan por las máquinas de vapor corre la invitación para conocer el Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos, que tiene su sede en los antiguos patios del Ferrocarril Mexicano y del Ferrocarril Mexicano del Sur, en la ciudad de Puebla. En dicho lugar podrán admirar y estudiar las colecciones de máquinas, herramientas, documentos y demás objetos de la llamada “era del vapor”, que dan cuenta de ese largo y pesado camino que tuvieron que andar las locomotoras de vapor para unir vidas y sueños, territorios y épocas.

NOTAS

¹ He de anotar que además del color oscuro, que hacía mención a la pesada labor de quemar combustibles fósiles y a la consabida estela de humo negro que iba dejando, hay otras características que se pueden apreciar con un poco más de cuidado: las locomotoras de vapor arrastraban un carro llamado tender que les servía como almacén y alimentador de combustible y agua. El tipo de ruedas de la locomotora de vapor es distinto al de las otras locomotoras; se observan fácilmente cuerpos metálicos, denominados bielás, que transmitían el movimiento a las ruedas motrices.

² Creo que es conveniente recordar algunos conceptos básicos. Empecemos por energía, que es la capacidad que tiene un sistema para desarrollar un trabajo; una de sus unidades de medición es la caloría y resulta ser la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado Celsius (°C) la temperatura de un kilogramo de agua. Se entiende por trabajo al producto de la intensidad de una fuerza sobre el camino recorrido desde su punto de aplicación. El trabajo de una fuerza puede ser positivo, si coincide con el sentido del desplazamiento, o negativo, cuando la dirección de la fuerza se opone al del desplazamiento. Al trabajo realizado en una unidad de tiempo se le denomina potencia, y es una característica de los dispositivos activos capaces de proporcionar energía, que en el caso de las locomotoras de vapor es la caldera o generador de vapor.

³ C. Hamilton Ellis en *Historia de los trenes*, Ediciones R. Torres, España, 1981, cita que George, padre de Robert Stephenson, logró el reconocimiento, pero que fue su hijo el que se hizo millonario con las locomotoras de vapor; es más, en una incursión que realizó a Estados Unidos rescató al acabado Trevithick, y regresó con él a Gran Bretaña. Por otro lado, menciona que a pesar de que fue en Gran Bretaña donde se dio el impulso inicial para el establecimiento del ferrocarril, ahí mismo surgieron sus primeros detractores. La máquina de vapor, símbolo de la Revolución Industrial, alteró el orden económico-social. Hamilton añade que “la Revolución Industrial había llegado. Revolución es una palabra cuyo sentido cambia según los países. Para los franceses significa “reforma”. Para los estadounidenses “gloriosa independencia”; para los aristócratas terrate-

nientes ingleses era un cambio social odioso y les recordaba el terror y a Robespierre. Por esto no estaban dispuestos a fomentar ninguna clase de revolución, fuera política o mecánica (que consideraban estrechamente vinculadas), y se opusieron siempre a todos los proyectos para introducir el ferrocarril de vapor”.

⁴ Existen otras unidades de medición de trabajo calor: pie por libra fuerza (que equivale a 0.1383 kilogramos fuerza o kilográmetros), Joule, BTU, entre otras.

⁵ Sauvage E. *La máquina locomotora. Manual práctico descriptivo de los órganos y funcionamiento de la locomotora para uso de los maquinistas y fogoneros*, Librería Penella y Bosch, Barcelona (1905).

⁶ Sauvage E. *Op. cit.* Luego de explicar el procedimiento de cómo el calor logra que la máquina de vapor se mueva, el autor señala que existen otras unidades para medir la potencia. Tal es el caso del kilowatt, que son alrededor de 102 kilográmetros por segundo. Un kilowatt equivale a 1.33 caballos. Para convertir caballos a kilowatts se multiplica por la constante 0.736 el número de caballos. De manera inversa, para obtener caballos se multiplica 1.36 el número de kilowatts.

⁷ Togno FM. *Ferrocarriles*, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., México (1982). El ingeniero Togno fue un profesional técnico ferroviario que realizó una serie de proyectos, algunos de los cuales logró llevar a cabo. Fue director de Construcción de Ferrocarriles de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas; asesor técnico de la Subgerencia de Vías y Estructuras, de la de Planeación y Organización y de la Dirección General de Ferrocarriles Nacionales de México. Además de catedrático de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

⁸ Lamalle U y Legein F. *La locomotora. Manual práctico para los maquinistas y fogoneros*, Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona (1954). Este tipo de publicaciones tenían como principal objetivo la capacitación y evaluación de los operadores de las máquinas. El responsable de guiar la locomotora es el maquinista y el fogonero era quien atizaba el fogón. Este puesto se transformó con la llegada de las máquinas diesel eléctricas.

⁹ *Idem.*

¹⁰ A las calderas se les dio la forma cilíndrica para que tuvieran mayor capacidad para el calentamiento, mayor resistencia, menos peso, menor superficie expuesta a enfriamiento, mayor sencillez en su construcción y facilidad para su limpieza y reparación. Algunas de las primeras calderas estaban colocadas verticalmente, y tenían forma de botella.

¹¹ Sauvage E. *Op. cit.*

¹² En el medio ferrocarrilero, estos tubos fueron conocidos como fluxes, fluses o flushes.

¹³ En las primeras calderas de locomotoras se utilizaban tiras de madera como aislante térmico.

¹⁴ La forma y tamaño variaba según el tipo de combustible que se utilizaba. Conforme se incrementó el poder calorífico, las chimeneas se fueron modificando. Algunas de las primeras locomotoras de vapor que quemaban madera (o leña) tenían chimeneas en forma de diamante.

¹⁵ Togno F. *Op. cit.*

¹⁶ Lamalle U. *Op. cit.*

¹⁷ Alzati SA. *La locomotora moderna. Estudio completo de la locomotora de vapor*, Casa editorial Beatriz de Silva, S. de R. L., México (1944).

Alfredo Nieves Medina, Centro de Documentación e Investigación Ferroviarias del Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos. cedif1@yahoo.com.mx



© Locomotora de vapor 2113 de Ferrocarriles Nacionales de México, s/f. Fondo *Donaciones*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

CEDIF Centro de Documentación e Investigación Ferroviarias

del Centro Nacional para la Preservación
del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero
MUSEO NACIONAL DE LOS FERROCARRILES MEXICANOS

Stella **Cuéllar**

El Centro Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero / Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos es la institución del Estado, perteneciente al CONACULTA, responsable de rescatar, preservar, estudiar y difundir la herencia y evolución histórica, cultural, artística y tecnológica de este medio de transporte.

Para ejercer las funciones relativas a la investigación y a la promoción del intercambio académico, el CNPPCF/MNFM cuenta con el Centro de Documentación e Investigación Ferroviarias (CEDIF), que fue fundado en 1997.

Este Centro de Documentación e Investigación es único en su tipo, y el más importante de América Latina. En él se resguardan, catalogan y estudian los documentos legados por los ferrocarriles nacionales, los cuales fueron recopilados por personal del MNFM, durante el Programa Nacional de Rescate del Patrimonio Artístico, Cultural e Histórico de los Ferrocarriles Mexicanos (PRONARE), que emprendió la empresa Ferrocarriles Nacionales de México antes de su privatización, y que abarcó todo el país.

Los usuarios del CEDIF son, en su mayoría, investigadores, estudiantes, ex trabajadores ferrocarrileros y funcionarios públicos relacionados con el ramo, tanto del país como del extranjero.

Para difundir y divulgar el conocimiento relativo a la cultura ferrocarrilera, el CEDIF tiene establecidos convenios de colaboración con diferentes universidades, instituciones de investigación y colegios de estudios superiores.



© **Tren de pasajeros en Nochistongo, ca. 1930.** Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Además, el CEDIF cuenta con el equipo necesario para la reproducción de los materiales que resguarda, en sus cuatro áreas de investigación: archivo histórico, biblioteca especializada, fototeca y planoteca.

ARCHIVO HISTÓRICO

Comenzó a conformarse con dos grupos documentales: las nóminas del Ferrocarril Mexicano y las de Ferrocarriles Nacionales de México de los años 1920-1935, y la correspondencia oficial referida a los trabajos que se realizaban en los talleres de Apizaco, Tlaxcala.

Con el PRONARE se sumaron los acervos del Archivo de la Junta Directiva y del Consejo de Administración.

Hasta el momento, el archivo histórico cuenta con veinticinco fondos, de los cuales los más significativos son los siguientes: fondo *Nóminas de FNM*, fondo *Junta Directiva*, fondo *Orizaba*, fondo *Aguascalientes*, fondo *Mexicali*, fondo *Matías Romero*, fondo *Guadalajara* y fondo *Tierra Blanca*.

En ellos encontramos documentación de las líneas que dieron origen a FNM y de las compañías administradas por esta empresa; concesiones de las primeras líneas férreas que se establecieron en México; los libros de registro contable del Ferrocarril Mexicano (1873-1956); nóminas del Departamento de Conservación de Vía (1910-1958); expedientes de personal de los diferentes departamentos de trabajos de las distintas líneas ferrocarrileras, entre otros documentos invaluable.

Es importante destacar que los fondos aquí mencionados constituyen apenas una mínima parte de la información resguardada en los 2,500 metros lineales que abarca el archivo del CEDIF.

BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

Es única en su género en México y está destinada a cubrir las necesidades de información en el área de investigación integral sobre los ferrocarriles. En 1988 recibió de los trabajadores ferrocarrileros jubilados y de la Dirección de Ferrocarriles Nacionales de México sus primeras donaciones de libros, revistas y folletos, así como la importante colección Amorós De Negre.

Con el PRONARE se acrecentó el acervo bibliohemográfico al recibir ejemplares del Instituto de Capacitación Ferrocarrilera y de los Departamentos del Express, de Personal, de Vías y Estructuras, Electricidad y Telégrafos, entre otros.

Hoy día la biblioteca especializada cuenta con cerca de 45,000 ejemplares que abordan diversos aspectos de la temática ferrocarrilera, tales como: desarrollo histórico, técnico y económico de las compañías que incursionaron en nuestro país; instrucción de personal, administración, diseño, especificación y adquisición de equipo rodante; problemática laboral, construcción de vías y estructuras, entre otros temas de interés.

También alberga materiales únicos y especializados; como impresiones originales que datan de la primera mitad del siglo XIX y que por sus características tipográficas y temáticas son consideradas piezas raras. Tal es el caso del proyecto del primer camino de hierro de la República, desde el puerto de Veracruz a la capital de México, escrito por Francisco de Arrillaga y publicado por Ignacio Cumplido en 1837, o el *Reglamento para la seguridad, policía, conservación y uso de caminos de fierro*, autorizado por el presidente Benito Juárez en 1867.

Los documentos más importantes se localizan en los fondos *Amorós De Negre*, *Torrescano*; *Méndez Quijano-Zirión*; *Gerencia de Estudios Económicos*; *American*

Railway Association; Revista Ferronales; Boletín de la Asociación Americana de Ingenieros de Ferrocarriles, y el fondo Diario Oficial.

FOTOTECA

Fue creada en 1990 a partir de las donaciones de material gráfico de los trabajadores ferrocarrileros jubilados, y se enriqueció con la paulatina incorporación de imágenes de diversas fototecas del país, así como con las fotografías que ilustraron la revista *Ferronales*, entre la década de 1950 y 1960. Sustancial fue la cantidad de imágenes que ingresaron a la fototeca como resultado del PRONARE, gracias a las cuales el acervo general de la fototeca llegó a contar 86,000 imágenes en diversos formatos, y 25,000 negativos, en su mayoría en formato 8x10" y 5x7". El acervo también incluye 2,500 diapositivas en blanco y negro y dieciocho películas.

Las imágenes se han organizado en diecinueve fondos, acomodados de acuerdo con los temas o en orden cronológico. En estos fondos podemos encontrar buena parte de la infraestructura ferroviaria del país, equiporodante, trabajadores, funcionarios, etcétera.

Los fondos más importantes por su volumen, temática o temporalidad son los siguientes: el fondo *Comisión de Avalúo e Inventarios*, con 31,500 fotografías en blanco y negro y el fondo *Ferronales*, con 29,000 imágenes distribuidas en diversas temáticas, que abarcan el periodo de 1950 a 1990.

Entre las imágenes más significativas del acervo encontramos las del "tren dorado", que abandonó Carranza en su huida hacia el puerto de Veracruz, en mayo de 1920, y la serie del Ferrocarril Mexicano, cuyos negativos de principios de siglo muestran distintos aspectos de la línea.



© Locomotoras de vapor en condenación de equipo, 1927. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

PLANOTECA

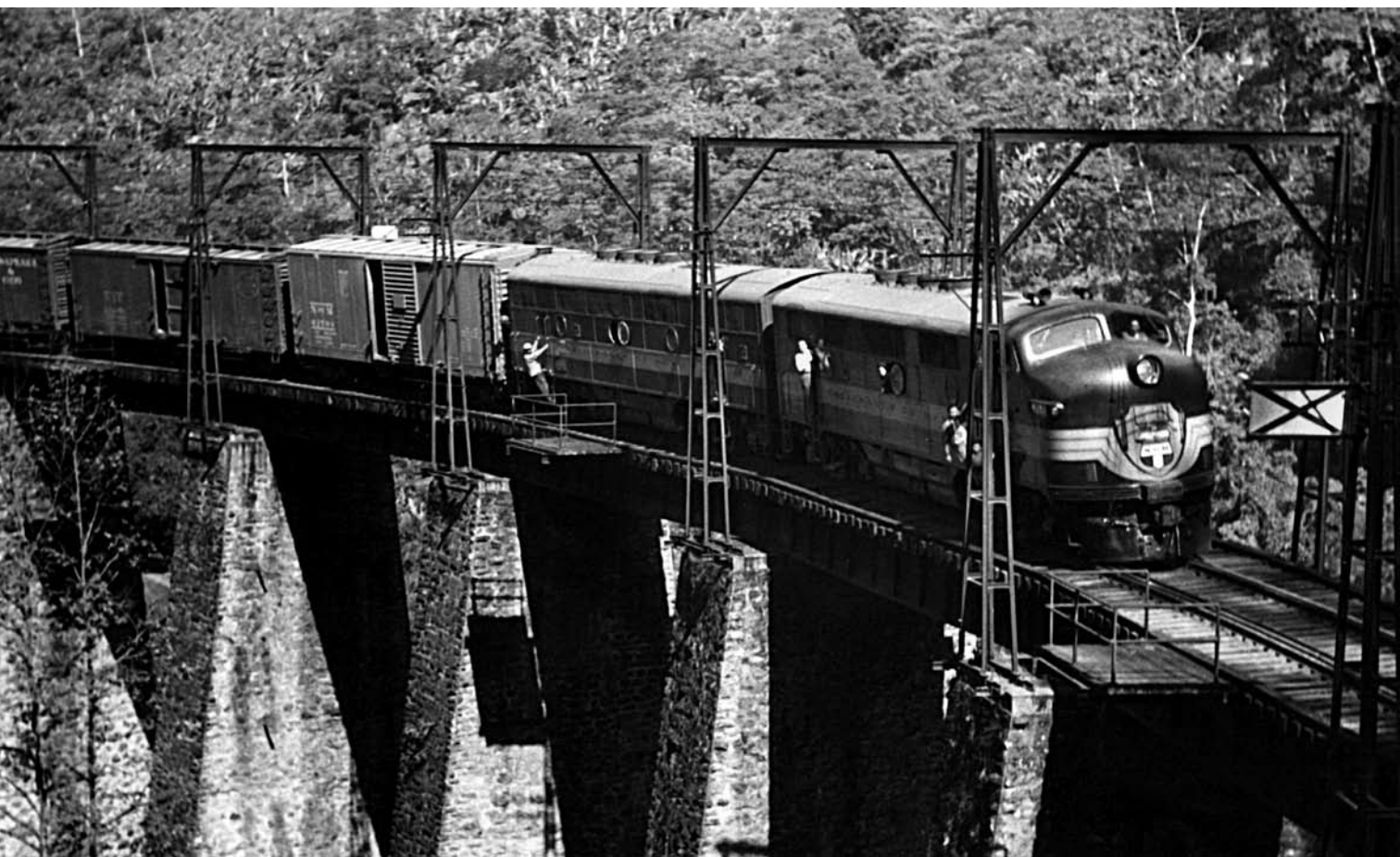
Se divide en veinticinco fondos en los que se agrupan poco más de 214,000 planos que dan cuenta de la construcción, operación y mantenimiento de vías y estructuras, así como del equipo de transporte, herramientas y máquinas necesarias para esta industria.

En la planoteca se abarcan temáticas diversas tales como: ingeniería y arquitectura ferrocarrilera; construcción de las líneas y ramales; derechos de vía, patios de estaciones; estructuras como puentes, túneles y alcantarillas; detalles arquitectónicos de estaciones, talleres, bodegas, casas para trabajadores y hospitales, entre otros. También se resguardan dibujos técnicos del equipo tractivo y de arrastre, así como de herramientas y máquinas utilizadas en las distintas ramas.

El acervo general de la planoteca se refiere principalmente al periodo 1860-1940, y en él se presentan testimonios de las diversas compañías que han proyectado, construido y operado las líneas férreas de nuestro país, entre las que destacan el Ferrocarril Central Mexicano, el Nacional Mexicano, el Interoceánico, el Mexicano, el Internacional Mexicano y la empresa Ferrocarriles Nacionales de México, sin olvidar los ferrocarriles pequeños y los ramales.

Los fondos más importantes resguardados en esta área son los siguientes: el fondo *Vías y Estructuras*, con más de 141,000 planos; el fondo *Guadalajara*, con planos del Ferrocarril del Pacífico y de las distintas compañías que participaron en la construcción y operación de las líneas ferroviarias del occidente y noroeste del país. Este fondo está compuesto por cerca de 50,000 documentos gráficos. El fondo *Orizaba*, que cuenta con el acervo más importante del primer ferrocarril construido en nuestro país, el Ferrocarril Mexicano, y sus ramales. Se trata de poco más de 8,500 planos con diagramas técnicos, cartas topográficas y planos arquitectónicos diversos. En este fondo se aprecian los planos del Ferrocarril Imperial Mexicano, compañía conformada durante la Intervención francesa.

Stella Cuéllar, subdirectora de investigación del MNFM. stellacuellar@yahoo.com.mx



© Puente de Metlac, Ferrocarril Mexicano, 1947. Fondo *Donaciones*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Escenarios para la educación ambiental EN VETERINARIA

Alejandro **Córdova Izquierdo**
Claudio Gustavo **Ruiz Lang**
Jorge A. **Saltijeral Oaxaca**
José Félix **Pérez Gutiérrez**

I. LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

La producción agropecuaria en sentido amplio y la producción animal en sentido estricto sólo son viables en un medio geográfico que reúna los elementos necesarios para que éstas se desarrollen. Estos elementos necesarios están ligados en gran medida a los recursos naturales disponibles, así como la posibilidad de desarrollar actividades agrícolas y/o ganaderas está matizada por diversos factores geográficos. Por lo tanto, en este trabajo se propone como indispensable el considerar nuevamente la seria revaloración del medio ambiente en la formación de los recursos humanos que inciden en la producción agropecuaria.

La interrelación sociedad-naturaleza se ha caracterizado por la acción y el dominio de los grupos humanos sobre la naturaleza. El dominio que el hombre ha ejercido sobre el entorno ha estado determinado por su ser práctico, que lo motiva a satisfacer sus necesidades; por su ser técnico, a través de la construcción de herramientas que han potencializado su fuerza muscular y sus sentidos; por su ser simbólico, que le ha permitido crear un pensamiento abstracto, un lenguaje y una escritura. Este ser simbólico le confiere, además, la capacidad de detectar las relaciones generales que median entre los distintos entes de la realidad, lo cual es una forma más de dominio o posesión de

la naturaleza. Y es por su acción social que ha logrado todo lo anterior.¹

La acción de cada ser humano sobre el medio ambiente tiene un efecto sobre los recursos de otros individuos, y este impacto tiene una doble dimensión, tanto espacial como temporal al afectar recursos que son patrimonio de generaciones venideras.²

En 1988, Sardar señaló que la ciencia dominante ha significado una forma de violencia en contra de los pueblos, las sociedades, las economías, el medio ambiente, las tradiciones, las culturas, las ontologías y las epistemologías del tercer mundo.

América Latina ha sido devastada de manera importante en sus recursos naturales, y esto se ha reflejado en la pérdida de la biodiversidad y en una considerable erosión genética, así como en deforestación, contaminación del aire, agua y suelo, erosión terrestre, desertificación, calentamiento global, perforación de la capa de ozono, etcétera. Todos estos efectos desastrosos son consecuencia de los absurdos patrones de industrialización, concentración urbana, centralización económica y uso de fuentes no renovables de energía.

En las últimas cuatro décadas se han deforestado dos millones de kilómetros cuadrados de bosques en América Latina y el Caribe, lo que equivale a la superficie de todo México. La principal causa de esto es la expansión de la frontera agropecuaria, de tal forma que en las zonas tropicales se han perdido 17.5 millones de hectáreas de selva; en las zonas templadas dos millones de hectáreas de bosques de coníferas y ocho millones de hectáreas en el trópico seco. Estos datos corresponden al quinquenio 1981-1985.³ En el Amazonas el daño ecológico es alarmante, ya que el incremento anual en las tasas de deforestación oscila entre 10 y 60%. Al iniciar la década de los ochenta, la superficie estimada de tierras en proceso de desertificación en América Latina era de 2.08 millones de kilómetros cuadrados, equivalentes a 10% de la superficie total de la región.

Otra evidencia de la degradación ambiental en Latinoamérica es la erosión genética de los recursos bióticos. La erosión genética es el proceso de pérdida de variedades y razas de las especies nativas de plantas y animales. Las causas primarias de ello son la introducción de especies y variedades foráneas; los procesos

de transformación de las prácticas y sistemas agropecuarios tradicionales; y las exigencias de los mercados. América Latina aloja 40% de la flora y fauna de los bosques tropicales del mundo (90 mil de las 250 mil plantas superiores). Muchas de estas especies tienen usos medicinales, alimenticios e industriales, entre otros, y son un potencial económico poco aprovechado hasta el momento.⁴

Las políticas de protección del medio ambiente en la región son muy incipientes; en el caso de México, hasta 1991 el Sistema Nacional de Áreas Protegidas sólo contaba con 65 áreas, con una extensión total de apenas 3,760 kilómetros cuadrados, lo que corresponde a 1.5% de la superficie nacional. En lo que toca a América del Sur, este tipo de áreas corresponde sólo a 3.7% del territorio.⁵

En los países de América Latina, además de la pérdida de los recursos naturales y bióticos, se han alterado las funciones ecológicas reguladoras de los ecosistemas, que son indispensables para una productividad sostenida. El deterioro ambiental también significa degradación de la calidad de vida. En 1960 la población pobre en América Latina era de 110 millones, veinte años después se estimaba que el número de pobres rebasaba los 200 millones. Aproximadamente en el 40% de los hogares de la región no se consume el mínimo de calorías necesarias. Por otro lado, en el subcontinente, de cada 12 millones de infantes que nacen por año, más de 700 mil mueren antes de llegar a los doce meses de edad.⁶

Asimismo, la migración campo-ciudad se ha incrementado de modo que para el año 2000, 60% de la población latinoamericana es urbana, agudizando la





© **Puente de armadura tipo Parker en el río Tuxpan, 1929.** Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

situación precaria de los cinturones de miseria de las metrópolis de la región.⁷

2. VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-SOCIEDAD COMO MOTOR DE LA FORMACIÓN AMBIENTAL

Consideramos que la universidad latinoamericana del siglo XXI debe luchar por favorecer las condiciones propicias para que la sociedad neoliberal y excluyente de nuestros días se transforme en una sociedad incluyente que garantice la incorporación de los grupos económicamente débiles y de los sectores campesinos e indígenas secularmente marginados. La universidad del nuevo milenio debe proclamarse por defender la biodiversidad y las culturas campesinas e indígenas de América Latina. Los postulados de la declaración de Belem, Brasil, del 22 de julio de 1988⁸ se pueden resumir en los siguientes puntos que enfatizan:

1. Que se canalicen mayores esfuerzos para el desarrollo de labores de inventario etnobiológico, de conservación y de manejo.

2. Que se establezcan mecanismos tendientes al reconocimiento de los indígenas como autoridades y que sean consultados antes de la aplicación de cualquier programa que atente en contra de sus recursos, su medio y su propia integridad lingüística y cultural. Además, que se les recompense por la utilización de sus conocimientos y recursos biológicos.

3. Llevar a cabo programas educativos tendientes a la creación de conciencia en la comunidad mundial res-

pecto al valor que tiene el conocimiento etnobiológico para el bienestar de la humanidad.

4. Que se incluya en todos los programas de salud el reconocimiento y respeto a los médicos tradicionales y que se incorporen las prácticas médicas tradicionales que contribuyan al mantenimiento de la salud de los pueblos indígenas.

5. Que los etnobiólogos socialicen los resultados de sus investigaciones entre los pueblos indígenas con los que han trabajado, incluyendo la difusión en su lengua nativa.

6. Que es urgente promover el intercambio entre los pueblos indígenas y campesinos referente al conocimiento e información relacionados con la conservación, manejo y utilización sostenida de los recursos naturales.

A nuestro parecer esta declaración rescata la esencia de lo que debe ser la agenda actual de la universidad latinoamericana, respecto a la relación universidad-medio ambiente y universidad-sociedad.

Desde otro punto de vista, la universidad contemporánea debe contribuir a la construcción de un proyecto nacional donde cada vez se incremente el número de individuos que sean “partícipes de los beneficios de la inteligencia, de la ciencia y la tecnología”.⁹

De acuerdo con Lechner, quien es citado por García,¹⁰

[...] la relación entre el ingreso del 20% más pobre y el 20% de la población más rica en distintas regiones del mundo, se encuentra que en los países industrializados esa relación es seis veces mayor; en los países asiáticos siete veces mayor, mientras que en América Latina es diecinueve veces mayor [...].

La misma autora¹¹ sugiere que se rescaten zonas de la realidad actual que puedan potenciarse y servir de gérmenes de cambio, entendido esto como la revalorización de: la relación hombre-naturaleza, las nuevas maneras de interpretar las necesidades de las poblaciones, la democracia, la convivencia entre los seres humanos, los sectores populares como agentes productivos, la cultura ciudadana y las nuevas formas de producción del conocimiento. De igual manera, el cambio institucional en la universidad contemporánea significa alcanzar un proceso de “desconstrucción

creativa”, lo cual implica el sustituir lo que ha dejado de ser válido para incorporar y construir lo nuevo, en pro de los escenarios deseables.

3. EL NEOLIBERALISMO Y LA GLOBALIZACIÓN COMO ESCENARIOS NO DESEABLES

A nivel ambiental, el subdesarrollo en los países de América Latina se ha manifestado en una alta degradación ecológica ligada a una fuerte dependencia tecnológica del exterior y por un modelo de desarrollo sujeto a condiciones históricas derivadas de la expansión de la racionalidad económica.

El capitalismo salvaje se guía por tres paradigmas: el carácter protagónico de la empresa privada, la minimización del papel regulador del Estado y, consecuentemente, la aparición de las leyes del mercado como única racionalidad productiva y como la nueva ética social.¹²

Tanto en América Latina como en México el proceso de industrialización protegida y la elevada dependencia tecnológica han desplazado a la pequeña y mediana industria, así como a las tecnologías tradicionales. Este cuestionable modelo de desarrollo también ha propiciado la generación de enormes contingentes de desempleados y subempleados. En síntesis, este modelo económico, ha provocado fenómenos de desintegración cultural y de degradación ecológica, tales como:

1. Desequilibrios regionales de desarrollo e inadecuado aprovechamiento de los recursos bióticos, hidrológicos, climáticos y humanos.

2. El auge de un proceso modernizador agrícola que no genera empleos productivos y esto se traduce en una transferencia de valor del campo a las zonas urbanas y en un deterioro de la calidad de vida de las mayorías rurales.

3. La transculturación tecnológica, que conlleva una degradación del potencial productivo de los ecosistemas y el abandono de las prácticas tradicionales del campesinado. Los costos sociales y ambientales de este tipo de desarrollo son muchos, entre otros, la desestructuración de los ecosistemas y la sobreexplotación de los recursos naturales, los cuales frenan el desarrollo endógeno.¹³

Como consecuencia, este modelo de desarrollo prioriza los objetivos económicos sobre lo social y sólo

busca elevar la eficiencia productiva y la rentabilidad para el capital; esto ha significado colocar en un segundo término la protección del medio ambiente.

El desarrollo capitalista en América Latina no ha tomado en cuenta las necesidades sociales, ni las condiciones para una producción sustentable para cada tipo de ecosistema. El modelo económico hegemónico ha propiciado la explotación intensiva e incluso el esquilmo de los recursos naturales; incluso los conocimientos científicos y técnicos perfeccionados para el aprovechamiento de los recursos en las zonas templadas de los países capitalistas han sido aplicados indiscriminadamente en las zonas tropicales de la región, en donde las condiciones ambientales y culturales son abismalmente distintas.¹⁴

Un fenómeno muy discutido en México a partir de la década de los setentas es el de la ganaderización de la agricultura, el cual alude a un proceso expansivo de las actividades pecuarias casi siempre en detrimento de las agrícolas. A diferencia de otros países, la ganadería mexicana está muy poco diversificada; en el caso de la producción cárnica, ésta se concentra tan sólo en tres especies animales: bovinos (41.6%), porcinos (28.4%) y gallinas (30%).¹⁵

En el caso de la ganadería extensiva y el crecimiento de la frontera ganadera (ganaderización), esta actividad pecuaria ha tenido efectos negativos tanto en lo ecológico como en lo social, entre los principales: desertización, erosión genética en flora y fauna, cambios en el patrón climático; desde el punto de vista socioeconómico, al ser la ganadería una actividad con una incipiente composición orgánica del capital y con un capital variable, no produce empleos y las ganancias no se reinvierten en el sector agropecuario, por lo que históricamente ha sido un factor generador de violencia por el interés que existe en la posesión de la tierra y ha fomentado también la migración campo-ciudad. Además, la ganadería extensiva ha propiciado que la importación de insumos ganaderos aumente generando cuantiosos déficits, ha motivado asimismo la creciente importación de leche, carnes y animales para pie de cría, mientras que las exportaciones pecuarias se han concentrado en sólo dos productos con muy escaso valor agregado: becerros en pie y miel (76 y 12%, respectivamente del total de las exportaciones).¹⁶ Además, las modificaciones al artículo 27



© Paso interior del puente en el río Papaloapan, 1930. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

constitucional, sin lugar a dudas favorecerán el repunte del latifundismo.¹⁷

En relación con el costo ambiental de los procesos pecuarios, podemos señalar:

- Erosión por sobrepastoreo y compactación de suelos en el norte de México.
- Destrucción masiva de las selvas en el sur y su-
reste del país.
- Contaminación de cuerpos de agua por las acti-
vidades de la ganadería intensiva, particularmente
por la porcicultura.

4. ESCENARIOS DESEABLES

En este último apartado queremos resaltar la imposter-
gale necesidad de construir el futuro cercano como
una necesidad inmediata, las instituciones de estudios
superiores en el área agropecuaria deben de incluir en su
agenda una serie de acciones que confluyan en el redi-
seño y reorientación de sus licenciaturas hacia una re-
valoración del medio ambiente, los recursos naturales
y el reparto más justo de la riqueza generada por las ac-
tividades agropecuarias.

Cada universidad debe considerar la reconstruc-
ción y relectura prospectiva de su marco de referen-
cia, es decir, su principal área de influencia, para así
determinar sus objetivos de desarrollo en la región.
Los objetivos de desarrollo se pueden perfilar desde
dos perspectivas:

1. La identificación de las potencialidades del me-
dio geográfico y sus alternativas innovadoras y origi-
nales para el desarrollo.
2. Identificación, jerarquización y diagnóstico de
los problemas ambientales y socioeconómicos que han
frenado el desarrollo sustentable en la región.

Los currícula de las licenciaturas agropecuarias de
nuestro siglo deberán caracterizarse por su flexibilidad
y por enfatizar en sus planes de estudio aspectos como:
conservación de recursos naturales, bioética, teoría re-
gional, creatividad, estudios de factibilidad e inclusive
prospectiva, entre otros. Esto quiere decir que los egre-
sados de las licenciaturas de esta área del conocimiento
deberán ser expertos en estrategias de desarrollo rural
sustentable (sincrónico) y sostenido (diacrónico).



© **Puente en el río Queseria, 1929.** Fondo *Comisión de Avalúo e Inventarios*. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

En pleno siglo XXI, el escenario imperante es la racionalidad capitalista que sigue esquilmando los recursos naturales y la universidad sólo llega, en el mejor de los casos, a señalar y denunciar este atropello; ante esta situación es urgente que las instituciones de estudios superiores tomen un papel protagónico y se conviertan en verdaderos gérmenes de cambio. La educación ambiental es un elemento curricular viable que podría favorecer que las instituciones de estudios superiores incidan en la construcción de escenarios deseables en relación con la producción agropecuaria armónica con el ambiente e inocua para la salud de las nuevas generaciones.

5. PROPUESTAS CURRICULARES

Los efectos devastadores de la agricultura químico-industrial son innegables. Existen cuatro paradigmas que al respecto proporcionan elementos de mucha riqueza para replantear las actividades agropecuarias. A manera de síntesis queremos resaltar lo sustancial de cada uno de ellos: el paradigma etnoecológico subraya el rescate de los conocimientos tradicionales y el respeto de la biodiversidad; el paradigma de la formación y saber ambiental propone la promoción de una nueva racionalidad ambiental y social; el paradigma ecotec-

nológico o del ecodesarrollo enfatiza la articulación entre la producción del ecosistema, los procesos industriales y los saberes y valores de cada comunidad; y por último, el paradigma de la agroecología ha desarrollado tecnologías de bajo impacto ambiental, tal es el caso de la agricultura orgánica. La preocupación actual por el medio ambiente se hace más patente ya que cada vez un número mayor de científicos de todas las áreas de estudio trabajan de manera interdisciplinaria la problemática ambiental, esto ha propiciado un desarrollo epistemológico muy importante. La fertilización inter y transdisciplinaria seguramente producirá nuevos paradigmas con respuestas innovadoras para el desarrollo sustentable y sostenido en los países de América Latina.

Como es conocido, los estudiantes de ciencias biológicas tienden a concebir los procesos salud-enfermedad y animal-vegetal como fenómenos sólo biológicos, en tanto que la esfera social es poco valorada aún en los propios planes de estudio. Desde las perspectivas y paradigmas productivos alternativos aquí planteados, es urgente que los futuros veterinarios, agrónomos y otros profesionales afines sean promotores de actividades productivas que no atenten contra el ya muy deteriorado medio ambiente; es decir, que promuevan actividades agropecuarias sustentables y sostenibles en lo ecológico y en lo económico, y que sean generadoras

de empleo rural, tan necesario en todos los países de América Latina. Por lo tanto, hace falta proponer modernidades alternativas menos dañinas que la hegemónica, que se enfoquen en rescatar los valores de la naturaleza, la calidad de vida, la solidaridad y la democracia, y que contrarresten los efectos del productivismo y la eficiencia. Tal vez es una utopía luchar por un mundo de paz, igualdad, esperanza, dignidad y solidaridad, pero vale la pena impulsar estos ideales. Los profesores universitarios tenemos una responsabilidad irrenunciable a este respecto. Es urgente transformar el orden de las cosas por una nueva racionalidad social y una nueva racionalidad productiva basadas en la equidad social y la sustentabilidad ambiental relacionada con las ciencias veterinarias.

REFERENCIAS

- ¹ Leff E. *Ciencia, técnica y sociedad*, ANUIES, México (1980) 13-22 y Bernal JD. *La ciencia en la historia*, UNAM-Nueva Imagen, México (1981) 35-76.
 - ² Toledo VM. "Ecología y nueva Ley Agraria en México: preludio y fuga de una modernización obsoleta" en *Alternativas para el campo mexicano*, Fontamara, México (1993) 31-43.
 - ³ Leff E. *Ecología y capital*, UNAM-Siglo XXI, México (1994) 22-365.
 - ⁴ Toledo VM. *Op. cit.* 31-43.
 - ⁵ Calva JL. En el campo: política integral. *El Universal LX* (1995) 245:7-8.
 - ⁶ Leff E. *Ecología y capital*, UNAM-Siglo XXI, México (1994) 22-365.
 - ⁷ Toledo VM. El desarrollo comunitario sustentable. *La Jornada del Campo* 43 (1996) 1-3.
 - ⁸ Caballero A y Montes J. *Agricultura sostenible. Un acercamiento a la permacultura*, Praxis, México (1990) 7-9.
 - ⁹ Didriksson A. "Una agenda del presente para la construcción del futuro de la educación superior en América Latina y el Caribe" en Didriksson A. (De.), *La UNESCO frente al cambio de la educación superior en América Latina y el Caribe*, CRESAL/UNESCO, Caracas (1995).
 - ¹⁰ García Guadilla C. "Universidad Latinoamericana: del "Casillero vacío" al escenario socialmente sustentable" en *La universidad latinoamericana ante los nuevos escenarios de la región*, UIA/UDUAL, México (1994) 41-64.
 - ¹¹ *Idem.*
 - ¹² Toledo VM. De bosques y selvas: ¿otra vez el México imaginario? *La Jornada del Campo* 1 (1992) 3-4.
 - ¹³ Toledo VM y col. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Siglo XXI, México (1987) 13-56.
 - ¹⁴ Leff E. *Ciencias sociales y formación ambiental*, Gedisa, Barcelona (1994) 17-84.
 - ¹⁵ Pérez Espejo R. "Productos pecuarios: situación actual y perspectivas" en *Alternativas para el campo mexicano*, Fontamara, México (1993) 171-192.
 - ¹⁶ Fritscher (1994).
 - ¹⁷ Emmerich G. "Desigualdades y libre comercio en América del Norte" en *El tratado de libre comercio. Texto y contexto*, UAM-I, México (1994) 21.
- Hernández NL. La reforma al 27: resurgimiento de los mitos. *La Jornada del Campo* (1995) 42:8-9.

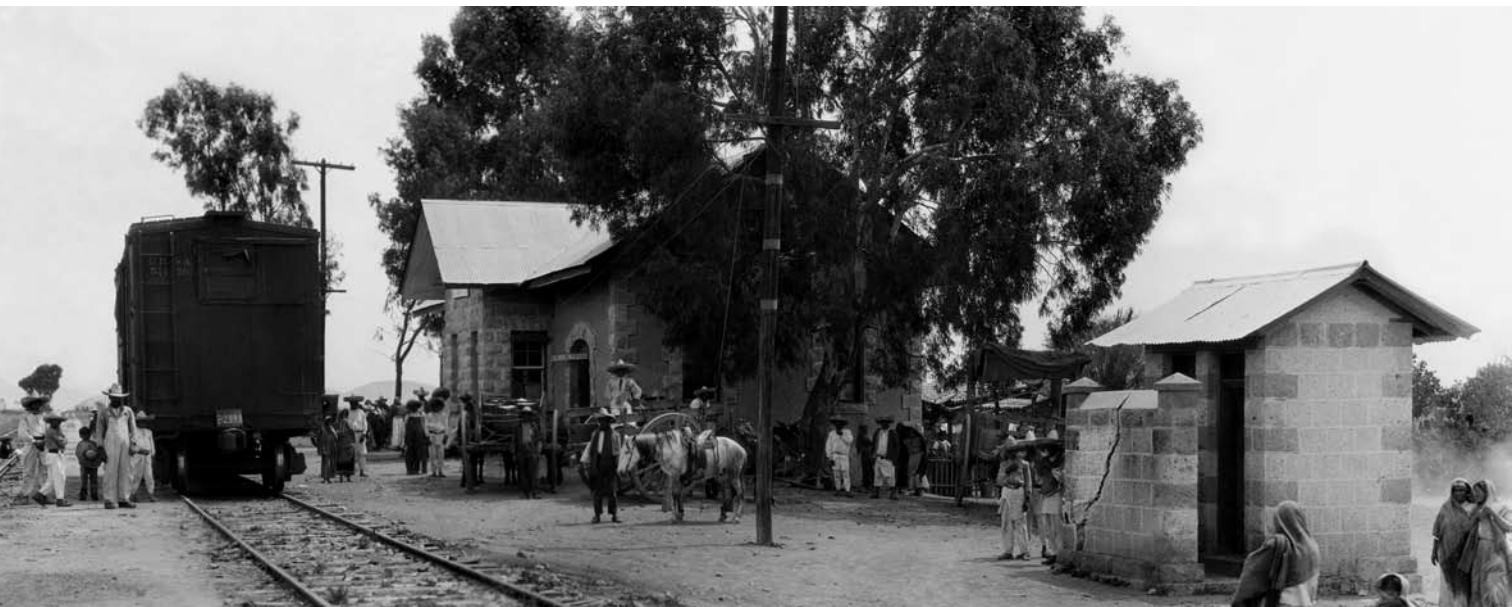
BIBLIOGRAFÍA

- Abbagnano N. *Diccionario de filosofía*, FCE, México (1982) 1027.
- Aguilar Robledo M. *Alternativas para la agricultura en el campo mexicano: ¿tradición versus modernidad?*, Tec. Cienc. Agrop., México (1992) 1 (2): 105-113.
- Calva JL. "El modelo de desarrollo agropecuario" en *Alternativas para el campo mexicano*, Fontamara, México (1993) 15-42.
- Iovchuk MT. *Compendio de historia de la filosofía*, Pueblo y educación, La Habana (1979) 394-406.
- Leff E. "La formación ambiental a nivel universitario" en *Memorias del congreso mundial universitario "Ecología, realidad y futuro"*, México, DF (1987) 384-395.
- Prentis S. *Bioteología*, Salvat, Barcelona (1989) 1-11.
- Quintero R. "La biotecnología moderna y el campo mexicano" en *Alternativas para el campo mexicano*, Fontamara, México (1993) 139-151.
- Ruiz HM. Regiones autónomas pluriétnicas. *La Jornada del Campo* 35 (1995) 8-9.
- Ruiz JF. "La agricultura orgánica" en *Alternativas para el campo mexicano*, Fontamara, México (1993) 153-154.
- Solleiro JL. *Biotechnology and sustainable agriculture. Country study: Mexico*, OECD Development Centre, México (1994) 26.
- Toledo VM. La superioridad económica y ecológica del minifundismo. *La Jornada del Campo* 34 (1995) 8-9.
- Tudela F. *Ecodiseño*, UAM-X, México (1982) 10.
- Tunnermann C. *Situación actual y perspectivas de la educación en América Latina*, Managua (mimeo) (1995) 17.

Alejandro Córdova Izquierdo, Claudio Gustavo Ruiz Lang, Jorge A. Saltijeral Oaxaca, Departamento de Producción Agrícola y Animal. Ecodesarrollo de la Producción Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. José Félix Pérez Gutiérrez, Departamento de Medicina y Sanidad. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. aci57@prodigy.net.mx



© **Puente de armadura tipo Cantelever en el río Chico, 1929.** Fondo Comisión de Avaluó e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.



Encarecimiento del PETRÓLEO:

preludio del AGOTAMIENTO

Edgar **Ocampo Téllez**

¿PETRÓLEO CARO?

El precio que ha alcanzado el barril de petróleo en los mercados internacionales es favorable para los países productores de la OPEP y para las grandes compañías petroleras, pero tiene consternados a los analistas financieros y al borde del colapso económico a los gobiernos de algunas naciones de Centroamérica, África y Asia.

El continuo encarecimiento del petróleo, que se inició a partir del año 2002, es atribuido a diversas circunstancias coyunturales, pero fundamentalmente se debe a la escasez de este recurso en los mercados, como resultado del incremento abrupto de la demanda mundial.¹ El crudo tipo WTI llegó a superar los setenta dólares durante agosto del año pasado y, en lo que va de 2006, no se ha alejado de los sesenta dólares por barril (Figura 1).

Expertos analistas de consultorías en energía como los de *PFC energy*, atribuyen el encarecimiento del petróleo a:

1. El limitado transporte internacional de crudo.
2. La baja capacidad de refinamiento en los países desarrollados.
3. Los eventos geopolíticos en los países productores.
4. La especulación bursátil.
5. Los fenómenos meteorológicos en el Golfo de México.
6. El incremento de la demanda mundial.²

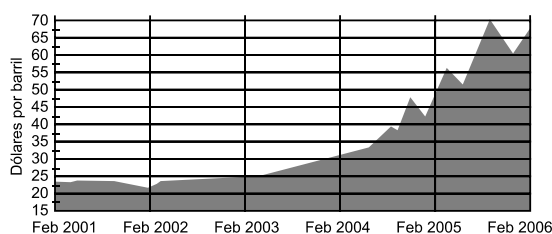


FIGURA 1. Gráfica del incremento del precio del barril de petróleo WTI en los últimos cinco años. (Fuente: gráfico básico, www.slb.com, portal de Schlumberger con modificaciones.)

Coyunturalmente el incremento de precio es atribuido a sucesos momentáneos, después de los cuales el precio se supone debe bajar hasta su nivel original. Esto no ha ocurrido desde el año 2002. El catedrático de recursos energéticos de la Universidad de Barcelona, Mariano Marzo ha señalado que “a pesar de que el precio del petróleo ha tenido una serie de subidas y bajadas, no nos hemos fijado bien en dónde ha quedado el piso de cotización después de los desequilibrios, y nos alegramos una vez que baja un poco y deja de ser noticia”.³ En los hechos, desde junio de 2005 el precio del barril se ha mantenido cerca de los sesenta dólares, es decir, han sido nueve meses de marcas históricas en el mercado del petróleo.

EL CENIT DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PETRÓLEO

A pesar de que los expertos de los principales despachos consultores occidentales reiteradamente señalan que los acontecimientos geopolíticos y climáticos, son los que han empujado la cotización hacia arriba, una importante parte del sector petrolero internacional, entre los que destaca la compañía Chevron-Texaco,⁴ ha empezado a reconocer y a advertir el hecho de que está llegando a los límites máximos de la capacidad de extracción, después de lo cual la producción no podrá crecer más, para finalmente caer de manera irreversible.

El “cenit del petróleo” o punto cúspide de la producción mundial implica que por más inversiones que se realicen no se podrá incrementar sustancialmente la capacidad global de extracción de crudo.

Varias provincias petroleras en el mundo han demostrado que el momento en que se ha extraído la mitad del crudo que yace en sus reservas coincide generalmente con el pico máximo de producción, que a su

vez se convierte en el parte-aguas donde inicia el proceso de declinación, provocando que cada día, se extraiga menos petróleo.

LA CAÍDA DE LA PRODUCCIÓN

PETROLERA NORTEAMERICANA

Entre las cuencas petrolíferas maduras en donde ya ha ocurrido el proceso de declinación conocido como cenit del petróleo se encuentra la región de los estados de la Unión Americana que están por debajo del paralelo 48, que desde hace más de treinta años se encuentra en un pronunciado declive,⁵ a pesar de los megaproyectos que las grandes petroleras norteamericanas realizan en su territorio. Los trabajos de extracción con la tecnología más avanzada del mundo como la recuperación secundaria y terciaria, la inyección de gas, bombeo neumático y perforación horizontal han permitido mitigar la abrupta caída de la producción.

Sin embargo, la realidad geológica indica que es evidente que no podrán recuperar jamás el nivel máximo de producción de diez millones de barriles al día alcanzado en 1970. Hoy los campos petroleros en Estados Unidos por debajo del paralelo 48 están muy lejos de aquella cota máxima y sólo producen alrededor de tres millones de barriles diarios.⁶

A partir del momento en que la producción inició su declive en 1970, el gobierno estadounidense abrió a la producción de petróleo las regiones de Alaska en la bahía de Prudhoe e inmediatamente después inició las exploraciones en aguas profundas del Golfo de México. La extracción del territorio norteamericano, sumada a los 1.5 millones de b/d que se obtienen de la zona norteamericana de aguas profundas del Golfo de México y los 900 mil b/d de la región de Alaska arrojan una producción de 5.4 millones al día (una cuarta parte de los requerimientos de Estados Unidos de un día).⁷ Lo que se advierte de la experiencia de Estados Unidos es que aun con la incorporación de nuevas cuencas petrolíferas no han podido contener la abrupta caída de su producción.

LA CURVA DE HUBBERT

El destacado geo-físico y geólogo de la compañía petrolera Shell, M. King Hubbert, quien trabajó por muchos años en los yacimientos de Estados Unidos, pronosticó

con extraordinaria exactitud el proceso de declinación de toda la producción petrolera de los 48 estados de ese país, y lo hizo con catorce años de anticipación.⁸

Hubbert había realizado observaciones y estudios detallados del desarrollo de la producción de varios campos, con lo que logró consolidar un procedimiento para el cálculo del proceso de vida de la producción. Luego observó que este comportamiento era válido para una región o para toda la producción de un país e inclusive, para la de todo el planeta.

Hubbert calculó la curva para toda la producción mundial de petróleo, con la información de las reservas y de producción que disponía hasta ese momento, y fijó como fecha para el punto de inflexión de la curva global el año 2000. Es evidente que el pronóstico de Hubbert no se ha cumplido pues la producción mundial continúa aumentando. Lo que no pudo prever Hubbert hace años cuando realizó sus cálculos fue la drástica reducción del consumo mundial de petróleo a partir del final de los años setenta y durante toda la década de los años ochenta ocasionada por eventos geopolíticos como el embargo petrolero de 1973, la revolución islámica en Irán en 1979 y la guerra entre este país e Irak en 1980.⁹

LA OPORTUNIDAD PERDIDA

Estos episodios geopolíticos de los años setenta y ochenta marcaron el inicio de diversas estrategias energéticas a escala mundial para reducir el consumo de petróleo, tales como la investigación de fuentes alternas de energía, el desarrollo de la capacidad nuclear para generación eléctrica, la implementación de medidas de conservación energética, la construcción de grandes depósitos para almacenar inventarios y reservas estratégicas de crudo y el desarrollo de nuevas regiones petroleras como México e Inglaterra, que hasta ese momento no podían competir en los costos con la región del Golfo Pérsico.¹⁰

El mundo aprendió rápidamente a vivir con menos petróleo y logró significativos avances en la conservación de la energía, pero la relativa regularización del mercado que se inició en la segunda mitad de la década de los ochenta, provocó el abandono de muchas de las medidas de austeridad energética adoptadas ante la escasez de ese periodo y las naciones retomaron el camino del vigoroso consumo de energía que hoy mantiene a la humanidad entera en un alto nivel de tensión.

LOS NUEVOS PRONÓSTICOS

Desde 1998 los destacados geólogos Colin J. Campbell y Jean Laherrere han retomado el trabajo de King Hubbert y con la información actualizada sobre las reservas mundiales, tratan de anticipar el momento en que inicie la declinación de toda la capacidad de producción de petróleo en el mundo.¹¹

Reconocidos en el ámbito petrolero como los geólogos pesimistas, Campbell y Laherrere han formado recientemente la Asociación para el Estudio del Cenit del Petróleo y el Gas, con el objeto de hacer conciencia de la grave dependencia de las economías de un recurso no renovable que se encuentra cercano a su agotamiento.

Los problemas a los que se han enfrentado estos geólogos en sus cálculos son múltiples: desinformación en el sector de la energía, datos de reservas falseados por las compañías estatales,¹² barriles de papel de las reservas de grandes empresas petroleras en las bolsas de inversión,¹³ existencia de una incorrecta clasificación y calificación de los tipos de crudo.¹⁴

De esta manera, el cálculo para tan importante fecha es un verdadero reto de aproximaciones sucesivas conforme se van validando los datos con auditorías externas como la ocurrida en 2005 a la Royal Dutch Shell, que perdió 4,900 millones de petróleo probado, y que le fue reclasificado como probable.¹⁵ El caso más reciente es el de la petrolera española Repsol YPF que en Bolivia fue acusada por el ministro de hidrocarburos Andrés Solís, por lo que ha tenido que bajar sus inventarios de reservas en la bolsa de Nueva York.¹⁶

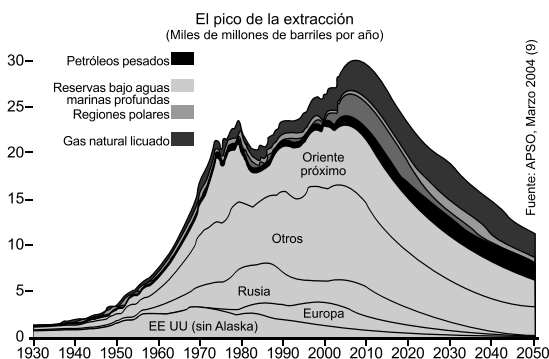


FIGURA 2. Gráfica de la curva de la declinación de la producción mundial de petróleo según la ASPO, www.peakoil.net. (Fuente: Boletín de la ASPO en español, www.crisisenergetica.org)

Los pronósticos de ASPO son periódicamente actualizados conforme se van aclarando los datos de las reservas y del consumo global, es así que sus cálculos fijan como periodo probable para el inicio del declive de la producción mundial de petróleo, entre el año 2008 y 2010 (Figura 2).

El trabajo y la difusión de la ASPO sobre el desafío que se está configurando en el horizonte energético ha permeado en los ámbitos de análisis de diversos países dando como resultado la formación de delegaciones nacionales de esta agrupación, como es el caso de la Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos (AEREN) en España¹⁷ que, a través de su portal www.crisisenergetica.org, divulga la información de análisis y discusión sobre el cenit del petróleo.

EL MERCADO HOY TOMA POR SORPRESA

ALA INDUSTRIA PETROLERA

El abrupto incremento de la demanda ha dejado sorprendida a su vez a toda la industria debido a que los proyectos petroleros de extracción tienen obstáculos físicos, técnicos y financieros que provocan que su implementación sea mucho más lenta de lo que las economías desearían.

Las bruscas medidas para equilibrar el mercado durante la segunda mitad de la década de los años ochenta finalmente provocaron que durante los noventa existiera una sobreoferta de petróleo mundial que originó el desplome de los precios internacionales de este recurso, por lo que muchos proyectos de exploración fueron abandonados.¹⁸

El prolongado periodo de precios deprimidos en los hidrocarburos, también provocado en parte por la desleal competencia por las cuotas del mercado y la intención de financiar la quiebra de la oferta de otros productores, ocasionó el desplome de las economías de muchos de los países dependientes de las exportaciones de crudo como la ex Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. La señal de este periodo fue que existía una sobrada capacidad de producción de petróleo en el mundo que garantizaba el abasto durante un buen tiempo, por lo que no era necesario invertir en el desarrollo de nuevas regiones petroleras.

Pero la incorporación de economías emergentes con una muy rápida dinámica de crecimiento como la de China y la India, y la recuperación económica mundial, han agregado una repentina y enorme necesidad de petróleo. Una de las principales causas de la debilidad del mercado petrolero mundial es actualmente el continuo incremento de la demanda de las economías en expansión, que alcanzó en 2005 los 84.4 millones de barriles de petróleo por día, según la Agencia Internacional de la Energía.

Varios analistas de la energía estiman que para este año 2006 la demanda mundial llegará a los 85.5 millones de barriles diarios en promedio,¹⁹ lo que comprometerá a casi toda la oferta mundial de petróleo. La demanda de las principales economías del mundo al parecer no cederá durante este año. Estados Unidos, con un crecimiento de 3.5% anual, China con un crecimiento cerca de 10% anual y la India con 6% anual de crecimiento en promedio, son elementos que desde hace cinco años indican que la demanda de petróleo continuará incrementándose, por lo que se espera que el precio también siga en ascenso.

¿QUÉ, NO HAY MÁS PETRÓLEO?

El abandono de las actividades de búsqueda de petróleo no ha sido sólo por los periodos en los que el precio internacional ha permanecido bajo, sino que además se debe a que los resultados de los trabajos de prospección han sido muy modestos y poco redituables.²⁰ La reciente alza en las cotizaciones del crudo ha impulsado a la industria hacia un nuevo *boom* exploratorio, pero la realidad geológica está indicando que la tasa de hallazgos anuales está declinando desde hace cuarenta años (Figura 3).

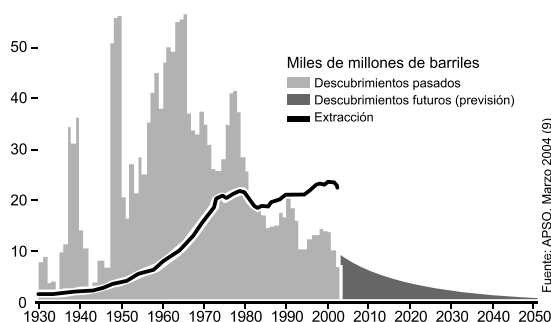


FIGURA 3. Gráfica de la declinación de los descubrimientos de reservas de petróleo en el mundo, de acuerdo con la ASPO. (Fuente: Boletín de la ASPO en español, www.crisisenergetica.org)

El petróleo está cada vez más lejos, a más profundidad, ubicado en campos muy pequeños y con una calidad menor. La necesidad mundial de energía, principalmente de petróleo, ha originado que se exploten cualquier tipo de yacimientos no convencionales, aun cuando tengan altos riesgos ecológicos como los de las arenas asfálticas de Alberta, Canadá, en donde la humanidad está permitiendo una catástrofe ambiental de proporciones enormes.²¹

ACCIONES INOCUAS

En el año 2005, la Organización de Países Exportadores de Petróleo, la OPEP, incorporó a la producción mundial un millón de barriles para tratar de contener el alza de los precios del crudo.²² Sin embargo esta medida, que en otros tiempos frenaba de inmediato los aumentos del precio, hoy no ha logrado contener ni temporalmente la carrera al alza de la cotización del petróleo.

El mayor exportador del mundo es Arabia Saudita con alrededor de 9.5 millones de barriles producidos en tan sólo un día. A este país se le ha considerado siempre la válvula de amortiguamiento para regular la producción de petróleo cuando han ocurrido interrupciones en los suministros o en los periodos en que el precio se ha elevado por cuestiones políticas.

Pero en el ámbito financiero mundial hay serias dudas sobre la capacidad saudí para afrontar futuros incrementos, en especial el banquero texano Matt Simmons, especialista en financiamiento y desarrollo de proyectos petroleros, ha cuestionado severamente la capacidad restante de producción de esta nación árabe y sobre todo el volumen real de sus reservas.²³

PERSPECTIVA A CORTO PLAZO

Los nuevos proyectos de infraestructura petrolera de extracción de crudo considerados como “grandes”, aquellos de más de 500 millones de barriles, son contados. Durante 2005 se anunció el inicio de la operación de alrededor de dieciocho proyectos de este tipo; para 2006 se estima que serán sólo once. Las perspectivas para 2007 son un poco más críticas, pues sólo se tienen en la lista tres proyectos de esta dimensión. Para 2008 se espera el inicio de tres complejos productores de este tamaño. Finalmente, para 2009 no se tiene en

el horizonte la implementación de ningún proyecto importante de producción de petróleo.²⁴

Según PFC Energy, la incorporación de nueva capacidad de producción para 2006 será de unos 1.6 millones de barriles. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la producción mundial actual de petróleo proviene en más de 60% de campos maduros que tienen alrededor de treinta años de estar siendo explotados de manera intensiva, por lo que buena parte ya presenta síntomas de agotamiento y declinación.²⁵

Según las agencias oficiales de energía, el petróleo que se pierde por este proceso de declinación equivale aproximadamente a unos dos millones de barriles de capacidad diaria de extracción cada año, por lo que en la realidad, la industria debe poner a funcionar proyectos que tengan la capacidad de incrementar en alrededor de 3.5 millones al día la producción mundial para poder satisfacer la demanda.²⁶

La frase de “el fin del petróleo barato” se ha acuñado ya en los ámbitos financieros, y algunas corredurías de los Estados Unidos anotan un barril de petróleo de hasta cien dólares en un corto plazo.²⁷

El gas se está constituyendo como el energético que entrará a sustituir brevemente las insuficiencias que se presenten por la escasez de petróleo, pero según la petrolera Exxon y la Chevron, este recurso también sigue el mismo camino de inestabilidad y su declinación está prevista tan sólo unos años después que la del petróleo. Las energías alternativas todavía se encuentran en una etapa temprana de prueba o necesitan enormes subsidios para poderse implementar en países en vías de desarrollo. Sólo las grandes economías tienen la oportunidad de pagar los costos de la energía eólica, solar y nuclear.

HACIA EL COLAPSO ENERGÉTICO

Tres procesos se configuran como las causas estructurales del problema energético petrolero en el mundo:

1. El incremento progresivo de la demanda.
2. La caída de la capacidad de producción mundial por declinación.
3. El aumento en las dificultades para encontrar nuevo petróleo.



© Estación San Luis Potosí, 1926. Fondo Comisión de Avalúo e Inventarios. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

La falta de un marco regulador mundial para intervenir en caso de emergencia le resta capacidad de gestión a las naciones para poder mitigar los efectos de una crisis energética global.

El panorama mundial del consumo de petróleo no tiene una solución sencilla e implica la participación de gobiernos y organismos internacionales para lograr acuerdos en el manejo de este recurso, pero por lo que se está esgrimiendo en el ámbito de la geopolítica internacional, nadie está apostando a una solución amigable. Más bien, todo apunta a que las cosas tomarán el camino de las acciones beligerantes por la apropiación de las reservas que quedan y las que continúan agotándose como ocurre en Medio Oriente.²⁸

Un desajuste de la economía mundial originado por el encarecimiento desmesurado del petróleo provocaría una crisis severa en casi todas las regiones del planeta. Como escribiera el ex ministro de medio ambiente y ordenamiento territorial de Francia, Yves Cochet, en el editorial del periódico *Le Monde*,

[...] bien pronto cuando se alcance un barril de petróleo de cien dólares, no se tratará de un simple choque petrolero más, sino del fin de la humanidad como hasta ahora la conocemos.

El actual diputado francés cita en su artículo al también ex ministro de medio ambiente de Reino Unido, quien en el *Financial Times* escribiera:

[...] a falta de acuerdos planetarios, de toma de medidas inmediatas, en cuanto al manejo de la energía, la humanidad se enfrentará a la perturbación más aguda y más violenta de toda la historia.²⁹

El agotamiento del petróleo y el cenit de la producción son argumentos que constantemente son negados por amplios sectores de la industria, pero los acontecimiento y la realidad geológica están dando claras señales de que nos encontramos muy cerca de experimentar un fuerte desequilibrio del sistema mundial de relaciones económicas derivado de la escasez de petróleo.

REFERENCIAS

¹ 2003: año de turbulencias, pero de gran fortaleza para los mercados energéticos; bp España (<http://www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=954&contentId=2019295>).

² Jaime Brito, comunicación personal. (http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/forums/enlace/newsid_4600000/4600997.stm).

³ Entrevista a Mariano Marzo, catedrático de la Universidad de Barcelona en el programa "Los desayunos de TVE", Televisión Internacional Española. (<http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=2004093022115688&query=los+desayunos>).

⁴ Campaña publicitaria de la petrolera Chevron Texaco (www.willyoujoinus.com).

- ⁵ Estadísticas de la Administración de la Información de la Energía, (Oficial Energy Statistics of the US Goberment) (<http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/mcrfpus2m.htm>).
- ⁶ *Ibid.*, gráfica (http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_crd_crpdn_adc_mbbbl_m.htm).
- ⁷ *Ibid.*, gráfica (http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_crd_crpdn_adc_mbbblpd_m.htm).
- ⁸ Portal oficial (<http://www.mkinghubbert.com/>), otras fuentes, (<http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20060309101613975&query=King+Hubbert>).
- ⁹ Vizzi R. *Petróleo: la crisis de los 80*, Premia Editora, 1990.
- ¹⁰ *Ibid.*, pp. 68- 77.
- ¹¹ Portal de ASPO, Association for the Study of Peak Oil & Gas. (www.peakoil.net).
- ¹² Entrevista a Matt Simmons en "Petroleum news", (<http://www.petroleumnews.com/pnads/238338932.shtml>).
- ¹³ US Securities and Exchange Commission, Litigation Release No. 18844 / August 24, 2004. (<http://www.sec.gov/litigation/litreleases/lr18844.htm>).
- ¹⁴ ASPO y las reservas energéticas, portal de crisis energética, (<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20031004115458153>).
- ¹⁵ US Securities and Exchange Commission, Litigation Release No. 18844 / August 24, 2004. (<http://www.sec.gov/litigation/litreleases/lr18844.htm>).
- ¹⁶ Portal del despacho Lerach Coughlin Stoia Geller Rudman & Robbins llp. (<http://www.lerachlaw.com/lcsr/cgi-bin/mil?case=repso&tempI=cases/case-pr.html>), otras fuentes: (<http://www.finanzas.com/id.8951319/noticias/noticia.htm>).
- ¹⁷ Constitución de la Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos. (<http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20050422183830479>).
- ¹⁸ Vizzi R. *Petróleo: la crisis de los 80*, Premia Editora, 1990.
- ¹⁹ Agencia Internacional de Energía Monthly Oil Market Report, (<http://omrpublic.iea.org/supplyarchres.asp?supplyarchive=2005&Submit=Submit>).
- ²⁰ Noticia del portal de Schlumberger, en archivos históricos, personal. (<http://archivos Schlumberger.blogspot.com/>).



© Estación Durango, 1929. Fondo Comisión de Avaluó e Inventarios. CONACULTA/ CNPPCF/MNFM.



© Tranvía de mulitas, 1926. Fondo Comisión de Avaluó e Inventarios. CONACULTA/ CNPPCF/MNFM.

- ²¹ Noticia en "La nación.com", *The Wall Street Journal of America*: "A medida que sube el precio del crudo, las petroleras convierten el barro en oro". (http://www.lanacion.com.ar/wsj/nota.asp?nota_id=792166).
- ²² Noticia en el portal de terra.com: "Elevan cuota producción de crudo y pactan eventual aumento para frenar alza precios". (<http://www.terra.com/finanzas/articulo/html/fin4612.htm>).
- ²³ Entrevista con Matthew R. Simmons en *Financial Sense Online*. (<http://www.financialsense.com/transcriptions/Simmons.html>).
- ²⁴ Dale Allen Pfeiffer, *La escasez de petróleo parece incuestionable*. En The Wilderness Publications, traducción al español por Pedro Prieto. (<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20040630195112880#nota26>).
- ²⁵ Richard A. Kerr, "Carrera de obstáculos para el petróleo mundial", *Science* (18 noviembre de 2005), traducción Pedro Prieto. (<http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20051202200431555#comments>).
- ²⁶ *Ibid.*
- ²⁷ Noticia del portal de labolsa.com: "Precio del petróleo" (11 de abril de 2005). (<http://www.labolsa.com/cbrokers/1061/>).
- ²⁸ Andrés Buenfil Friedman, "Cuando se acabe el petróleo", suplemento *Masiosare*, publicaciones *La Jornada* (30 de octubre de 2005). (<http://www.jornada.unam.mx/2005/10/30/mas-andres.html>).
- ²⁹ Yves Cochet, "Hacia el apocalipsis del petróleo". (<http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20040423214438753&query=Yves+Cochet>), fuente original del artículo: (http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/acheter.cgi?offre=ARCHIVES&type_item=ART_ARCH_30J&objet_id=847719).

Edgar Ocampo Téllez, vocal de la Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos, Ciudad del Carmen, Campeche. tellaco@yahoo.com



© Tranvía, ca. 1950. Fondo Donaciones. CONACULTA/CNPPCF/MNFM.

Caracterización

de escoria siderúrgica por difracción de rayos X

Rocío **Montalvo Balarezo**
Elvira **Zeballos Velásquez**
Percy **Paz Retuerto**
Jorge **Huayna Dueñas**
Mario **Casaverde Rio**

Entre los residuos producidos en siderúrgicas de alto horno, la escoria representa el de más alto porcentaje. El gran impacto que sobre el medio ambiente ejerce este material ha llevado a desarrollar diversas técnicas para su reaprovechamiento, previa caracterización de sus propiedades físicas y químicas. En este trabajo presentamos los resultados de la determinación cualitativa y cuantitativa de fases en muestras de escoria, mediante la técnica de difracción de rayos X y procesos de refinamiento por el método Rietveld.

La necesidad y preocupación por preservar los recursos naturales y controlar la contaminación ambiental son algunas de las motivaciones que han impulsado la investigación y desarrollo de técnicas de recuperación y reutilización de recursos industriales, en particular los desechos de la industria siderúrgica. Estos materiales contienen una elevada cantidad de elementos reciclables y constituyen una fuente de materia prima de muy bajo costo; tal es el caso de la escoria de alto horno utilizada con éxito en la elaboración de cemento.

Las escorias producidas en siderúrgicas de alto horno son utilizadas en el hormigón como agregado del cemento Portland. Este nuevo componente confiere al cemento mejores propiedades mecánicas y mayor resistencia, rigidez y durabilidad contra los efectos perjudiciales de agentes químicos, sulfatos y agua de mar que pueden llegar a desintegrar el hormigón.^{1,2} En Sudamérica, la Siderúrgica Belgo de Brasil utiliza esta tecnología como parte del programa de reciclaje de residuos industriales de ese país.

En una siderúrgica, la producción de una tonelada de acero genera aproximadamente media tonelada de escoria, constituida básicamente por óxidos de una elevada energía de formación, que permanecen sin alterarse en el alto horno. Durante la elaboración del acero la escoria constituye el medio idóneo por el cual las impurezas son separadas del metal líquido, logrando

Óxido	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	MnO
%	32-40	40-48	8-15	2-6	1-13	0-1

TABLA I. Concentraciones de óxidos presentes en escoria reciclable.

la composición deseada de éste. Una vez cumplida su función, la escoria es evacuada para evitar la contaminación del acero, luego pasa a un estado de vitrificación adquiriendo las propiedades que la caracterizan como material reutilizable.³

Entre las fases de la escoria se encuentra la merwinite ($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$) y la diopsite ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$); la merwinite es una fase frecuente en los hornos de la industria siderúrgica,⁴ independientemente del grado de cristalización que la escoria alcance. Ambas fases favorecen las estructuras sometidas a altas presiones, debido a la disposición octaédrica y tetraédrica de las moléculas de MgO_6 y SiO_4 en la red cristalina.⁵ Otra fase es la sílice, uno de los mayores contaminantes del acero que al combinarse con la cal forma los silicatos $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ y $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$; también están presentes óxidos tales como SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO . En la Tabla I mostramos las concentraciones de los óxidos comúnmente encontrados en la escoria reciclable.⁶

Para ser aprovechable en la preparación del hormigón, la escoria requiere un estado vítreo mayor al 90%. Por lo tanto, antes de su incorporación al cemento, es necesario caracterizarla para determinar cualitativa y cuantitativamente las fases presentes y su estado de vitrificación. Con este propósito hemos realizado un estudio de muestras de escoria provenientes de la siderúrgica de alto horno de Chimbote, aplicando la técnica de difracción de rayos X.^A

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron componentes cristalinos de merwinite, $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$, y diopsite, $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$, como mostramos en el difractograma de la Figura 1.

En la Figura 2 mostramos el difractograma de la muestra de escoria luego de incorporado el cloruro de sodio como patrón, este último de porcentaje conocido. Los porcentajes en peso de los componentes cristalinos y de la fase amorfa, obtenidos por refinamiento Rietveld se muestran en la Tabla II.

Cloruro de sodio	5.0%
Diopsite	0.01%
Merwinite	0.04%
Amorfo	94.95%

TABLA II. Porcentajes en peso de fases cristalinas y amorfa presentes en la escoria.

La componente amorfa es predominante, aproximadamente 95%, lo cual indica un alto estado de vitrificación de la escoria.

La Tabla III muestra porcentajes de las componentes identificadas por la técnica de espectrofotometría de fluorescencia de rayos X, comparadas con aquellas encontradas en escorias de la siderúrgica Belgo usadas como agregado del cemento.

Óxidos	Composición química de escorias (%)	
	Chimbote	Belgo
SiO ₂	35.88	36.39
CaO	38.35	41.11
Al ₂ O ₃	11.28	12.18
MgO	6.77	6.34
FeO	1.13	0.36
MnO	0.05	0.65

TABLA III. Porcentajes en peso de óxidos en escoria de Chimbote y de Belgo.

La aproximación entre ambos resultados, cualitativa y cuantitativamente, nos permite asumir que nuestras muestras reúnen características similares a las de la Belgo y que además contienen los óxidos comunes de escoria reciclable, como fue especificado en la Tabla I.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos por refinamiento Rietveld, verificamos que la precisión en las medidas de las intensidades de reflexión es fundamental para el análisis cuantitativo.

Las técnicas empleadas para la caracterización de escoria siderúrgica de alto horno, mostraron ser eficientes y, por lo tanto, recomendables para este tipo de estudios.

El peso de la merwinite, 0.04%, y de la diopsite, 0.01%, correspondientes a las fases cristalinas fueron mucho menores a las de la fase amorfa del orden del 95%, lo cual indica el alto estado de vitrificación de la escoria.

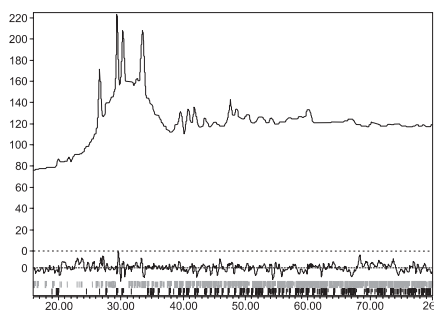


FIGURA 1. Difractograma de escoria de alto horno mostrando fases cristalinas y amorfa.

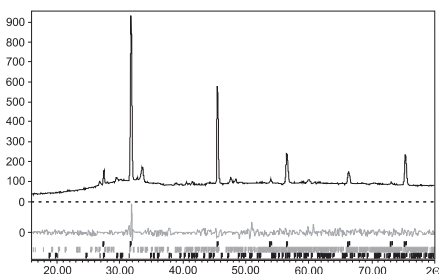


FIGURA 2. Difractograma de escoria de alto horno incluyendo cloruro de sodio.

El estudio reportó la presencia de óxidos en proporciones similares a las encontradas en escorias reciclables.

Estos resultados califican a la escoria de la siderúrgica de Chimbote como un elemento adecuado para un empleo similar al dado a la escoria de la Belgo, es decir, como componente del cemento. Desde el punto de vista ambiental y de su reutilización, la escoria siderúrgica debe ser caracterizada, considerando que sus propiedades físicas y químicas están relacionadas con su composición y propiedades estructurales.

REFERENCIAS

- ¹ Schütz U. *Ayudantes de molienda para escoria granulada de alto horno*, Grupo Holderbank Management and Consulting. Administración y Asesoría (HAA).
- ² National Slag Association. *Blast furnace slag*. Pennsylvania. USA. <http://www.nationalslagassoc.org>
- ³ Pal SC, Mukherjee A y Pathak SR. Investigation of hydraulic activity of ground granulated blast furnace slag in concrete. *Cement and Concrete Research* 33 (2003) 1481-1486.
- ⁴ Fredericci C, Zanotto ED y Ziemath EC. Crystallization mechanism and properties of a blast furnace slag glass. *Journal of Non-Crystalline Solids* 273 (2000) 64-75.
- ⁵ Moore PB y Araki T. Atomic arrangement of merwinite $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$, an unusual dense-packed structure of geophysical interest. *American Mineralogist*. Vol. 57 (1972) 1355-1374.
- ⁶ Emery J. *Geotechnical Engineering Limited for Aggregate and Petroleum Resources Section Mineral Aggregate Conservation Reuse and Recycling*. Ontario Ministry of Natural Resources (1992).

⁷ Young RA, Larson AC y Paiva-Santos CO. *User's guide to program DBWS-9807a for Rietveld analysis of X-ray and neutron powder diffraction patterns with a 'PC' and various other computers*. School of Physics Georgia Institute of Technology Atlanta, GA 30332 (1999).

⁸ Klug HP, Alexander LE. *X-ray diffraction procedures for crystalline and amorphous materials*, John Wiley & sons, New York, N.Y., (1979).

Nuestro agradecimiento a la Empresa Belgo por su colaboración en la realización de este trabajo.

NOTAS

^A Para la determinación de las fases cristalinas y amorfas usamos el programa DBWS-9807a⁷ basado en el método Rietveld de refinamiento de estructuras; el programa determina cuantitativamente las fases según el método de patrón interno. Para la identificación de los elementos químicos presentes en las muestras usamos espectrofotometría de fluorescencia de rayos X. La sílice presente se estudió por el método de vía húmeda en medios ácidos a fin de verificar sus propiedades como producto reciclable, según la Tabla I.

MÉTODO DE PATRÓN INTERNO

El método de patrón interno formulado por Klug y Alexander⁸ consiste en introducir en la mezcla una sustancia de concentración conocida (patrón) y determinar el porcentaje en peso de cualquier fase en términos de la concentración del patrón. El método utiliza la relación entre la intensidad del haz difractado y la concentración de la fase, independiente del coeficiente de absorción, llegando a determinarse concentraciones menores al 1%.

En una mezcla, la razón de las intensidades del haz difractado por la fase a, por ejemplo, y por el patrón, es dada por

$$(1) \quad \frac{I_a}{I_p} = \kappa v_a$$

lo que da una recta de pendiente κ , en función de la fracción volumétrica de la fase a, v_a . De esta gráfica podemos determinar cuantitativamente la concentración de las fases en una mezcla desconocida siempre que incluya la misma sustancia patrón usada para la gráfica de calibración.

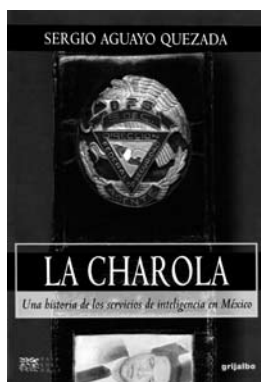
En el programa DBWS-9807a, la intensidad de las reflexiones está asociada al factor de escala S de cada fase. La fracción en peso de la fase se determina por la ecuación

$$(2) \quad X_\alpha = \frac{\rho_\alpha S_\alpha}{\rho_p S_p} X_p$$

donde S_α y S_p son los factores de escala relativos a la fase y al patrón, respectivamente; ρ_α y ρ_p son las densidades de la fase y del patrón, respectivamente; y X_p es la fracción en peso del patrón.

Esta ecuación permite también determinar fracciones correspondientes a fases amorfas. La fase amorfa es obtenida por la diferencia entre el peso total de la muestra y las fracciones en peso de las fases cristalinas.

Rocío Montalvo Balarezo, Elvira Zeballos Velásquez, Percy Paz Retuerto, Jorge Huayna Dueñas, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú; Mario Casaverde Río, Belgo Companhia Siderúrgica, Minas Gerais, Brasil. rmontalvob@unmsm.edu.pe



LA CHAROLA

SERGIO AGUAYO QUEZADA

Grijalbo, México, 2001

Nunca antes se había tratado con tal profundidad y detalle la evolución que han tenido los servicios de inteligencia mexicanos desde su fundación en 1918 hasta el debate al interior del gabinete de Vicente Fox sobre el Centro de Investigación y Seguridad Nacional (CISEN). Después de trabajar en el Archivo General de la Nación, y mientras entrevistaba a protagonistas, el autor recibió la excepcional autorización para trabajar en los archivos del CISEN. El resultado deslumbra. Entre los muchos asuntos que se abordan está la forma en que Fernando Gutiérrez Barrios manipuló la información para exagerar el riesgo que representaba la oposición de izquierda y los métodos empleados por la Dirección Federal de Seguridad para aniquilar a la guerrilla; la manera en que Jorge Carrillo Olea reconceptualizó a los modernos servicios de inteligencia; las razones por las que un presidente y un secretario de Gobernación fueron testigos en la boda del jefe de la CIA en México; el informe secreto de Miguel Nazar Haro sobre la ejecución de Carlos Ramírez Ladewig, jefe de la Federación de Estudiantes de Guadalajara, así como la organización y el funcionamiento del CISEN de nuestros días.

La charola es un libro escrito en un lenguaje ameno que incluye docenas de fotografías inéditas. Es un texto apasionante y apasionado sobre un México secreto, y sobre lo indispensable de contar con unos servicios de inteligencia altamente profesionales y vigilados de manera escrupulosa por la sociedad. Es una gran obra de un excepcional autor, Sergio Aguayo.



GENÉTICA PARA TODOS

STEVE JONES Y BORIN VAN LOON

Paidós, Barcelona, 2005

“La genética tiene que ver con las diferencias entre personas, o cualquier criatura, grande o pequeña. También tiene que ver con las semejanzas, entre parientes, vivos o muertos y entre las distintas criaturas, vivas o extinguidas.

Los genes registran la historia biológica. Los mapas de su distribución nos dicen cómo hemos evolucionado los seres humanos, cómo estamos emparentados con otras criaturas y cómo empezó la vida.”

Con estas palabras comienza este libro que nos conduce desde Mendel hasta el mapa del genoma humano y el tratamiento de las enfermedades hereditarias. Nos muestra cómo se descubrió el ADN y explica cómo algunos genes pueden actuar en su propio beneficio tanto como a favor de sus portadores. Nadie puede permitirse desconocer el funcionamiento de la genética y, guste o no, algunos de nosotros nos veremos obligados a tomar decisiones éticas en las que intervenga esta ciencia. Este libro nos proporciona la información necesaria para hacerlo.

Steve Jones es profesor de genética en el University College de Londres y ha ocupado cargos en diversas universidades de Gran Bretaña, Estados Unidos, África y Australia. Ha escrito *En la sangre: Dios, los genes y el destino* (1997).

La obra del ilustrador Borin Van Loon, artista surrealista, comprende desde pinturas al óleo hasta un libro de recortables sobre el ADN.



LOS SIETE PECADOS CAPITALES

FERNANDO SAVATER

Random House Mondadori, México, 2005

Dice Savater:

“Los pecados tradicionales—soberbia, pereza, gula, envidia, ira, avaricia y lujuria—están presentes en nuestra vida diaria, algunos devaluados y otros con ciertas transformaciones. Pero cuando los relacionamos con los tiempos que vivimos, nos encontramos con infinitud de caminos que llevan a otras tantas preguntas que hoy se hace el hombre, y que tienen que ver con el sentido mismo de la vida y la trascendencia.

Se mezclan en los pecados cuestiones religiosas, históricas, económicas, sociales, artísticas y varios factores que tienen que ver con el mundo actual.

Tomando como punto de partida los pecados, incluso discrepando con el planteo religioso, se puede bucear en el destino que nos espera frente al avance tecnológico, que incluye la posibilidad de crear vida artificial, con el peligro de que nazcan seres perfectos, que para algunos estarán cerca de Dios, pero que desgraciadamente serán deshumanizados.

Además de analizar con detenimiento los pecados y sus implicancias actuales, *Los siete pecados capitales* me permitió intercambiar ideas con religiosos, escritores, actores, filósofos y personalidades que tienen inquietudes sobre la actualidad y el devenir de los seres humanos. También pude, casi como en broma, conversar amablemente con el propio Satanás. Defendí cada uno de los pecados e intenté convencerme de sus beneficios para la humanidad, y para mí en particular.”