

CIENCIA Y CULTURA elementos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

No. 59 Vol. 12 julio-septiembre 2005 \$25.00



10-10-2005

La teoría del conocimiento como ciencia empírica R. **Guzmán** El cuasi-empirismo en la filosofía de las matemáticas E. **Harada** La lógica y la comprensión del lenguaje L. **Estrada** Lo "glocal", nueva perspectiva... E. **Reynoso et al.** Ensayo fotográfico J. **González**



© Sergio Javier González Carlos,
de la serie *Biografía del yo*, 1999.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rector, Enrique Agüera Ibáñez
secretario general, Armando Valerdi Rojas
vicepresidente de investigación y estudios de
posgrado, Pedro Hugo Hernández Tejeda

ELEMENTOS

www.elementos.buap.mx

revista trimestral de ciencia y cultura
 número 59, volumen 12, julio-septiembre de 2005

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

Sergio Javier González Carlos

impresión, Lithoimpresora Portales S.A. de C.V.

redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria

Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570

email: elemento@siu.buap.mx

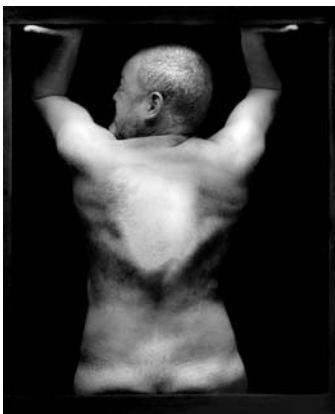
Revista registrada en Latindex (www.latindex.unam.mx)

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



© Sergio Javier González Carlos,
de la serie *Biografía del yo*, 2003.

S U M A R I O

Traduzcámonos todos 3

Francisco **Pellicer**

La teoría del conocimiento como ciencia empírica: 5

Piaget y Rosenblueth

Ricardo **Guzmán Díaz**

El cuasi-empirismo en la filosofía de las matemáticas 15

Eduardo **Harada Olivares**

La lógica y la comprensión del lenguaje 23

Luis **Estrada González**

Sergio Javier González Carlos 29

Lo “glocal”, nueva perspectiva para desarrollar museos de ciencia 33

Elaine **Reynoso**, Carmen **Sánchez Mora**, Julia **Tagüña**

El cocodrilo y el saber popular 43

Fabio Germán **Cupul Magaña**, Ana Julia **Santos Ramos**

El mundo a escala atómica 47

Marcos Manuel **Sánchez**

Rocas dimensionables del municipio Villa Tejupan de la Unión, Oaxaca 55

Martín **Gómez Anguiano**, Miguel Ángel **de la O Vizcarra**,

Enrique **González Contreras**, Roberto Juan **Ramírez Chávez**

Un océano congelado en Marte 61

Aníbal **Garza**

Libros 63



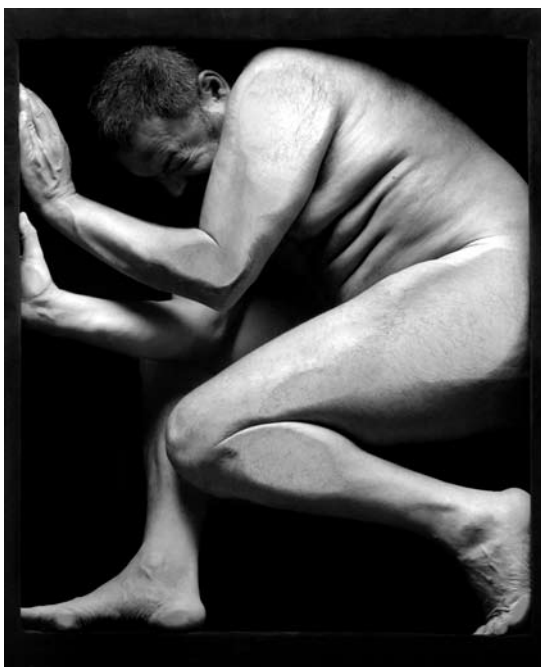
Traduzcámonos

TODOS

Francisco
Pellicer

La encrucijada de los países hispanohablantes con respecto a difundir su ciencia en revistas de investigación escritas en español o hacerlo en revistas en inglés no es, nada más, un problema de estrategia cultural. El español es el tercer idioma más hablado en el orbe desde el punto de vista numérico y el primero en cuanto a diversidad de países que lo hablan. La primera opción como política editorial de algunas de las instituciones o asociaciones que hacen ciencia en estos países es publicar sus revistas en inglés. Esto implica entrar en una competencia desventajosa con los importantes nombres de la industria editorial, multinacionales y trasnacionales, que cuentan con grandes plataformas de distribución. Una segunda fase, tal vez más perniciosa, está relacionada con la forma de proceder de los grupos de poder en la ciencia –sociedades científicas que tienen sus propios órganos de difusión– y se refiere a tratar de acceder a los sistemas de indización y evaluación de impacto con lineamientos que hoy por hoy son discutibles como medidas relacionadas con el quehacer de la buena ciencia. En este sentido parece que los países que tienen la hegemonía y que finalmente imponen las reglas del juego, ponderan más los valores de competencia y penetración que los de generación sólida, parsimoniosa, integrativa y, en una palabra, epistemogénica de la ciencia.

La segunda opción está condicionada al hecho de tener difícil acceso a estos “estándares de calidad editorial” que hace que muchas de las ediciones se mantengan publicadas en español



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Biografía del yo*, 2003.



y se conviertan en el sitio de exposición de ciencia que no cumple con los requisitos para ser publicada en las revistas de impacto, con lo que se perpetúa un círculo vicioso: artículos —no necesariamente malos, sino descalificados por el sistema hegemónico— que finalmente sólo tienen cabida en estas revistas, que por no pertenecer a las corrientes principales del conocimiento, y además estar escritas en español, no merecen entrar al círculo de publicaciones de impacto, y por ende se encuentran condenados a no ser citados nunca.

¿Cómo conjurar el hechizo? Pensamos que es posible ofrecer publicaciones científicas con un alto grado de calidad académica en español. Estas publicaciones tienen, y han tenido, un papel relevante en los países de habla hispana, para cuyos lectores son una fuente muy importante de información y, en muchos casos, la única. A continuación me referiré a un fenómeno contemporáneo que puede presentar una analogía con el problema que nos ocupa. Me refiero a la paradoja que plantea el fenómeno de la globalización *versus* la etnia separatista, puntualizo: un mundo que es capaz de tener una red computacional y enlaces satelitales *totis orbis* con el fenómeno de la simultaneidad; que ha puesto en operación acuerdos de comercio entre estados y continentes; que ha facilitado el traslado físico de personas y artefactos

en unas cuantas horas, a miles de kilómetros de distancia de su lugar de origen; mundo en el que las penetraciones culturales son ya un hecho cotidiano, la paradoja se presenta con las mismas etnias que han acentuado su separatismo incluso dentro de los países que las contienen, etnias que se han coalicionado para preservar sus costumbres, su cultura, y como parte fundamental de ésta, su idioma. En la globalización más furibunda la “casa” trata de preservar sus valores fundamentales, que en muchas ocasiones no están considerados como intercambiables por sus habitantes. Es pues en este contexto que se puede plantear el multilingüismo en la ciencia, con esto me refiero al respeto a la calidad e impacto emanados de publicaciones en lenguas distintas del inglés, que por derecho propio tengan atención, difusión y repercusión. “Traduzcámonos todos”. Ya la historia ha dado lecciones al respecto: desde la piedra Roseta, pasando por la biblioteca de Alejandría, o los crisoles culturales como los de Constantinopla y el de la España musulmana-judía-cristiana, que tanto aportaron a la cultura universal y especialmente a las ciencias. Terminaría diciendo que traducir y comprender es, tal vez, la mejor de las prácticas globalizadoras.

Francisco Pellicer, director de Investigaciones en Neurociencias del Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. pellicer@imp.edu.mx

La teoría DEL conocimiento

ciencia empírica: Piaget y Rosenblueth

Ricardo
Guzmán Díaz

"Perhaps the most incomprehensible thing
about the world is that it is comprehensible."

ALBERT EINSTEIN

Tradicionalmente se ha considerado a la teoría del conocimiento como una rama típica de la filosofía. Sus cuestionamientos fundamentales sobre el origen y los límites del conocimiento humano le dan esa característica filosófica de reflexión en torno a temas que nunca tienen una respuesta última y a los cuales se retorna irremediabilmente una y otra vez. Sin embargo, es sabido que la frontera entre la filosofía y la ciencia no es tan clara. Existe una concepción de la filosofía según la cual los problemas que la ocupan son en realidad pseudoproblemas en el sentido de que no tienen solución. Cuando se dan las condiciones para que un problema filosófico se torne solucionable entonces deja de ser tal e inaugura una ciencia en la cual los expertos en el tema se han puesto de acuerdo en los métodos que se pueden utilizar para buscar dicha solución. John L. Austin, por ejemplo, lo expresa así:

En la historia de las indagaciones humanas la filosofía ocupa el lugar de un sol central originario, seminal y tumultuoso. De tanto en tanto, ese sol arroja algún trozo de sí mismo que adquiere el *status* de una ciencia, de un planeta frío y bien regulado, que progresa sin pausas hacia un distante estado final. Esto ocurrió hace ya mucho tiempo cuando nació la matemática, y volvió a ocurrir cuando nació la física.^{1,2}

En este sentido, no es que se menosprecie a la filosofía por no poder resolver sus problemas, sino por el contrario, se re-



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1997.

conoce que es precisamente el trabajo filosófico lo que permite investigar más profundamente un tema de interés. En la cita de Austin, este filósofo reflexiona más adelante respecto a la posibilidad de ser testigo del nacimiento de una genuina ciencia del lenguaje, que es el punto central de su indagación, y termina diciendo “entonces nos liberaremos de otra parte de la filosofía (todavía quedarán muchas) de la única manera en que es posible liberarse de ella: dándole un puntapié hacia arriba”. De esta misma forma nos podemos cuestionar si la teoría del conocimiento puede convertirse en una disciplina científica. Tal vez por su carácter especial de ser la rama de la filosofía que se pregunta precisamente por el conocimiento (incluido el conocimiento científico) resulte un tanto paradójico y/o cíclico pensar en una ciencia que hable sobre la ciencia y por lo tanto tenga que conservar más bien su carácter de disciplina filosófica. En todo caso, las posibilidades de un acercamiento de este tipo son el tema de este ensayo.

TEORÍA DEL CONOCIMIENTO VERSUS EPISTEMOLOGÍA

Antes que nada es necesario hacer una distinción importante, ya que en ocasiones se utilizan las expresiones “teoría del conocimiento” y “epistemología” como intercambiables. Históricamente, la denominación “teoría del conocimiento” es más antigua y se refiere a esa rama de la filosofía que probablemente inauguró John Locke con su *Ensayo sobre el entendimiento humano*,³ aunque estas preocupaciones por la naturaleza del conocimiento las podamos rastrear en el pasado hasta Platón y Aristóteles, posteriormente en Bacon y Descartes, etc. En cambio, el término epistemología es más reciente y se emplea sobre todo para referirse a la teoría del conocimiento científico, es decir, a la disciplina dirigida al estudio crítico de las ciencias y que tiene como objetivo determinar el valor, el fundamento lógico y el campo de acción de ellas.

Hacemos esta diferenciación porque, como se verá más adelante, precisamente una de las teorías que mencionaremos, pretende eliminar esta dicotomía en-



tre la teoría general del conocimiento y la teoría del conocimiento científico refiriéndose a un principio de continuidad de los procesos cognoscitivos.

FRACASOS DEL PASADO

A lo largo de la historia se ha intentado construir diferentes sistemas filosóficos sobre el tema del conocimiento. Ya mencionábamos en el punto anterior a John Locke quien representa el clásico empirismo inglés. Su tesis fundamental es que todo el conocimiento proviene de los sentidos, es decir, el único conocimiento válido es aquel que está debidamente apoyado en una experiencia sensible. Esta propuesta obviamente es opuesta al racionalismo de Descartes⁴ quien, por el contrario, duda de todo lo que percibimos por los sentidos y busca entonces partir de un principio indubitable que encontrará en la razón.

Así surge entonces el gran debate entre el racionalismo y el empirismo, ninguno de los cuales se puede sostener debido a su inclinación hacia sólo uno de los factores que intervienen en el problema del conocimiento. Como una gran contribución que tiende a sintetizar estas visiones del conocimiento, encontramos la obra monumental del gran Immanuel Kant⁵ titulada *Crítica de la razón pura*. Uno de los pilares de la tesis de Kant consiste en haberle otorgado al sujeto que conoce un papel activo en el proceso de organización de sus interacciones con el mundo físico. Kant introduce el concepto de “categorías del entendimiento” que son *a priori* y que representan estructuras o moldes mentales que

el sujeto impone a las impresiones que recibe por los sentidos. Las condiciones para que esto ocurra son el espacio y el tiempo, que son intuiciones propias de la sensibilidad. Sin embargo, hay un problema fundamental en esta visión que tiene que ver con la época en que fue concebida (siglo XVIII). Rolando García lo explica de la siguiente manera:

Hay por consiguiente, para Kant, una forma única de concebir el espacio y el tiempo, porque dichas formas provienen de síntesis *a priori* que se imponen al entendimiento sin que ninguna nueva experiencia o especulación pudiera cambiarlas. Pero sus características habían sido establecidas por la ciencia —la ciencia de la época de Kant— y no podían ser otras. Había un espacio absoluto y un tiempo absoluto, y en ellos ocurrían los fenómenos físicos tal como lo explicaba la mecánica de Newton. Las relaciones espaciales no podían ser otras que aquellas descritas por la geometría de Euclides.⁶

Así pues, la teoría del conocimiento de Kant está fundada sobre la ciencia de su época, fundamentalmente la física de Newton.⁷ Kant no tenía idea de que posteriormente se desarrollarían nuevas geometrías no euclidianas y de que la física mostraría que las características del espacio y el tiempo no podían ser descubiertas por la pura especulación filosófica. Es decir, la nueva física de comienzos del siglo XX mostraba que la pura filosofía especulativa no podía responder a las preguntas fundamentales en torno al conocimiento: ¿qué es la realidad?, ¿qué se puede conocer de ella?, ¿cómo se accede al conocimiento? La filosofía kantiana no podía responder a estas preguntas en el contexto de la nueva

© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1997.





© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1997.



física con espacio y tiempo relativos, pérdida de la causalidad estricta en la física cuántica, etcétera.

Esto convocó a un grupo de grandes pensadores a la empresa de formular un empirismo científico que se conoció como positivismo lógico, pero cuya reacción a la filosofía especulativa y su vuelta a un empirismo radical fueron tan excesivos que llevó a este intento de comprender los fundamentos del conocimiento a una nueva crisis. Uno de los aspectos de esta crisis consistió en que no puede sostenerse que el sujeto que conoce recibe las impresiones del mundo exterior a través de sus sentidos en forma pasiva y de ellas simplemente haga inducciones y cree así conocimiento. Por el contrario, resultó claro que cualquier observación está cargada de teoría y por lo tanto no podemos basarnos en un empirismo puro.

LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA DE PIAGET

Ante esta serie de fracasos podemos hacer entrar en escena a las ideas de Piaget, quien es más conocido por sus teorías del desarrollo cognitivo en los niños, pero en cuyo trasfondo encontramos una posición muy clara en torno al problema del conocimiento en general. Él avala una concepción similar a la que mencionábamos de John L. Austin, diciendo que

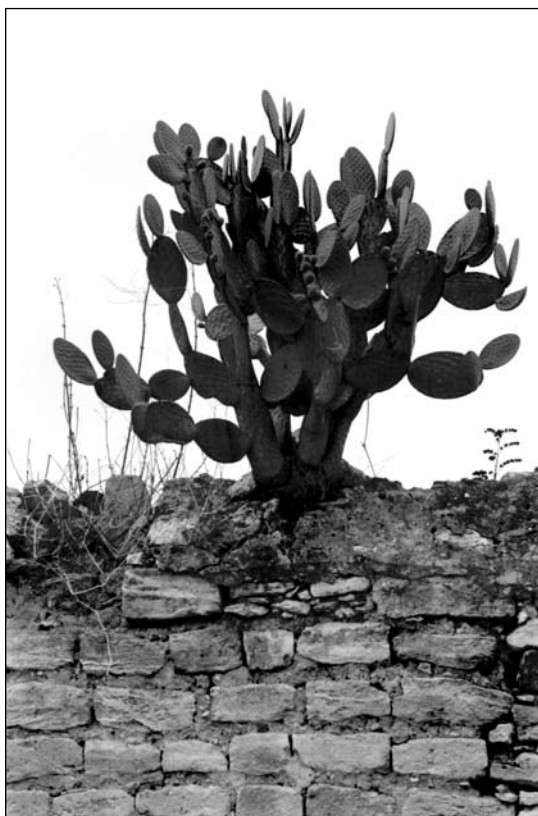
[...] la filosofía ha sido la matriz de la ciencia, y continúa siendo sin duda la matriz de ciencias y de nuevas perspectivas que hoy no podemos aún entrever, pero sólo lo será en la medida en que no se encierre en sistemas y no crea que genera el conocimiento.⁸

La epistemología genética⁹ de Piaget es una epistemología de carácter empírico¹⁰. A diferencia de la especulación filosófica tradicional en torno al problema del conocimiento, Piaget formula hipótesis empíricas que puedan ser puestas a prueba. Si nos preguntamos dónde podemos encontrar procesos de observación puros (no cargados de teoría como se planteaba en el punto anterior), la respuesta es clara: en todo caso en los niños. Por esta razón Piaget busca la respuesta a sus interrogantes en el comportamiento de los niños.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1997.

La aportación de Piaget consiste en hacer un planteamiento constructivista del conocimiento. Al tratar de establecer el objeto de estudio y ante la dificultad de definir “conocimiento”, es preferible hablar del complejo cognoscitivo como el conjunto de comportamientos, situaciones y actividades que socialmente están asociadas al conocimiento, es decir, se enfatiza el carácter dinámico del mismo. Este complejo está formado por aspectos biológicos, mentales y sociales. El enfoque constructivista en el estudio del conocimiento radica en considerar dicho complejo cognoscitivo como resultado de procesos cuya naturaleza debe investigarse empíricamente. Piaget y sus colaboradores lo hacen a través de sus extensas investigaciones psicogenéticas. Pero podemos preguntarnos ¿qué pasa con la caracterización del conocimiento científico? Piaget responde con un principio de continuidad: los mecanismos de adquisición del conocimiento son comunes a todas las etapas del desarrollo, no solamente desde la niñez hasta la etapa adulta, sino también hasta los niveles más altos del conocimiento científico. De esta manera, para Piaget hay sólo una teoría del conocimiento que debe abarcar todas las etapas del desarrollo individual



y social, incluyendo el conocimiento científico. El material empírico sobre el cual se construye la teoría es de dos tipos: la investigación psicogenética¹¹ (que fue el énfasis principal en los trabajos de Piaget) y el análisis histórico-crítico de las teorías científicas.

Según Piaget, el desarrollo cognitivo consiste en un proceso permanente de adaptación al medio a través de los mecanismos de asimilación y acomodación. Esto es así tanto en el desarrollo del niño como en la evolución biológica o en el desarrollo científico. En la asimilación lo que ocurre es una interpretación de nuestro entorno en términos de las estructuras cognitivas existentes. La acomodación se refiere al cambio de esas estructuras para lograr que lo nuevo resulte significativo. En este proceso hay siempre una tendencia al equilibrio. Cuando un niño o un adolescente (o un científico) descubren algo razonablemente parecido a lo que ya conocen, lo asimilan al conocimiento previo. Por otro lado, cuando encuentran algo radicalmente diferente, lo ignoran o cambian sus estructuras mentales para lograr acomodar este nuevo conocimiento.

Pero Piaget va todavía más allá al mostrar que los procesos constructivos del conocimiento conducen también a la construcción de la lógica. En este sentido nos dice que hay dos componentes del sistema cognoscitivo: el componente endógeno (que son las estructuras lógicas utilizadas por el sujeto en cada nivel de desarrollo) y el componente exógeno (que está constituido por los hechos y las observaciones del mundo empírico). Entre ellos hay una dinámica en la cual el segundo está siempre subordinado al primero, aunque se construyan conjuntamente.

Piaget desarrolla en su teoría un sistema de pensamiento coherente y atractivo, pero que a nuestro juicio contiene algunas lagunas. Particularmente no queda claro qué representan para él esas estructuras mentales y en qué consiste la adaptación de las mismas. Profundizar en estos aspectos nos conduce al problema de la relación mente-cerebro, es decir, al sustrato neurofisiológico involucrado.

LA RELACIÓN MENTE-CEREBRO Y LOS LÍMITES DEL CONOCIMIENTO

En esta sección nos basaremos fundamentalmente en el pensamiento de Arturo Rosenblueth y más específicamente en una monografía que escribió al final de su vida.¹² Arturo Rosenblueth fue un gran científico mexicano dedicado a la neurofisiología y que siempre cultivó el tema de la epistemología y la filosofía de la ciencia. Fue colaborador de Norbert Wiener, con quien compartió de manera muy cercana sus intereses filosóficos.

Retomaremos ahora las interrogantes sobre el conocimiento, pero lo haremos sin ignorar el sistema



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1999.

biológico que más cercanía tiene con el tema, que es de manera general, el sistema nervioso central y de manera más particular, el cerebro. Nuestras preguntas clave serían ahora del tipo ¿qué es la mente?, ¿existe la mente?, ¿qué significa pensar?, ¿puede una computadora pensar?

Rosenblueth nos presenta una visión dualista en el sentido de considerar que existen, por un lado, *eventos mentales* y, por otro, *eventos materiales*. Los eventos mentales los asocia a las experiencias conscientes: sensaciones, emociones, pensamientos, deseos, memorias, etc. Adviértase que Rosenblueth no postula la existencia de “mentes” como entidades individuales independientes, sino solamente de eventos mentales. Sin embargo, él explica la presencia de un “yo” que permanece por medio de la inclusión de las memorias como parte de esos procesos mentales:

El hecho de que tenemos memorias tiene varias consecuencias: nos hace conscientes de la sucesión temporal de los eventos, nos permite comparar las experiencias presentes con las del pasado, y nos permite integrar una personalidad, un “yo” mental que tiene una historia y cuya continuidad no se interrumpe a pesar del sueño o de otros períodos de inconsciencia.¹³

Para poder plantearse el problema de los límites del conocimiento hay que precisar cómo son las relaciones que median entre los eventos materiales y los eventos mentales. Aquí es donde son útiles los conocimientos de neurofisiología, que aunque en la actualidad son muy avanzados, aquí los expresaremos de forma simple. En principio, la información que adquirimos del universo



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1999.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1997.

material nos llega a través de nuestros sistemas sensoriales. Los receptores sensoriales son células que se excitan ante un cierto tipo de estímulo (luz, calor, etc.) y actúan como transductores al convertir esos estímulos en impulsos eléctricos que viajan por las fibras nerviosas hacia el cerebro, donde se llevan a cabo actividades o eventos neuronales muy complejos, que incluyen la constante reconfiguración de ese entramado neuronal.

Nos explica Rosenblueth que existe la siguiente cadena de eventos para nuestras percepciones: procesos materiales $\Rightarrow$ activación de receptores sensoriales $\Rightarrow$ impulsos eléctricos codificados $\Rightarrow$ eventos neuronales y mentales correlacionados. Aquí nos damos cuenta de que en el proceso suceden una serie de transformaciones, de manera que en todo caso lo único que se preserva del estímulo original es su estructura. Si me quemó la mano, ese calor (energía del movimiento de los átomos) no llega a mi cerebro; si veo un objeto rojo, la luz con la longitud de onda correspondiente no alcanza

a mi cerebro. Lo que recibe mi cerebro es información codificada que no tiene nada en común con los objetos o eventos originales, salvo la estructura,¹⁴ lo cual significa que se conservan ciertas relaciones que existen en el evento original. El evento mental es la sensación final que tengo de quemarme o del color rojo.

Esto último es algo que desde luego otros filósofos han puesto en evidencia, pero en ocasiones de manera muy oscura. Por ejemplo Wittgenstein¹⁵ nos habla de que un pensamiento es una figura lógica de los hechos. La figura sería la estructura. Como vemos, parece estar hablando de lo mismo que se planteaba en el párrafo anterior, pero de una manera muy densa y resumida. Y de cualquier modo que se plantee, de lo que nos habla esto es precisamente de los límites del conocimiento, pues, en última instancia, lo único que conocemos del mundo real es esa estructura, no la cosa en sí.

Ahora bien, lo que resulta interesante rescatar de lo dicho hasta aquí, es la relación que tiene con algunos de los conceptos de Piaget vistos en la sección anterior. Nos referiremos a dos aspectos:

1. Esta preservación de estructuras que ocurre en el proceso natural de conocimiento o de nuestra relación con el mundo sería análoga a lo que sucede al construir modelos o teorías científicas. El modelo o la teoría no me



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Tecali, casa de piedra*, 1997.

2. El proceso de adaptación del que habla Piaget en su sustrato físico o biológico correspondería a la modificación continua de las conexiones funcionales de las neuronas.

Por último, y regresando a la cadena que va desde los estímulos hasta los eventos neuronales y mentales, la pregunta es cómo se relacionan estos eventos finales de la cadena. Según dijimos, Rosenblueth admite esta dualidad de eventos mentales y eventos materiales, pero simplemente como eventos simultáneos, no relacionados causalmente. Solamente los eventos materiales (los fenómenos neurofisiológicos) están relacionados causalmente, siendo el proceso mental sólo un aspecto distinto del mismo evento. Parece que este juicio que nos podría hacer prescindir de los eventos mentales, es decir, hacer del problema cerebro-mente un pseudoproblema. Sin embargo, Rosenblueth insiste en que para poder prescindir del término “evento mental” tendríamos que tener un medio para “traducir” de un dominio a otro, pero esto es imposible, y para mostrarlo utiliza como ejemplo el intento de comunicar a un ciego de nacimiento las sensaciones de los colores:

Por muy detallada que fuese la descripción de los eventos físicos que ocurren en mi cerebro cuando veo un objeto rojo, y aunque fuera macrocósmica o microcósmica, jamás lograría transmitir la connotación introspectiva de la palabra “rojo”.¹⁶

Esto podría derivar nuestro análisis hacia muchos otros temas correlacionados como, por ejemplo, la inteligencia artificial (si una computadora fuera tan elaborada como para llevar a cabo procesos materiales tan complejos como los neuronales, ¿sería consciente?, ¿estaría pensando?, ¿tendría asociados eventos mentales?), el libre albedrío (el que la relación causal sólo se dé en el terreno material ¿significa que no existe el libre albedrío?, ¿la voluntad como un elemento mental es sólo un estado o implica una relación causal con el mundo material, contradiciendo así a Arturo Rosenblueth?), etc. Todos estos temas resultan interesantísimos, pero quedan fuera de la intención de este ensayo cuyo objeto es únicamente mostrar la importancia que tiene tomar en cuenta elementos de las ciencias empíricas para poder abordar con mayores probabilidades de éxito el problema del conocimiento.¹⁷



CONCLUSIONES

Hemos tenido la oportunidad de mostrar cómo las posiciones meramente empiristas y/o apriorísticas, tratadas bajo la óptica de una filosofía especulativa, no resuelven el problema del conocimiento porque en su planteamiento asumen que el punto de partida es algún factor específico, ya sea de carácter sensible o intuitivo, en el cual no se puede reconocer cómo comienza el conocimiento. En ese sentido, es necesario introducir consideraciones de carácter dinámico y ver el conocimiento como un proceso. Existe actualmente la investigación científica en el campo de la psicología y de la neurofisiología que aclara muchos aspectos sobre la transición de los procesos meramente biológicos, incluyendo los reflejos más elementales del recién nacido, hasta acciones mucho más complejas que pueden ya ser caracterizadas como cognoscitivas. La teoría constructivista extiende estos procesos hasta los de la actividad científica introduciendo su principio de continuidad.

Actualmente poseemos conocimientos científicos que no existían en la época de Locke o de Kant y que no se pueden ignorar al intentar dar solución al problema del conocimiento. No cabe duda que abordar el estudio de este tema es una tarea multidisciplinaria, la cual debe incluir todos los esfuerzos intelectuales que permitan construir una teoría más completa e integral.

NOTAS

¹ Austin JL. *Cómo hacer cosas con palabras*, Paidós, Barcelona (1971) 27.

² Un ejemplo revelador de esta transición es la obra cumbre de Isaac Newton que de alguna manera inaugura la ciencia moderna y que en su título reconoce sus orígenes filosóficos: *Principios matemáticos de filosofía natural*.

³ Para una versión abreviada se puede consultar Locke J. *Compendio del ensayo sobre el entendimiento humano*, Tecnos, Madrid (1999).

⁴ Descartes R. *El discurso del método*, Editorial Océano, México (1998).

⁵ Kant I. *Crítica de la razón pura*, Porrúa, México (2000).

⁶ García R. *El conocimiento en construcción*, Gedisa, Barcelona (2000) 18.



El cuasi-empirismo en la filosofía de las matemáticas

Eduardo
Harada Olivares

¿QUÉ SON LAS MATEMÁTICAS?

Desde sus orígenes mismos, la filosofía se ha interesado en las matemáticas pues parecen ofrecer el tipo de conocimiento al que tradicionalmente ella ha aspirado: infalible y exacto, a diferencia del empírico o del que nos proporcionan los sentidos.¹

La matemática, sobre todo el método axiomático de la geometría euclidiana, se convirtió en un modelo metodológico para muchas corrientes filosóficas e inspiró sueños relativos a una “matemática del pensamiento” que nos permitiría calcular en lugar de razonar, obtener resultados seguros y precisos, y que podría ser aplicada automáticamente, incluso por una máquina, para resolver problemas éticos, políticos, etcétera.²

Pero, realmente, ¿qué son las matemáticas?, ¿qué clase de disciplina constituyen?, ¿qué las caracteriza y distingue de otras disciplinas y actividades humanas?, ¿qué hacen los matemáticos cuando las practican? La respuesta que normalmente se daría a estas preguntas es que son una ciencia formal y exacta, es decir, sólo se interesan por las relaciones abstractas entre ciertos elementos, mas no por los elementos concretos en sí mismos, lo cual les permite conseguir resultados precisos.

Según lo anterior, las matemáticas son radicalmente distintas a las ciencias empíricas —ya sean naturales o sociales— que estudian aspectos concretos de la realidad y, por ello, recurren a la

experiencia, es decir, a la observación o a la experimentación, pero sólo logran resultados aproximados, pues la experiencia siempre es particular y contingente.

En la terminología filosófica tradicional, sobre todo a partir de Kant, se diría que los enunciados matemáticos son “analíticos” y que el conocimiento que proporcionan es *a priori*, esto es, no depende de la experiencia y, por ello, es universal y necesario.

De acuerdo con el realismo o platonismo, lo anterior es posible debido a que el tipo de entidades a las que las matemáticas se refieren (no sólo los números sino también los puntos, las funciones, los conjuntos, etc.) no se pueden percibir por medio de los órganos de los sentidos ni están ubicados espacio-temporalmente: podemos percibir *un* número 1 escrito en un libro, pero nunca *el* número 1, del cual son instancias los números concretos que percibimos.

Por eso se ha pensado que las entidades matemáticas, aunque reales o independientes de nosotros, no son físicas, sino inteligibles: se puede pensar en ellas, incluso percibirlas, mas no por medio de los órganos de los sentidos sino de una “intuición intelectual”. Sin embargo, tampoco se reducen a las ideas o a las imágenes mentales que tenemos de ellas, pues mientras éstas varían en cada individuo, las entidades matemáticas son iguales para todos y no cambian.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Mi demonio*, 2005.



LA “CRISIS” DE LOS FUNDAMENTOS DE LAS MATEMÁTICAS

La imagen tradicional de las matemáticas (formal e infalible) fue cuestionada a raíz de la llamada “crisis de los fundamentos de las matemáticas”, que sucedió en el siglo XIX. Dicha “crisis” se originó principalmente por dos descubrimientos: primero, el de las geometrías no euclidianas y, segundo, el de la teoría de los conjuntos.

Desde la antigüedad se puso en duda el famoso quinto postulado, según el cual por un punto externo a una línea recta únicamente puede pasar una sola línea paralela,³ pues dicho teorema no parecía intuitivamente verdadero y no se podía reducir a los otros postulados.⁴ Poco a poco se desarrollaron geometrías que no sólo dejaban de lado dicho postulado sino que partían de postulados radicalmente diferentes: por un punto externo a una línea pueden pasar un número infinito de líneas paralelas o ninguna en absoluto. Al principio se pensó que las geometrías no euclidianas eran simples juegos intelectuales, que no correspondían a la realidad, pero con la teoría de la relatividad de Einstein quedó claro que el espacio físico real, debido a la fuerza de la gravedad, es, por decirlo así, “curvo” y no “plano”, como se supo equivocadamente en la geometría euclidiana.

La geometría es la disciplina matemática que parece más cercana a la realidad y a la experiencia, así que lo anterior fue un duro golpe para la imagen tradicional de las matemáticas: se llegó a la conclusión de que todos los sistemas axiomáticos son meramente convencionales, ninguno en sí mismo verdadero, que los axiomas no son “verdades autoevidentes” sino, simplemente, enunciados que se eligen de modo arbitrario (aunque restringidos a los límites que establecen los valores de la consistencia y la sencillez) y que se aceptan sin prueba para poder demostrar otros.⁵

Pero, de todas formas, surgieron dudas acerca de los conceptos y principios de los que se partía en las matemáticas, así como respecto a los métodos que se empleaban para obtener conclusiones derivadas de ellos, pues se temía que posteriormente, debido a que esos “fundamentos” no eran seguros, se produjeran contradicciones, lo cual pondría en peligro toda la



estructura de las matemáticas y, con ello, a todas las ciencias que se apoyan en ellas.

La “crisis” en los fundamentos de las matemáticas dio lugar, precisamente, a los programas fundacionistas (logicismo y formalismo) que consideran que las matemáticas carecen o requieren de fundamentos, entendidos éstos como últimos y seguros, y que la filosofía, a través de un análisis lógico, puede proporcionárselos.

El segundo factor que contribuyó sustancialmente a la “crisis” de las matemáticas provino de la teoría de conjuntos propuesta por Georg Cantor, que se creyó podría servir para fundamentar lógicamente a la matemática, es decir, para definir todos los conceptos matemáticos por medio de conceptos lógicos y reducir todos los teoremas matemáticos a principios lógicos. Esto fue, precisamente, lo que Gottlob Frege intentó llevar a cabo con su programa logicista. En efecto, poco a poco se había demostrado que la aritmética era la parte más fundamental de las matemáticas, en el sentido de que todos los números pueden ser definidos en términos de los enteros. No obstante, Frege determinó que la definición del concepto de número era inadecuada, así que ofreció una caracterización puramente conjuntista de él.

Por su parte, Russell detectó una paradoja en la teoría de conjuntos: existen conjuntos que, contradictoriamente, se incluyen y excluyen a sí mismos, como el conjunto de todos los conjuntos que no se incluyen a sí mismos. Russell trató de solucionar esta paradoja por medio de su teoría de los tipos (lógicos), distinguiendo diferentes niveles de lenguaje. Pero la solución que propuso trajo consigo nuevos problemas, pues entrañaba la aceptación del “axioma de reducibilidad” que implicaba más problemas de los que solucionaba.

David Hilbert y la escuela formalista trataron de evitar los problemas del logicismo por medio de una teoría rigurosa de la prueba (metamatemática) que permitiría demostrar, de manera absoluta, la consistencia de los sistemas formales o axiomatizados,⁶ para así terminar, de una vez por todas, con el problema de los fundamentos de las matemáticas.

Pero el programa formalista también sufrió un revés. Gödel, en 1931, demostró que ningún sistema formal suficientemente interesante para expresar la aritmética

elemental puede ser axiomatizado de un modo a la vez completo y consistente, es decir, el intento por derivar todos los teoremas de los axiomas para alcanzar la completud conlleva el surgimiento de contradicciones en el sistema, y el intento por alcanzar la consistencia deja algunos teoremas sin probar. Todo sistema puede ser probado a través de otro más potente, no obstante, en este nuevo sistema siempre se llega al mismo problema que en el anterior.

Se llegó, pues, a la conclusión de que las matemáticas no son infalibles y que se puede saber, por métodos informales, cuasi-empíricos, que algunas fórmulas son verdaderas, mas no por métodos formales.

EL CUASI-EMPIRISMO EN LA FILOSOFÍA DE LAS MATEMÁTICAS

El fracaso del fundacionismo permitió el seguimiento de programas no fundacionistas en la filosofía de las matemáticas, según los cuales las matemáticas no necesitan fundamentos, no los pueden tener ni la filosofía puede ofrecérselos, y que, además, sostienen que las matemáticas no son radicalmente diferentes a las ciencias empíricas y al resto de actividades humanas, sino que pueden y deben ser entendidas y explicadas en términos parecidos a ellas: son *cuasi-empíricas*.

Aclaremos, el cuasi-empirismo no plantea que las matemáticas son idénticas a las ciencias empíricas, que no existe alguna diferencia entre ellas o que sus diferencias son insignificantes, sino que el conocimiento que proporcionan es también falible y que los métodos que emplean son semejantes a los de esas ciencias.

El cuasi-empirismo tampoco es un empirismo ingenuo que considera que puede haber observaciones puras, libres de toda teoría o que las matemáticas son el resultado de generalizaciones que se realizan a partir de observaciones empíricas.

Por el contrario, el cuasi-empirismo parte del cuestionamiento que la filosofía posemipirista o pospositivista (de Popper, Hanson y Kuhn entre otros) hizo en contra del empirismo o positivismo lógico, es decir, supone las tesis del holismo, la infradeterminación de las teorías, así como los giros pragmático, sociológico e historicista.

Por ello, el cuasi-empirismo postula que para entender y explicar las matemáticas no basta con analizar su estructura lógica ni su lenguaje sino que hay que estudiar su práctica real, la manera en que efectivamente las aplican los matemáticos, las enseñan los profesores y las aprenden los estudiantes, su historia, las revoluciones que ocurren en ellas, los paradigmas y los programas que dominan, las comunidades de matemáticos, el tipo de retórica que se emplea en ellas y el papel que juega el conocimiento matemático en las distintas sociedades y culturas.

Fue en los años sesenta cuando se empezó a utilizar el término “cuasi-empirismo” para referirse a una concepción falseable y no fundacionista de las matemáticas. En concreto, Imre Lakatos y Hilary Putnam fueron los primeros en usar el término, aunque de manera diferente.

Lakatos, filósofo de origen húngaro, intentó inicialmente desarrollar una filosofía de las matemáticas dialéctica o hegeliana, pero posteriormente adoptó la metodología popperiana de las conjeturas y las refutaciones, así como algunas ideas de Pólya sobre la heurística o el descubrimiento en matemáticas.⁷ Lakatos estableció que: 1) las pruebas formales son falseables por medio de las pruebas informales;⁸ 2) el proceder de las matemáticas no es axiomático, como plantean los formalistas, sino basado en una sucesión de pruebas y refutaciones que sólo llegan a resultados falibles;⁹ 3) el intento de proveer de fundamentos a las matemáticas conlleva un retroceso al infinito; 4) la historia de las matemáticas debe ser estudiada no a través de teorías aisladas sino de series de teorías o, mejor aún, de programas de investigación que incluyen un núcleo firme no falseable y un cinturón protector de hipótesis auxiliares que sí son falseables, pero que son modificables;¹⁰ 5) debemos preferir no el programa matemático que esté completamente axiomatizado sino el que sea progresivo, esto es, el que permita descubrir hechos nuevos e inesperados.

La supuesta necesidad de las matemáticas, nos dice Lakatos, deriva de que nos hemos olvidado, no conocemos, o no valoramos adecuadamente el proceso de pruebas y refutaciones informales, siempre falibles, por medio del cual se llega a las pruebas formales que después dan lugar a las axiomatizaciones.¹¹



Putnam, en cambio, parte de las tesis quineanas acerca del holismo de las teorías y la naturalización de la epistemología, pero también, como su maestro Reichenbach, del impacto de la física moderna en nuestra concepción de la ciencia y de la realidad.¹² En las matemáticas, según Putnam, hay un juego entre postulación, pruebas informales o cuasi-empíricas y revolución conceptual. Putnam fue el primero en reconocer que las matemáticas no son ciencias experimentales y que son más *a priori* que, por ejemplo, la física, sin embargo señala que la distinción entre lo *a priori* y lo *a posteriori* es más bien relativa:¹³ que algo sea *a priori* significa, simplemente, que juega un papel fundamental en nuestra concepción del mundo o en nuestra forma de vida y que, por tanto, no estamos dispuestos a renunciar a ello.

Concretamente, la teoría de conjuntos es indispensable para la física, por ello, las entidades sobre las cuales cuantifica, a saber, los conjuntos, deben ser considerados como reales, pues no se puede aceptar el conocimiento que proporciona la física sin aceptar dichas entidades o, mejor dicho, al aceptar el conocimiento de la física, ya se ha aceptado, implícitamente, la teoría de conjuntos. Así, las matemáticas comparten el contenido empírico con las teorías físicas de las que forman parte y se modifican junto con ellas.¹⁴

De forma análoga a lo que pasa en el campo de las teorías empíricas, en las matemáticas hay distintas teorías rivales, algunas de las cuales han sido abandonadas por su falta de adecuación, como sucedió, según Putnam, debido al desarrollo de la mecánica cuántica.¹⁵ se descubrió que el mundo físico no es explicable por medio de la lógica cuántica sino que es necesaria una lógica polivalente, que vaya más allá del principio de tercero excluido, del mismo modo que la geometría euclidiana fue superada por la no euclidiana.¹⁶

Finalmente, la antología de Thomas Tymoczko, *Nuevas direcciones en la filosofía de las matemáticas*, que incluye artículos de Lakatos y de Putnam, pero también de Pólya, Hersch y Kitcher, entre otros, en la introducción, el postfacio y las introducciones a los artículos plantea, de manera clara y más o menos sistemática, el surgimiento de una nueva filosofía de las matemáticas.



cas, el cuasi-empirismo, que constituye la alternativa frente a los callejones sin salida a los que han llegado los programas fundacionistas y establece que las matemáticas son conjeturales como las ciencias empíricas, pero, también, defiende la idea de que la filosofía de las matemáticas debería estudiar la práctica efectiva y la ciencia real, lo que ha abierto la puerta a enfoques sociológicos, etnológicos, de género, etcétera.

El cuasi-empirismo ha dado lugar a propuestas, como el “constructivismo social” de Paul Ernest¹⁷ y el “humanismo” de Reuben Hersh¹⁸ que difícilmente aceptarían Lakatos¹⁹ o Putnam,²⁰ pues desde su perspectiva conducen al relativismo y al irracionalismo.

REFLEXIONES FINALES

Como anotamos al inicio de este trabajo, el interés por los fundamentos de las matemáticas deriva, en parte, de que tradicionalmente las matemáticas se han concebido como una ciencia especial entre todas las ciencias: un saber en el que se puede alcanzar la certeza plena y la exactitud completa. Y si en las matemáticas no se puede alcanzar, entonces ¿en dónde? Habría entonces que aceptar que todo el conocimiento humano es falible y que todas las actividades humanas también lo son.

Efectivamente, el cuasi-empirismo nos ofrece una nueva imagen de las matemáticas, pero también del conocimiento en general, del ser humano y de la cultura.²¹ Sin embargo, hay que aclarar que ello no nos conduce ni tiene por qué conducirnos al escepticismo, al relativismo o al irracionalismo: no se está afirmando que no podemos estar seguros de nada, que nada puede ser

probado, pues, de hecho, en las matemáticas y en la lógica sí se pueden probar muchas cosas; el problema es que dichas “pruebas” tienen límites y sólo tienen valor dentro de ciertos márgenes.

Aclaremos también que el cuasi-empirismo a pesar de su “constructivismo”, no se opone ni excluye al realismo o a la idea de que existe algo independiente de nosotros ni tiene por qué reducirse o identificarse con el subjetivismo.

Por el contrario, es posible un realismo constructivista como el de Popper, según el cual las matemáticas son una creación humana: sin los seres humanos o seres como nosotros, no existirían; no obstante, una vez creadas se convierten en un mundo autónomo o con leyes propias (diferente del físico y del subjetivo o psicológico) y en el cual hay relaciones y consecuencias imprevistas, impredecibles, pero necesarias, que tenemos que descubrir e investigar.²²

Desde luego, el cuasi-empirismo no está exento de defectos. En mi opinión, algunos de los principales son, en primer lugar, que puede dar lugar a una confusión nociva entre la investigación matemática y la filosofía e historia de las matemáticas, es decir, entre la práctica de las matemáticas y la reflexión sobre ellas.

En segundo lugar, a diferencia de los programas fundacionistas que dieron origen a importantes desarrollos técnicos dentro de las matemáticas, por ejemplo, el logicismo dio paso a un nuevo tipo de lógica, el formalismo a la metamatemática, etc., el cuasi-empirismo no lo ha hecho ni parece poder hacerlo. Es decir, en términos de Lakatos, parece, más bien, un programa regresivo o que no descubre hechos nuevos sino que sólo trata y puede dar cuenta de los hechos ya conocidos.

Sin embargo, lo anterior sólo es cierto en parte; ya que uno de los campos más interesantes y fructíferos que caracterizan al cuasi-empirismo es el estudio del papel





© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Mi demonio*, 2005.

que juegan las computadoras en las demostraciones matemáticas.²³

Pero la principal virtud del cuasi-empirismo es, como ya dije, que ha traído consigo un cuestionamiento de algunas dicotomías en las que descansa nuestro pensamiento (por ejemplo, lo empírico y lo formal, lo analítico y lo sintético, lo *a priori* y lo *a posteriori*, el descubrimiento y la justificación, etc.) que suelen ser aceptadas como si fueran universales, necesarias y hasta eternas, con lo cual nos obliga a revisar nuestra concepción del conocimiento, de la realidad y de nosotros mismos.

B I B L I O G R A F Í A

- Ayer AJ. *Language, truth and logic*, Dover Publications, New York, s/f (*Lenguaje, verdad y lógica*, Martínez Roca, Madrid (1970)).
- Baker SF. *Philosophy of mathematics*, Prentice Hall, New Jersey (1964).
- Benacerraf P y Putnam H (edit.). *Philosophy of mathematics. Selected readings*, Cambridge University Press (1998).
- Bloor D. *Conocimiento e imaginario social*, Gedisa, Barcelona (1998).
- Carnap R. "The logicist foundations of Mathematics" en Benacerraf P y Putnam H, *op. cit.*
- Davis PJ y Hersh R. *The mathematical experience*, Editorial Houghton Mifflin Company, New York (1998).
- Dou A. *Fundamentos de la matemática*, Labor, Barcelona (1970).
- Ernest P. *Social constructivism as a philosophy of mathematics*, State University of New York Press (1998).
- Euclides. *Elementos*. Libros I-IV, Gredos, Madrid (2000).
- Eves H. *Foundations and fundamental concepts of mathematics*, Dover Publications, New York (1990).
- Frege G. *Escritos filosóficos*, Cátedra, Barcelona (1996).
- . *Conceptografía. Los fundamentos de la aritmética. Otros estudios filosóficos*, UNAM, México (1972).

- Garcíadiego Dantan AR. *Bertrand Russell y los orígenes de las "paradojas" de la teoría de conjuntos*, Alianza Editorial, Madrid (1992).
- Garrido J. *Verdad matemática*, Nivola, España (2003).
- George A y Velleman DJ, *Philosophies of mathematics*, Blackwell publishers, Oxford (2002).
- Hahn H. "Lógica, matemática y conocimiento de la naturaleza" en Ayer AJ. *El positivismo lógico*, FCE, México (1981).
- Hersh R. *What is mathematics, really?*, Oxford University Press, New York (1997).
- Hilbert D. *Fundamentos de las matemáticas*, UNAM, México (1993).
- Holm Kjeldsen T y otros, *New trends in the history and philosophy of mathematics*, University Press of Southern Denmark (2004).
- Hume D. *Tratado de la naturaleza humana*, Editora Nacional, Madrid (1981).
- Kant I. *Tratado de lógica*, Editora Nacional, México (1972).
- . *Crítica de la razón pura*, Alfaguara, Madrid (1995).
- Kline M. *Matemáticas. La pérdida de la certidumbre*, Siglo XXI, México (1985).
- Körner S. *Introducción a la filosofía de las matemáticas*, Siglo XXI, México (1967).
- Lakatos I. *La metodología de los programas de investigación científica*, Alianza Editorial, Madrid (1998).
- . *Matemáticas, ciencia y epistemología*, Alianza Editorial, Madrid (1987).
- . *Pruebas y refutaciones. La lógica del descubrimiento matemático*, Alianza Editorial, Madrid (1994).
- Larvor B. *Lakatos. An introduction*, Routledge, Londres (1998).
- Laudan L. *Ciencia y relativismo*, Alianza Editorial, Madrid (1993).
- . "The sins of the fathers. Positivist origins of post-positivist relativism" en *Beyond positivism and relativism. Theory, method and evidence*, Westview, Colorado (1996).
- Levi B. *Leyendo a Euclides*, Zorzal, Buenos Aires (2001).
- Navarro J. *La nueva matemática*, Salvat, Barcelona (1973).
- Nagel E y Newman JR, *El teorema de Gödel*, CONACYT, México (1981).
- Poincaré H. *Filosofía de la ciencia*, CONACYT, México (1984).
- Popper KR. *Conocimiento objetivo*, Tecnos, Madrid (1988).
- . *La lógica de la investigación científica*, REI-Tecnos, México (1990).
- . *Conjeturas y refutaciones*, Paidós, Barcelona (1991).
- . *Búsqueda sin término. Una autobiografía intelectual*, Tecnos, Madrid (1994).
- . *Realismo y el objetivo de la ciencia*. Post-scriptum a *La lógica de la investigación científica*, v. I, Tecnos, Madrid (1995).
- . *En busca de un mundo mejor*, Paidós, Barcelona (1994).
- . *La responsabilidad de vivir. Escritos sobre política, historia y conocimiento*, Paidós, Barcelona, 1995.



- . "Reply to my critics" en *The philosophy of Karl Popper*, v. 2., Open Court, La Salle, Illinois (1974).
- . *Los dos problemas fundamentales de la metafísica*. Basado en manuscritos de los años 1930-1933, Tecnos, Madrid (1998).
- Popper RK y Eccles J. *El yo y su cerebro*, Labor, Barcelona (1985).
- Putnam H. *Mathematics, matter and method*. Philosophical papers volume 1, Cambridge University Press (1979).
- . *Lo analítico y lo sintético*, Cuadernos de Crítica 24, UNAM-IF, México (1983).
- . *Razón, verdad e historia*, Tecnos, Madrid (1988).
- Quine WV. *From a logical point of view*, Harper Torchbooks, New York (1961). (*Desde un punto de vista lógico*, Paidós, Barcelona (2002)).
- . *Filosofía de la lógica*, Alianza Editorial, Madrid (1977).
- . *Selected logic papers*, Harvard University Press (1995).
- Rorty R. *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Cátedra, Madrid (1989).
- Russell B. *Misticismo y lógica y otros ensayos*, Edhasa, Barcelona (2001).
- . *Los principios de la matemática*, Espasa-Calpe, Madrid (1977).
- . *Introducción a la filosofía matemática*, Paidós, Barcelona (1998).
- . *Análisis filosófico*, Paidós, Barcelona (1999).
- Segura LF. *La prehistoria del logicismo*, UAM-I y Plaza y Valdés, México (2001).
- Shanker S (edit.). *Philosophy of science, logic and mathematics in the twentieth century*, Editorial Routledge, New York (1996).
- Shapiro S. *Thinking about mathematics. The philosophy of mathematics*, Oxford University Press (2000).
- . *Foundations without foundationalism. A case for second-order logic*, Clarendon Press, Oxford (1991).
- Stove D. *El culto a Platón y otras locuras filosóficas*, Editorial Cátedra, Madrid (1993).
- Tymoczko T. *New directions in the philosophy of mathematics*, Princeton University Press, New Jersey (1988).
- Wittgenstein L. *Remarks on the foundations of mathematics*, Edición revisada, The mit Press, Cambridge (1996). (*Observaciones sobre los fundamentos de las matemáticas*, Alianza Editorial, Madrid (1978)).
- . *Tractatus logico-philosophicus*, Alianza Editorial, Madrid (1994).
- . *Investigaciones filosóficas*, UNAM-Crítica, Barcelona (1988).

NOTAS

- ¹ El carácter que normalmente se le atribuye a las matemáticas queda expresado en frases como "tan cierto como 2 más 2 es 4", "si Pitágoras no se equivoca, entonces...".
- ² Recordemos, por ejemplo, la ética de Spinoza *al more geometrico*.
- ³ Euclides, Libro I, *Elementos*, 15-16.
- ⁴ Proclo, *Com.* 191, 21 ss.
- ⁵ Esta es la nueva concepción de axioma que asumió el enfoque formalista de David Hilbert. Véase *Los fundamentos de la aritmética*. Curiosamente, Frege, el padre de la lógica moderna, tenía una concepción todavía tradicional de los sistemas axiomáticos. Véanse sus escritos sobre los fundamentos de la geometría incluidos en *Escritos filosóficos*, op. cit., así como el capítulo dedicado a Frege en el libro de Jesús Mosterín, *Los lógicos*.
- ⁶ Las pruebas "absolutas" de consistencia son las que permiten demostrar la consistencia de un sistema sin dar por supuesta la consistencia de otro sistema, en concreto, deberían permitir demostrar, a través de métodos finitistas, la imposibilidad de derivar ciertas fórmulas contradictorias. Lo que se busca es descubrir una fórmula que no sea un teorema, pues si pu-

diese derivarse cualquier fórmula de los axiomas, entonces esto probaría que éstos son contradictorios (de una contradicción se sigue cualquier cosa). Véase *El teorema de Gödel* de Nagel y Newman.

⁷ Por ejemplo, en *How to solve it*.

⁸ "¿Existe un renacimiento del empirismo en la reciente filosofía de las matemáticas?", así como en "¿Qué es lo que prueba una prueba matemática?" en *Matemáticas, ciencia y epistemología*.

⁹ *Pruebas y refutaciones*, un libro que fue publicado póstumamente con base en la tesis de doctorado de Lakatos (1961) y algunos artículos publicados entre 1963 y 1964.

¹⁰ *Metodología de los programas de investigación científica*.

¹¹ En la segunda parte de "El método de análisis-síntesis" (1973). En la parte final de *Pruebas y refutaciones* también presenta una teoría de cómo se pasa de las matemáticas a la lógica.

¹² "The logic of quantum mechanics", *Mathematics, matter and method*.

¹³ "What is mathematical true?", *Mathematics, matter and method*.

¹⁴ "Philosophy of logic?", *Mathematics, matter and method*.

¹⁵ Lo anterior es debido al principio de indeterminación (o, desde el punto subjetivo, incertidumbre) de Heisenberg.

¹⁶ En "Philosophy of logic?" Putnam señala que es casi imposible distinguir entre las matemáticas y la lógica.

¹⁷ *Social constructivism as philosophy of mathematics*.

¹⁸ *What is mathematics, really?*

¹⁹ Recuérdense las críticas de Lakatos en contra de Kuhn y Feyerabend debido a su supuesto psicologismo y sociologismo relativista, así como su distinción entre la historia interna (la verdaderamente importante) y la externa de la ciencia.

²⁰ En *Razón, verdad e historia* Putnam hace una crítica de Kuhn y Feyerabend y, en general, a todas las posturas sociologistas e historicistas; durante un tiempo asumió un "realismo externo" y hasta cierto reduccionismo funcionalista (que a mediados de los años setentas criticó y abandonó por completo) y propuso una especie de nueva fundamentación de las matemáticas por medio de la lógica modal (según la cual las matemáticas no tratan tanto de realidades sino de potencialidades), etc., debido a lo cual muchos seguidores del cuasi-empirismo no lo incluyen dentro de la nueva filosofía de las matemáticas.

²¹ También hay que señalar que el cuasi-empirismo tiene consecuencias fundamentales para la enseñanza y el estudio de las matemáticas, y que ha dado lugar a una concepción constructivista (que encuentra su base en la psicología cognitiva), opuesta a las llamadas "matemáticas modernas", ligadas a los proyectos fundacionistas (que condujeron a la enseñanza de la teoría de conjuntos en la primaria).

²² La necesidad de las matemáticas, nos dice Popper, deriva de un hecho sociológico simple, a saber, que todas las acciones tienen consecuencias imprevisibles, y a veces indeseables, pero inevitables. Véase "El conocimiento y la configuración de la realidad" en *En busca de un mundo mejor*, 40-45; "Epistemología sin sujeto cognoscente" en *Conocimiento objetivo*, 126-135; "Observaciones de un realista sobre el problema mente-cuerpo" en *La responsabilidad de vivir*, 83-88; *El universo abierto. Un argumento a favor del indeterminismo*, 140-143 y *El yo y su cerebro*, 41-54.

²³ Véase la sección "Computers and mathematical practice: A case study" en la antología de Tymoczko.

Eduardo Harada Olivares, profesor de la Escuela Nacional Preparatoria, UNAM. edharada@hotmail.com



La lógica Y LA COMPRENSIÓN del lenguaje

Luis
Estrada González

Muchas de las discusiones más interesantes en la filosofía contemporánea están relacionadas con las llamadas “oraciones de acción”. Éstas ocupan un lugar muy importante en los planteamientos en lógica, en filosofía de la acción y en filosofía de la mente. Uno de los problemas que suscita este tipo de oraciones es el saber cuál es su forma lógica, pero —independientemente de cuál sea la respuesta correcta— autores como Donald Davidson opinan que la aclaración de la forma lógica de dichas oraciones mostraría que “[...] el significado de las oraciones [...] depende de su estructura.”¹ Por otro lado, hay autores como Strawson quienes sostienen que la comprensión de este tipo de oraciones, y de todo el lenguaje en general, se realiza gracias a la comprensión del lenguaje mismo, no al conocimiento que pueda tenerse de la lógica o la forma del lenguaje, y que la lógica y las teorías basadas en ella no son capaces de ofrecer por sí mismas una teoría satisfactoria de la comprensión. En este trabajo confronto ambas posturas para mostrar cómo sus respectivos puntos fuertes pueden utilizarse para una nueva teoría de la comprensión del lenguaje.

LAS ORACIONES DE ACCIÓN

La comprensión del lenguaje es un tema complicado y puede ser abordado desde diferentes puntos. En el aspecto aquí estu-

diado, la comprensión del lenguaje resulta problemática cuando se discute cómo es reconocible la validez de las implicaciones que involucran a oraciones modificadas adverbialmente. Si bien resulta claro el reconocer que una oración modificada adverbialmente implica a cualquier oración que se obtenga privando de uno o más modificadores adverbiales a la primera oración, no queda del todo claro cómo han de ser simbolizadas las inferencias que cotidianamente consideramos válidas.

Para entender mejor el problema de poder encontrar la forma lógica de estas oraciones, considérese la oración (1) “Juan besó a María cuando estaban en el jardín a medianoche”. Parece ser que de ella pueden inferirse correctamente las siguientes oraciones:

- (2) “Juan besó a María”
- (3) “Juan besó a María cuando estaban en el jardín”
- (4) “Juan besó a María a medianoche”
- (5) “María fue besada por Juan”, etcétera.

Sin embargo, no hay un consenso entre los lógicos acerca de cuál es la manera de simbolizar este tipo de oraciones para que resulten todas las inferencias que se hacen “naturalmente” en el lenguaje ordinario.²

Davidson propone una manera especial de simbolizar (1) admitiendo la existencia de “eventos” o “sucesos” para que sean válidas, en un cálculo cuantificacional, las inferencias (2)-(5) y las demás oraciones relacionadas.³ Esta propuesta es particularmente importante para Davidson porque está vinculada directamente con su teoría del significado. Él dice que una teoría satisfactoria del significado debe realizarse “ampliando” la concepción tarskiana de la verdad⁴ ya que, según Davidson, la teoría del significado no consiste en sumi-



nistrar una explicación del significado de palabras individuales, sino en analizar la estructura de las oraciones. Opina que no se requiere una teoría para dar el significado de “bueno”, pero que es preciso analizar la estructura de, por ejemplo, “Bardot es una buena actriz” al explicar por qué esta última oración no es equivalente a “Bardot es buena y Bardot es actriz”, no obstante, por qué “Bardot es una actriz francesa” sí es equivalente a “Bardot es francesa y Bardot es actriz”. Lo que Davidson propone es que dar el significado de una oración es proporcionar sus condiciones de verdad. Aquí es donde la propuesta de Davidson tiene semejanza con el programa tarskiano: una oración S que describa la estructura de alguna oración es T si y sólo si p . El único predicado T que cumple esta condición es un predicado de verdad materialmente adecuado. Usando el ejemplo dado anteriormente, Davidson diría que la emisión (serie de sonidos o inscripciones) “Juan besó a María cuando estaban en el jardín a medianoche” es verdadera si y sólo si cumple con las condiciones en la cual es verdadera la emisión “Hay un evento que fue un beso de Juan a María y ese evento ocurrió en el jardín y ese evento ocurrió a medianoche”. Según Davidson es gracias al cumplimiento de la condición especificada anteriormente que puede darse la “productividad semántica”, esto es, la capacidad que los hablantes tienen para producir y comprender oraciones que nunca han oído, pues formularían oraciones nuevas respetando el esquema según el cual son verdaderas.⁵

© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2003.





© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2003.

STRAWSON Y LA “EXPLICACIÓN ADVERBIAL”

Ante cierto descontento con el modelo davidsoniano, el filósofo inglés sir Peter Frederick Strawson intenta dilucidar cómo es que comprendemos, o “captamos” el significado de oraciones y las inferencias obtenidas a partir de ellas. Strawson dice que no comprendemos las oraciones gracias a la aplicación del cálculo cuantificacional o al conocimiento de su forma lógica. Más todavía, que no necesitamos del cálculo cuantificacional para poder comprender oraciones y realizar inferencias válidas. Strawson asegura que el problema que suscitan las oraciones de acción, entre otros, demuestra que el programa que intenta reducir la gramática del lenguaje ordinario a la de la lógica está condenado al fracaso anunciado por el *dictum* strawsoniano, hoy lugar común en la filosofía, “[...] el lenguaje ordinario no tiene una lógica exacta.”⁶

Strawson comenta que el conocimiento de la lógica, ya sea implícito o explícito, no es una condición necesaria para la comprensión del lenguaje, ya que la mayoría de la gente no sabe lógica y comprende y realiza las inferencias: postular un conocimiento implícito es, dice, una hipótesis “misteriosa” e “inverificable”.⁷ Luego añade que dicha comprensión puede llevarse a cabo atendiendo solamente a la “superficie del lenguaje”, esto es, que el manejo de ciertas partes del lenguaje permite la comprensión de otras partes. Por ejemplo, para reconocer la equivalencia entre “Juan besó a María cuando estaban en el jardín a medianoche” y “Hubo un evento que fue un beso de Juan a María y ese evento

ocurrió en el jardín y fue a medianoche” hay que admitir, expresa Strawson, que comparten los mismos elementos semánticos (porque es una verdad semántica que todo beso es un evento y que todo evento ocurre en algún lugar y en algún momento, aunque esto no se haga explícito en el lenguaje ordinario).⁸

Strawson llama “explicación adverbial” a esta manera de explicar la comprensión como independiente de la lógica. Concretamente, lo que Strawson no está dispuesto a aceptar es que el conocimiento del cálculo cuantificacional sea una condición para la comprensión del lenguaje^{9,10} ni que podamos efectuar las inferencias gracias a que de alguna manera “captamos” su verdadera forma lógica. Cuando mucho, agrega, puede considerarse que las oraciones e inferencias ordinarias son equivalentes a las oraciones e inferencias parafraseadas, pero que en todo caso el reconocimiento de esa equivalencia se realiza gracias a que sabemos que ambos tipos de oraciones e inferencias constan de las mismas relaciones entre los mismos elementos semánticos (sujetos y objetos de verbos intransitivos, etc.) y que ese conocimiento es el conocimiento del funcionamiento y del uso del lenguaje ordinario, no de la lógica.¹¹

El punto que me interesa resaltar en este trabajo es que Strawson puede tener razón en su manera de explicar la comprensión de las oraciones y de las inferencias que se hacen con ellas. Sin embargo, eso no le quita el mérito al intento de Davidson ni al de los teóricos que están de acuerdo con la afirmación de que el significado



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2004.

de las oraciones depende de su estructura. Por ejemplo, Strawson afirma que la equivalencia entre “Juan besó a María” y “Hubo un evento que fue un beso de Juan a María” depende únicamente de los elementos semánticos de las oraciones mismas: son equivalentes porque comparten los mismos elementos semánticos. No obstante, oraciones como “Claudia está a la derecha de la silla en el jardín a medianoche” y “La silla está a la derecha de Claudia en el jardín a medianoche” son incompatibles a pesar de que comparten los mismos elementos semánticos: “Claudia”, “silla”, “en el jardín”, “a medianoche”, “estar a la derecha de”. Para decir que en realidad no comparten los mismos elementos semánticos, esto es, para distinguir entre “Claudia está a la derecha de la silla” y “la silla está a la derecha de Claudia” hace falta apelar a la sintaxis, a la manera de ordenar los elementos semánticos: la “forma”.¹² Pero, ¿cómo puede decirse al mismo tiempo que el significado de las oraciones depende de su estructura, como sostiene Davidson, y que la comprensión de esas mismas oraciones no implica el conocimiento de ella (el conocimiento del cálculo cuantificacional), que sería lo correcto del planteamiento de Strawson?

LA LÓGICA Y LA COMPRENSIÓN DEL LENGUAJE

Ya alguna vez Bertrand Russell señaló que Strawson solía confundir problemas ya distinguidos o claramente discernibles. Creo que en este caso también es así. Un problema es el de la forma lógica de las oraciones y otro es el de la comprensión de esas oraciones. Ese es un punto a favor de Strawson. Pero el punto importante es



a favor de Davidson. Si bien puede ser cierto que comprendemos las oraciones sin saber cálculo cuantificacional, parece poco plausible que esas oraciones no tengan una forma lógica. ¿Por qué? Porque pueden obtenerse inferencias a partir de ellas y, aunque también podamos comprender tales inferencias sin tener ni idea de que hay algo así como el cálculo cuantificacional, tales inferencias no son válidas independientemente del cálculo cuantificacional.

De esta manera es como Strawson puede tener razón en que comprendemos las oraciones gracias a la “estructura superficial” del lenguaje (el uso y el aprendizaje de elementos semánticos ordinarios) pero Davidson y otros filósofos tienen razón, aunque no señalen explícitamente esta cuestión, en que no podríamos comprender las oraciones y las inferencias sin que tuvieran cierta forma lógica y sin que entre ellas regulara la gramática del cálculo cuantificacional. Strawson también puede tener razón en que el aprendizaje de nuevas palabras se debe, en las actividades ordinarias, únicamente al uso de los elementos del lenguaje ordinario, pero parece poco plausible que se dé el significado de una nueva palabra sin con ello garantizar de alguna manera que hay condiciones que aseguren la verdad de la equivalencia de significados enseñada. Ello no quiere decir que los hablantes tengan un dominio “implícito” de la lógica, pero sí quiere decir que la estructura del lenguaje ordinario no es y no puede ser contraria a la de la lógica.¹³ De esta manera, lo correcto sería afirmar que el lenguaje tiene una forma lógica más que decir que los hablantes tienen un dominio implícito de la lógica, ya que Strawson señala acertadamente que atribuir un dominio implícito a los hablantes es invocar algo “misterioso” e “inverificable”.¹⁴ Además, un conocimiento implícito no es lo mismo que tener la capacidad de aprender algo. Los hablantes no tendrían un conocimiento implícito de la lógica, sino que tendrían la capacidad de aprenderla para poder encontrar la forma lógica que tiene el lenguaje. Quizá una buena manera de entender la tesis davidsoniana que afirma que el significado de las oraciones depende de su estructura sería decir que la forma lógica de las oraciones es una condición necesaria para el significado. Sin embargo, no



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2003.

sería suficiente porque, como es sabido, dos oraciones pueden tener la misma forma lógica, pero distinto significado¹⁵ y, recogiendo el aporte importante de Strawson, las diferencias de significado surgen en contextos específicos de uso del lenguaje.

El proyecto davidsoniano de brindar una teoría semántica partiendo de la forma lógica del lenguaje ordinario todavía no ha sido logrado. Davidson mismo señala que aún falta investigar la forma lógica de enunciados contrafácticos, subjuntivos, enunciados de probabilidad, enunciados causales, adverbios, adjetivos atributivos, términos de masa, verbos de creencia, de percepción, de intención y de acción. Además, como se indicó más arriba, parece que la sola investigación de la forma lógica del lenguaje no puede brindar una teoría satisfactoria del significado y la comprensión. Por ejemplo, siguiendo algunas sugerencias de Strawson, Dummett critica el modelo davidsoniano del significado en sus puntos más importantes.^{16, 17} La teoría alternativa presentada por Putnam es mucho mejor y, quizá, definitiva. Sin embargo, la noción de “forma lógica” manejada por Davidson es muy importante porque los hablantes podrían comprender algo falso, pero no algo ilógico. En ese sentido la propuesta de Putnam presupondría la noción de forma lógica, mas no las de “significado”, “verdad”, etc., nociones que habían sido el blanco de las críticas de Dummett. Estos autores tienen razón en indicar que para dar una teoría completa de la comprensión hay que atender a muchas más nociones que la de “verdad”, por ejemplo, las de “intención (de comunicar)”, “uso”, “funcionamiento”, “éxito (en la comunicación)”, entre otras. Estas consideraciones merecen ser señaladas, pero indudablemente requieren de un trabajo independiente para desarrollarlas con todo detalle.

NOTAS

¹ Davidson D. “The logical form of action sentences” en *Essays on actions and events*, Oxford University Press (1980) 133-187.

² Los estudios clásicos acerca del tema son, además de los de Davidson, los de Anthony Kenny (Davidson le otorga a él el crédito de haber sido el primero en señalar el problema de las oraciones de acción) en *Action, emotion and will*, Routledge and Kegan Paul, London (1963); Hans Reichenbach, *Elements of symbolic logic*, Macmillan Co., New York (1947); Roderick Chisholm, The descriptive elements in the concept of action, *Journal of Philosophy* 61 (1964) 613-624 y The ethics of requirement, *American Philosophical Quarterly* 1 (1964) 1-7.

³ La propuesta de Davidson consiste en considerar a los sucesos o eventos como entidades cuantificables de la misma manera en la cual se cuantifican mesas, personas, caballos, etc. Como puede verse, el problema de las oraciones de acción involucra también problemas ontológicos. Particularmente creo que Davidson peca de “sobrepoblar el universo” pues quizá los “sucesos” puedan reducirse a relaciones entre objetos. Además de esto, creo que su simbolización adolece de problemas no menores que el de la poliadicidad variable. Sin embargo, estas cuestiones merecen tratarse en un trabajo independiente.

⁴ El proyecto de Davidson sería una ampliación del tarskiano porque las condiciones y la definición de Tarski sólo fueron propuestas para los lenguajes formales. Tarski siempre se mostró escéptico acerca de la posibilidad de dar una definición de verdad para los lenguajes ordinarios que fuese “materialmente adecuada” y “formalmente correcta”, primero, porque los lenguajes ordinarios son sus propios metalenguajes y, segundo, porque los lenguajes ordinarios están en crecimiento (no son especificables). El optimismo de Davidson se basa en los logros de Chomsky y de la lógica en general.

⁵ Davidson D. “Truth and meaning” en Martinich AP (ed.), *The philosophy of language*, Oxford University Press (2001) 98-109.

⁶ Strawson PF. “On referring” en Linsky L (comp.), *Essays on sense and reference*, Chicago University Press, 165.

⁷ Strawson PF. Sobre la comprensión de la estructura de nuestro lenguaje en *Libertad y resentimiento*, Paidós, Barcelona (1999) 183.

⁸ Strawson PF. “Meaning and understanding. Structural semantics” en *Analysis and metaphysics*, Oxford University Press (1992) 97-108.

⁹ Strawson PF. Sobre la comprensión de la estructura de nuestro lenguaje en *Libertad y resentimiento*, Paidós, Barcelona (1999) 181-189.

¹⁰ Strawson PF. “Meaning and understanding. Structural semantics” en *Analysis and metaphysics*, Oxford University Press (1992) 99-108.

¹¹ Strawson PF. Sobre la comprensión de la estructura de nuestro lenguaje en *Libertad y resentimiento*, Paidós, Barcelona (1999) 185-189.

¹² Juan Francisco Orea Retif me señaló esta cuestión, simplemente me he limitado a generalizarla a cualquier tipo de elemento semántico.

¹³ No tengo lo que considero un argumento contundente para demostrar que ningún lenguaje puede ser contrario a la lógica, pero me remito al desafío wittgensteiniano y davidsoniano de construir un lenguaje “ilógico”: no podría saberse si un lenguaje ilógico es un lenguaje.

¹⁴ Strawson PF. Sobre la comprensión de la estructura de nuestro lenguaje en *Libertad y resentimiento*, Paidós, Barcelona (1999) 183.

¹⁵ Por ejemplo, la forma de “Juan camina” y “Claudia baila” es la misma, Fx, pero sin duda son oraciones diferentes.

¹⁶ Dummett M. “Frege’s distinction between sense and reference” en *Truth and other enigmas*, Duckworth, London (1978) 116-144.

¹⁷ Dummett M. “What is a theory of meaning?” (I) en Guttenplan S (comp.), *Mind and language*, Oxford, Clarendon Press, 97-138.

Luis Estrada González, Facultad de Filosofía y Letras, BUAP. loisayaxsegrob@hotmail.com



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Biografía del yo*, 2003.

SERGIO Javier González Carlos

Sergio Javier González Carlos. Ha realizado exposiciones individuales desde 1980, de entre las cuales sobresalen las efectuadas en la galería *Il Diaframma* en Milán, Italia; el Museo de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco; el Museo Amparo, Puebla; la Universidad Iberoamericana GC; la Universidad de las Américas-Puebla; amén de numerosas colectivas en bienales internacionales de fotografía y arte, como: SICOF'85 en Milán, BEFU'85 en Beograasky Sajam, Yugoslavia y la XLV Bienal de Venecia, Exposición Internacional de Arte 1993, ésta última con fotografía fija y producción audiovisual basada en el concepto de Raymundo Sesma.

En fechas recientes su obra ha sido exhibida en el Museo de Artes Decorativas en Praga, en el Museo de la Universidad Nacional de Corea, en el Centre Civic Besòs en Barcelona, en el Übersee Museum en Bremen y en el Bürgerhalle Im Rathaus en Wolfsburg, Alemania; asimismo ha sido organizador activo y expositor permanente en los diez Salones Independientes de Arte Erótico, llevados a cabo en Puebla.

Sus fotografías se han impreso en revistas como *Flash Art International*, *Flash Art en Europa*, *Art News*, *Print USA*, *Crítica*, *Elementos*, entre otras.

Destacan entre las publicaciones en las que ha participado la del Museo de Escultura Contemporánea Federico Silva (en prensa); *La Basílica Catedral de la Puebla de los Ángeles*, UPAEP; *A la luz de la Puebla*, con textos de Héctor Azar; *la Apología del Teatro Principal de Puebla*; *Viajero* de Mario Benedetti; *Advento-Constructio* de Raymundo Sesma; *Joseph Bartolí*, alcaldía de Barcelona, España; *Las iglesias de Puebla*, UPAEP.

Ha recibido múltiples premios y distinciones, entre ellos: Primer lugar en el Tercer Encuentro de Arte Contemporáneo en Puebla, Mención honorífica en la Primera Bienal de los Ángeles, Tercer lugar y Mención honorífica en el Club Fotográfico de México, diversos premios otorgados por el Club Fotográfico de Puebla, *La foto del año* del Club Fotográfico 7, la Cédula Real, distinción del Gobierno de la ciudad de Puebla.

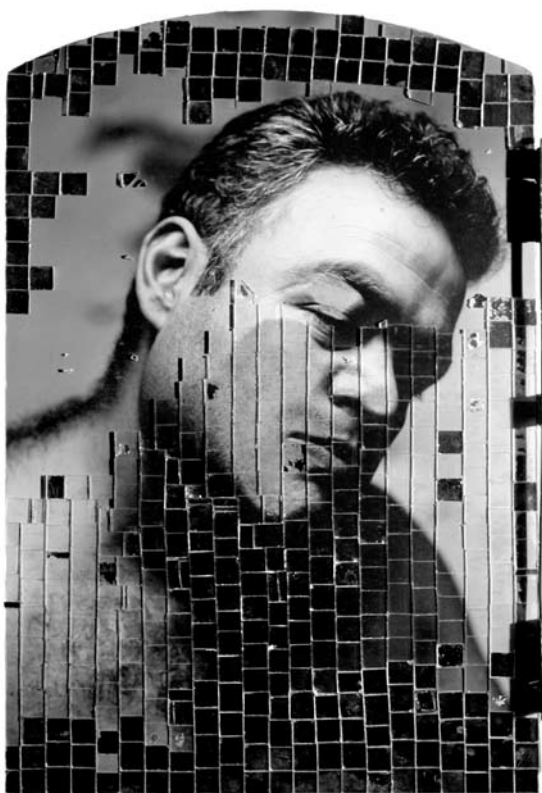
Entre los distintos proyectos de instalación y multimedia que ha desarrollado pueden citarse los realizados en Chichén Itzá, Yucatán, y el del Castillo de Chapultepec en la ciudad de México. yavyer@yahoo.com.mx



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Biografía del yo*, 2003.

LA VIDA EN EL ESPEJO

La egolatría, o el simple interés por estampar una imagen autoidentificatoria, no son las motivaciones exclusivas que dan origen al género del autorretrato. A lo largo de la historia del arte, los artistas han empleado sus propios cuerpos y rostros para conformar otros discursos. En el pasado encontramos los autorretratos de Rembrandt,



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Biografía del yo*, 2004.



descubriendo en ellos un muestrario de sensaciones, estados de ánimo y etapas vitales. En la actualidad, pintores como Lucian Freud, ostentan semejantes intereses expresivos. Retratan la psique y sus estados, y con ello, no sólo la propia, sino la de cualquier ser humano.

Se dice que la universalidad se alcanza a través de la profunda introspección del sujeto y, por supuesto, con el consenso público que dicha labor genera; que el espectador llegue a reconocerse en el autor, es un ideal codiciado por muchos creadores.

El trabajo reciente del fotógrafo y artista plástico Sergio Javier González Carlos evidencia tal anhelo, y para ello hace uso de sus propios recursos técnicos y materiales. Él utiliza espejos como papel fotográfico, donde queda impresa la imagen; en este caso, su imagen. Es particularmente elocuente el tipo de espejos que emplea, tan comunes (de botiquín de baño, usados y reutilizados) que podrían ser el propio, o el del vecino, o el de la casa de nuestros parientes y amigos, o enemigos. Se convierte en Espejo-Símbolo, que no es un espejo anónimo y estéril, sino “el-espejo-de-todos”, con el que más contacto tenemos a diario, para bien o para mal. “Miro el espejo y veo tu rostro”, podría ser la ecuación dulzona que resuelve estas piezas, y que funciona por igual tanto para el espectador como para el autor. Es una obra impresionante por su bien logrado equilibrio entre la ejecución técnica y la intensidad expresiva.

Como Javier González es un creador ávido, no se conforma con la mera reflexión en el espejo, de ahí que busca transportarlo. En sus primeras piezas, el espejo se revela como un límite espacial infranqueable para el autor y el espectador. Esto se percibe en el contacto de algunas partes del cuerpo del autor con el propio espejo; evidentemente, nuestras manos y cuerpo encuentran la misma resistencia al contacto con el espejo. Pero en nuevas piezas, Javier González emplea imágenes de su rostro y cuerpo impresas en láminas transparentes adheridas a cristales enmarcados a modo de ventanas, en las cuales, el espectador puede traspasar con su mirada al propio autor e interactuar con el espacio de fondo. Como espectador, nos identificamos entonces con la levedad fantasmal que adquiere el fotógrafo, así como también con la mirada anónima de los rostros tras la ventana.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Biografía del yo*, 2003.

En plena efervescencia creativa, Javier González va ampliando sus recursos plásticos, unificados en su mayoría por la imagen de sí mismo en distintas etapas de su transcurrir vital. Destaca en este sentido la reinterpretación hecha a uno de sus autorretratos juveniles.

El discurso humanista-existencial que Javier González emplea es valioso en este tiempo —en el que el localismo y el subjetivismo en el arte, son vistos con reservas— y se ubica a contracorriente de los discursos

globales sustentados por los curadores en turno y engrosados por filones de creadores manieristas.

Personalmente creo que la obra de este autor es netamente contemporánea porque refleja la tensión experimentada tanto por los creadores como por el ciudadano común: la tensión entre asumir un proyecto existencial propio y el anhelo de reconocimiento en “el otro”, corriendo el riesgo de quedar atrapado en el intento.

Martín Peregrina, artista plástico



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Biografía del yo*, 2004.



Lo “glocal”, nueva perspectiva para desarrollar museos de ciencias

Elaine **Reynoso**

Carmen **Sánchez Mora**

Julia **Tagüeña**

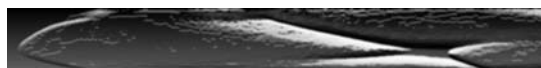
LA RELEVANCIA DE LOS CENTROS DE CIENCIA EN LOS CONTEXTOS CULTURAL Y SOCIAL

Vivimos en un mundo en el que la ciencia y la tecnología han producido enormes cambios no sólo a nivel social, sino personal, que se han extendido por todos los rincones del planeta a través de la economía global. Se considera a los museos y centros de ciencia como sitios idóneos para divulgar los resultados de la ciencia y la tecnología, pero a pesar de que se habla continuamente de los modelos funcionales de estas instituciones, poco se ha analizado su influencia social y mucho menos se ha reflexionado respecto a la forma en que los museos de ciencia han respondido a esta misión. De este cuestionamiento se derivan múltiples interrogantes, entre ellas, las relativas a su potencial de renovación, de la imagen de ciencia que transmiten, de su poder de atraer a diversos públicos, de su capacidad inclusiva, y de sus nexos con la escuela formal. En términos de la relevancia de la ciencia y la tecnología, las preguntas van dirigidas hacia la calidad y frecuencia en el contacto de los museos con el desarrollo de la ciencia en las universidades, a su habilidad para acoplarse a los avances de las nuevas tecnologías de comunicación y a su integración en los aspectos locales de las sociedades a las que dicen servir. Sin embargo, la discusión tampoco termina en estas cuestiones, se enfoca cada día más en la calidad de los museos

de ciencia como agentes de equidad social, al grado en que la preocupación sobre su desempeño se orienta constantemente en emitir un juicio de valor relacionado con el papel que juegan en la formación de ciudadanos comprometidos con su entorno social y natural.

Si se parte de la definición más general de museo, entendido como una institución al servicio de la sociedad y de su desarrollo, cuyas funciones sustantivas consisten en: adquirir, conservar, investigar, comunicar y exhibir, para fines de estudio, educación o deleite, testimonios y materiales del hombre y su entorno (artículo tercero, Estatutos del ICOM, 1947), salta a la vista su papel social, ya que al estar inmerso en la misma sociedad que lo genera, será un reflejo fiel de todo cambio cultural. Por ello es que los museos deberán ser sensibles a su contexto al tiempo que asumen su misión. Dentro de esta sensibilidad se incluye, por tanto, el promover la cultura científica y la técnica a través de la divulgación de la ciencia, donde uno de los principales motores para lograrlo es un enfoque afectivo.¹

El proceso de construcción del conocimiento es el resultado de nuestra interacción con el mundo natural, social y cultural en que vivimos; este proceso es gradual y continuo y toda experiencia vivida contribuye a él en mayor o menor grado. Así, el aprendizaje, como resultado de este proceso de construcción del conocimiento, sucede no sólo en el terreno cognitivo, sino también en el afectivo. La ventaja que ofrecen los museos en este sentido es la oportunidad de vivir experiencias diferentes (poco comunes en otros ámbitos, en particular en el de la escuela). Estas vivencias son ricas y diferentes por varias razones: la posibilidad de que los visitantes vean objetos reales (no representaciones) o representaciones más comprensibles como, por ejemplo, los modelos tridimensionales. También existe la facilidad de emplear el medio más adecuado para comunicar las ideas, de satisfacer diversos estilos de aprendizaje y tipos de inteligencia, y de fomentar el aprendizaje colectivo. Además, las ideas y los conceptos se pueden presentar en contextos que resultan novedosos y actuales. Las situaciones vividas en el museo, muchas veces únicas, promueven la reflexión inmediata o posterior de quien las experimenta, dependiendo de sus intereses y sus conocimientos previos. El



resultado de la visita a un museo es que los visitantes establecen conexiones con los materiales expuestos, tanto a nivel cognitivo como emotivo, lo que difícilmente podría lograrse en otro ámbito educativo.

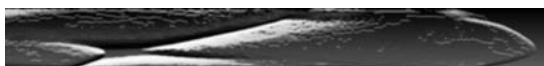
LA EVOLUCIÓN DEL MUSEO “UNIVERSAL”

AL MUSEO CONTEXTUAL

Los museos de ciencia son uno de los medios más importantes para la popularización de la ciencia porque tienen la posibilidad de entrar en contacto directo con los receptores del mensaje, lo que permite apreciar de manera inmediata su impacto, a diferencia de lo que ocurre con otros medios de comunicación, como un texto o un programa de radio, donde el interlocutor pierde su individualidad. Por ello es que se busca que los museos de ciencia integren a sus exhibiciones de carácter masivo, actividades de comunicación interpersonal. Esta capacidad de acercarse al receptor y conocer sus necesidades e intereses se ha convertido en el principal generador de nuevos estilos de museos de ciencia.

A pesar de que los centros de ciencia surgieron de un modelo común “global” en nuestro país y, en general, en Latinoamérica, han ido conformando una personalidad propia, particularmente al introducir aspectos culturales y étnicos como atractivos de corte afectivo que provocan en los visitantes experiencias familiares y, por lo mismo, memorables. La personalidad propia de nuestros museos de ciencia se manifiesta tanto en los contenidos como en la forma en que éstos se exhiben, donde el dar a conocer lo que se ha hecho y se hace en la localidad contribuye sustancialmente a la generación de ese sentido de pertenencia, meta de los museos actuales.

Si bien los museos y centros de ciencia son espacios ideales para presentar la ciencia de una manera atractiva, el contexto social y cultural en el que se ubican constituye su referente principal, de ahí que tomarlo en cuenta para organizar exposiciones y actividades tendría una doble intención: atraer al público al mostrarle contenidos cercanos a su vida y al mismo tiempo fomentar un sentimiento de orgullo y compromiso con



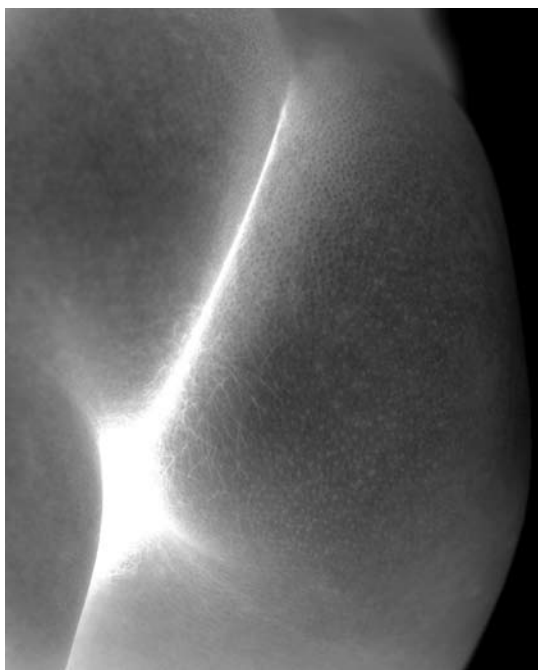
su propio ámbito. Sin embargo, una vez comprendido el entorno social en el que se inserta un museo, éste deberá voltear la mirada y desarrollar programas específicos para otras poblaciones, alejadas o marginadas, que difícilmente tendrían acceso a su labor. Dichos programas no solamente deben contemplar el aspecto económico del acceso, sino también los temas de interés de estos grupos vulnerables y las estrategias de comunicación para los distintos públicos.

Se ha escrito mucho sobre las clasificaciones de los museos de ciencia en diferentes “generaciones”. Lo que estas generaciones reflejan son cambios en la filosofía de los museos, los contenidos, la forma de presentar los temas, los objetivos y la relación con el usuario. Tanto los museos de ciencia al igual que los abogados a otras temáticas como el arte, la arqueología o la historia, muestran lo que la sociedad ha considerado valioso en distintos momentos de su historia.² Son un reflejo de la evolución del conocimiento, no sólo en cuanto a su contenido, sino también en relación con los criterios utilizados para validarlo, así como de lo que se espera que el visitante se apropie.

Los primeros museos aparecieron en el siglo XV y su fin fue albergar colecciones de obras de arte y objetos



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.

de valor. Estas colecciones, pertenecientes a monarcas y nobles, se instalaron en galerías privadas. Los primeros museos de ciencia, los denominados de primera generación, se remontan a los siglos XVII y XVIII cuando la nobleza y los intelectuales de la época comenzaron a interesarse por coleccionar objetos del “mundo natural”, los cuales fueron estudiados y clasificados por las recién creadas sociedades científicas. Estos museos, de interés para los estudiosos del material que contenían, excluyeron claramente al público general.

El siglo XIX, época de grandes imperios, trajo consigo la necesidad de mostrar a la sociedad su patrimonio cultural y tecnológico con el fin de fomentar un sentimiento de orgullo nacional. Pronto se vio que los museos eran un buen instrumento para tales fines. Así surgieron los grandes museos nacionales. Posteriormente, con el fin de atraer al gran público se decidió que sería interesante que los visitantes pudieran no sólo observar los objetos valiosos, sino que además tuvieran la oportunidad de tocarlos. Fue así que se buscó que los aparatos exhibidos pudieran ser manipulados por el público, con el auxilio de personas capacitadas que le explicasen su funcionamiento. Este giro en la forma de presentar los contenidos y la relación establecida con el público marca el inicio de los museos de segun-

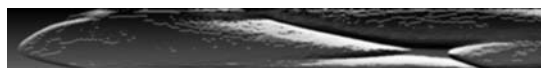


© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.

da generación. Ejemplos de museos pioneros de esta generación son el Deutsches Museum de Munich, el Palais de la Découverte en París, el Museo de Ciencia e Industria de Chicago y el Franklin Institute Science Museum en Filadelfia.³

El impulso mundial de los años sesenta y setenta por mejorar e incrementar la enseñanza de la ciencia también tuvo su impacto en los museos. Éstos se vieron como una excelente herramienta didáctica para personas de todas las edades, pero especialmente para los jóvenes. Fue así como nacieron los museos de tercera generación. La característica más evidente de estos museos fue la disminución considerable o, en algunos casos, la ausencia total de “objetos intocables”. La interactividad se convirtió en la palabra clave y lo que se buscaba era la participación activa de los visitantes. Los pioneros de esta nueva generación fueron: el Exploratorium de San Francisco y el Ontario Science Centre de Toronto.⁴ A partir de esas experiencias, empezaron a surgir en todo el mundo museos con las características mencionadas; curiosamente, los museos de colecciones también se fueron adaptando a este nuevo modelo.

A partir de la década pasada comenzó a establecerse un nuevo modelo de museos, los llamados de



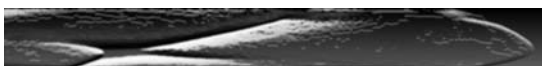
cuarta generación. Estos museos son parecidos a los anteriores en cuanto a contenido, es decir, más que una colección de objetos, lo que se exhibe es una colección de conceptos y efectos. La gran diferencia entre los de tercera y cuarta generación es que los primeros proporcionan al usuario una experiencia con un “final cerrado”, mientras que los segundos ofrecen equipamientos con un “final abierto” de acuerdo con las características particulares de los usuarios. Los museos que se autodenominan de cuarta generación, brindan una experiencia inmersiva.⁵ En estos museos se enfatiza la promoción de la creatividad y el desarrollo de habilidades, en lugar de los conceptos que comunican.

Hoy en día coexisten museos de las cuatro generaciones; todos cumplen una función importante y por eso no es posible afirmar que unos sean mejores que otros. Es más, la mayoría de los museos actuales tienen características de las cuatro generaciones; por tanto, más que intentar definir o ubicar a los museos dentro de una clasificación, lo que se busca es alcanzar una meta común, que es lograr la comunicación de la ciencia e incluir también otros temas importantes para la sociedad como la sustentabilidad, la equidad, las polémicas científicas y el equilibrio entre el conocimiento universal y el local.

LO “GLOCAL”: UN COMPROMISO ENTRE LO GLOBAL Y LO LOCAL

La globalización ejerce un impacto decisivo en los modelos económicos y culturales de todo el planeta, con una dependencia fundamental en el desarrollo científico y tecnológico. En particular, las instituciones educativas y culturales no pueden estar al margen de este proceso. De ahí que la comunidad museística mundial esté inmersa en el debate sobre la misión de los museos de ciencia ante esta nueva realidad, tal como se manifestó recientemente en el IV Congreso Mundial de Museos de Ciencia, celebrado en Brasil en abril de 2005.⁶

Wendy Harcourt y Arturo Escobar⁷ consideran que la globalización está provocando una homogenización cultural del mundo, proceso en el cual lo local tiende a desaparecer para dar paso a la cultura hegemónica



norteamericana del consumismo, facilitada por las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Ante esta realidad, todo parece indicar que para que un país sea competitivo en el ámbito mundial deberá buscar la mejor inserción factible en la economía y la sociedad global, lo cual implica que tendrá que producir más, consumir más y contribuir a la expansión del libre mercado. Cuando esto ocurre, lo local tiende a verse como lo estático, lo contrario al progreso y por lo tanto es minimizado y tiende a desaparecer. Pero según los autores mencionados, lo local nunca desaparece del todo y aunque ya no exista en forma pura, siempre se da una adaptación de lo global a lo local —el enfoque a los problemas se hace dentro del marco global pero siempre referido a las situaciones locales—, y es precisamente esta adaptación lo que se denomina “glocal”.

Es en este contexto glocal en el cual se propone repensar la cultura científica nacional,⁸ porque para ser ciudadanos del mundo se requiere buscar un balance entre lo global de la ciencia y la técnica, pero sin olvidar lo local que, como se ha mencionado, es imposible soslayar. Tomar en cuenta lo local implica considerar la cultura nacional o regional, los proyectos que de ellas puedan emanar, la comunidad que está involucrada en estos proyectos y los problemas que le atañen, así como difundirlo para crear un sentimiento de pertenencia y un ambiente propicio para que se apoyen este tipo de iniciativas. La propuesta de desarrollo sustentable es un claro ejemplo de colaboración glocal y multidisciplinaria, pues en ella no se concibe la explotación de los recursos naturales sin tomar en cuenta el contexto y, mucho menos, sin la intervención de diferentes campos del conocimiento para la resolución de problemas particulares de conservación.

El fenómeno anteriormente descrito sucede también en los museos, por un lado, porque las fronteras entre las disciplinas se están borrando para dar paso a temas abordados desde enfoques multidisciplinarios y, por otro, dado que los museos se ven ahora ante la necesidad de considerar su impacto educativo a nivel local a largo plazo, para lo cual es fundamental tomar en cuenta su contexto social, económico y cultural local, pero siempre dentro del marco global.

LOS MUSEOS DE CIENCIA Y SU POSTURA FRENTE A LA EQUIDAD Y LA DIVERSIDAD

Para ser instituciones socialmente pertinentes, los museos de ciencia requieren estar ubicados dentro de las preocupaciones antes descritas y estar al día en la temática que exhiben, que de por sí está sujeta a un avance continuo y acelerado. Por ello, dentro del marco del desarrollo de nuevos modelos para los centros de ciencia, éstos se enfrentan al siguiente reto: la creación de un nuevo centro de ciencia en el que el visitante sea usuario, que funcione como un centro de educación no formal que no establezca límites de edad ni de preparación académica o escolar y que al mismo tiempo sea divertido y novedoso; que acerque al usuario a las nuevas tecnologías, pero que respete los conocimientos locales. Y además, sobre todo, que aborde al usuario de una manera amigable y lo acerque respetuosamente a la ciencia y la tecnología, contribuyendo a hacer de éstas parte de su cultura.⁹ Además, los museos deben integrarse a su comunidad para convertirse en lugares que permitan a sus habitantes el aprendizaje para y por toda la vida, para lo cual, el usuario debe poder llegar hasta las fronteras de la ciencia de un modo accesible. Para ello se requerirá que el visitante encuentre en este



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.

Lo “glocal”, nueva perspectiva...



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.

tipo de museos un foro para debatir sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología, con el fin de proporcionarle los elementos necesarios para tomar decisiones a nivel personal y colectivo. Pero al mismo tiempo, los nuevos museos de ciencias tienen la obligación de propiciar determinadas actitudes, fomentar valores y contribuir a la formación de ciudadanos con un espíritu comunitario, comprometidos con su entorno natural y social.

Para lograr estos objetivos es fundamental que estas instituciones contemplen al visitante no sólo como usuario, sino como interlocutor, lo que implica abandonar el modelo vertical de comunicación usual en este tipo de museos, del que sabe al que no sabe, para dar paso al intercambio de saberes en un proceso de comunicación continua, en el cual la equidad y la tolerancia hacia la diversidad sean premisas fundamentales.

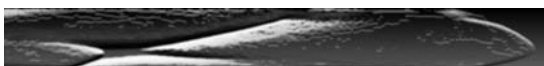
No es de extrañar que si la equidad proviene de la tolerancia, una de las armas más poderosas para su búsqueda es la ciencia. ¿Cuál ha sido, si no la ciencia, el factor determinante para derrumbar las ideas de que las mujeres tienen un cerebro subdesarrollado? ¿Qué rama del saber ha demostrado que no existen razas inferiores? ¿De dónde, sino de la ciencia, proviene el conocimiento de la relación entre un óptimo desarrollo infantil y una buena nutrición? A éstas y muchas otras cuestiones que han dividido a la humanidad durante siglos ha dado respuesta la ciencia en un combate frontal a los prejuicios y la discriminación irracional. No olvidemos que la ciencia ofrece soluciones tangibles, que es

escéptica y se reconstruye sobre sus errores (precisamente ésa es su mayor virtud).

Pero en la búsqueda de la tolerancia y la democracia, más que considerar a la ciencia como disciplina, está el conocimiento y la comprensión del quehacer científico, es decir, el proceso que implica hacer ciencia, en el cual la objetividad, la capacidad de elaborar modelos de la realidad, la verificación experimental y la aceptación de que un error implica un cambio de modelo, nos hacen sin duda ser más tolerantes y menos dogmáticos.

Si un museo divulga la ciencia y sus procedimientos tendrá que exhibir estas cuestiones e integrarlas a todo aquello que forma parte del conocimiento local, es decir, temas de particular importancia en cada país o región, que han sido abordados por sus pobladores desde los inicios de su historia. Dado que estos temas tienen una significación especial para todos los habitantes, discutirlos y sobre todo exhibirlos, creará el acercamiento afectivo necesario hacia los temas científicos, muchas veces percibidos por los usuarios como ajenos y alejados de su vida y preocupaciones. Dentro de esta misma línea, será necesario que el museo enfatice la investigación local y actual en nuestro país, en un intento para que los visitantes perciban a la ciencia como una actividad propia.

Si, como el equipo del museo Universum considera (www.universum.unam.mx),¹⁰ el popularizar la ciencia favorece a la equidad, habrá que empezar por desarrollar programas que efectivamente acerquen la ciencia a toda la población, para lo cual se requieren programas específicos que también atiendan a la población marginada, o a la que tiene alguna desventaja. Además se hacen in-



dispensables los programas extramuros, como las exposiciones itinerantes, que lleven los museos a lugares remotos. Y si finalmente el museo busca incidir sobre sectores de la población lo más amplios posibles, deberá preocuparse particularmente por la infancia, que en términos de la integración a lo global, deberá gozar de oportunidades semejantes a las de los demás niños del resto del mundo.

Cabe aclarar que buscar una sociedad equitativa no significa hacer desaparecer la diversidad cultural; todo lo contrario, la equidad es el reconocimiento y respeto a las diferencias, es la igualdad de oportunidades que no siempre ha sido un común denominador en nuestro país, dada su realidad histórica.

Un museo de ciencias es un foro público para la diversidad cultural en tanto que el discurso museográfico suprime las barreras del lenguaje y las diferencias culturales al manejar mensajes adaptables para todos, donde la exploración de ideas puede lograrse a través del ejercicio de distintos sentidos y sensibilidades. En este aspecto, la incorporación del arte en sus exhibiciones ha sido de gran ayuda, ya que la observación de objetos, ilustraciones, diagramas y objetos de arte no sólo



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.

promueve el aprendizaje, sino que ayuda a establecer una liga entre el pasado y el presente, temporalidades comunes a diferentes grupos sociales. Ante estas nuevas formas de exhibir en los museos de ciencias, donde ya no se busca homogeneizar la experiencia y donde se respeta la diversidad, ha habido en correspondencia la aceptación de que cada visitante se lleve consigo un mensaje de acuerdo a su particular visión, necesidades y experiencias.

Como parte de la labor para respetar la diversidad en este mundo globalizado e intensamente comunicado, el museo de ciencias también se ha abocado a presentar los variados discursos culturales de nuestro país. Si bien consideramos la universalidad de la ciencia, nuestros ejemplos tratan aspectos regionales únicos que incluso se ven reflejados en nuestro estilo de exhibir.

Por otro lado, nos hemos propuesto presentar en temas que lo justifiquen las dos visiones: la aceptada por la comunidad científica y la “tradicional”, sin emitir juicios de valor, sólo resaltando el procedimiento de análisis crítico. Hemos visto por ejemplo, que en temas relacionados con la biodiversidad y la salud, es particularmente importante que los museos reflejen la realidad regional, pues ambos son temas de gran impacto social, que tienen que ver con los estilos de vida de una sociedad y a través de los cuales no sólo se transmite una educación ambiental y para la salud, sino que son tópicos que se prestan magníficamente para abordar la equidad social.

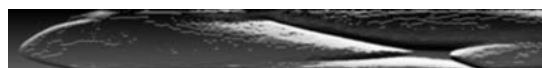
EL FUTURO DE LOS NUEVOS CENTROS DE CIENCIA EN EL MARCO GLOBAL

No hay que olvidar que si bien la mayor parte de las sociedades actuales se desarrollan a partir de bases tecnológicas altamente complejas producto de la globalidad, existen muchas evidencias de que al mismo tiempo, la ciencia es frecuentemente malinterpretada. En particular sabemos que a nivel local, las industrias básicas como la energética, la química y la farmacéutica tienen una pobre imagen frente al público y son altamente cuestionadas. Lo anterior lleva a una profunda paradoja: los estilos de vida actuales resultan muy atractivos, pero en el fondo, se hacen evidentes miedos profun-

dos y extremas reacciones de rechazo en la casi universal organización de grupos de presión locales que se oponen a los desarrollos científico y tecnológico. Sin embargo, para que las demandas de estos grupos sean adecuadas y tomadas en cuenta, será necesario que exista el apoyo público, emitido por una población bien informada y que manifieste una posición clara en sus convicciones. Por tanto, volver a la ciencia y la tecnología accesibles resulta vital, si se espera contar con el respaldo global a este tipo de actividades. Lo anterior significa que las acciones científicas y tecnológicas que se lleven a cabo deberán ser comprensibles por todos, al mismo tiempo que sus intenciones deberán plantearse con honestidad y con la abierta exposición de sus costos y beneficios.

Además, cada vez se comprende mejor que en una sociedad democrática la gente debe estar informada respecto al trabajo de los científicos para emitir opiniones fundamentadas en temas polémicos, como la clonación, la biotecnología y la protección ambiental.

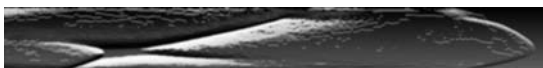
Sabido es que el miedo, la desconfianza y las malas decisiones del público se basan en la ignorancia y por tanto, para promover el apoyo y la comprensión de las personas hacia la ciencia y la tecnología se requieren los medios apropiados para influir en la opinión pública.



Podría pensarse que tal función radica en el ámbito de la educación o bien en el interés individual por acercarse a la ciencia. Cualquiera que sea el caso, es imprescindible transmitir información lo más amplia y veraz posible porque, sin duda, la responsabilidad del rumbo que tomemos como comunidad y como planeta es de todos.¹¹ Pero no es fácil romper el círculo de la desconfianza, a menos que existan instituciones que divulguen adecuadamente el conocimiento científico, lo cual se logra si se parte de una verdadera comunicación con una amplia diversidad de públicos. Precisamente, los nuevos centros de ciencia se miran como instituciones que ejercen funciones educativas, mercadotécnicas y de entretenimiento, cada vez más demandadas por la sociedad actual. El camino que ha llevado a plantearlos de esta manera ha sido largo; en su recorrido ha sido imperativo basarse en estudios continuos y detallados sobre los públicos y en la evaluación como elemento inherente a todo el proceso creativo de sus exposiciones. Durante su evolución también se ha constatado que la información que transmiten debe ser correcta,

© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Betty Blue*, 2002.





comprensible y que precisa reconocer puntos de vista alternativos, por lo cual requieren de suficiente flexibilidad para responder a los problemas locales. Pero, sobre todo, después de mucho tiempo de operación se concluye que los visitantes buscan en los museos de ciencias una orientación libre de dogmatismos. Lo anterior ha marcado la necesidad de buscar un equilibrio delicado y al mismo tiempo crucial entre los factores más inverosímiles como los costos de la entrada, la actitud de los custodios o hasta las explicaciones de sus guías, pues de no lograrse tal balance, la credibilidad en el mensaje transmitido puede verse afectada.

Sabemos hoy que las exhibiciones exitosas no sólo ocurren, sino que requieren de inspiración creativa y de realización metódica. Se debe considerar además a un amplio rango de edades y habilidades técnicas de los visitantes, para que todos se sientan bienvenidos, así como buscar un adecuado balance entre las exhibiciones de aprendizaje interactivo con aquellas de corte más pasivo. En las exposiciones es necesario evitar la saturación de información, sin llegar a ofender a la mente inquisitiva; igualmente es imperativo brindar una calurosa bienvenida y una atención satisfactoria a los visitantes con capacidades diferentes. Sin embargo, más que todo, es importante que las exhibiciones se diseñen alrededor de un tema unificador que conduzca, en una progresión lógica y gradual, a través de todo el museo de ciencia ofreciendo al mismo tiempo la más absoluta libertad de recorrido, sin que la comprensión dependa de una secuencia de visita.

A todo esto habrá que añadir la indispensable conexión con la ciencia y la tecnología globales, junto con los conocimientos y valores locales.

CONCLUSIONES

México, como muchos otros países del orbe, tiene la necesidad de proporcionar educación a todos sus habitantes, si busca poseer ciudadanos competitivos ante los retos que imponen el crecimiento global acelerado de la ciencia y la tecnología. Los museos de ciencia y otros programas de divulgación luchan por la popularización de estos temas, en un intento por hacer llegar

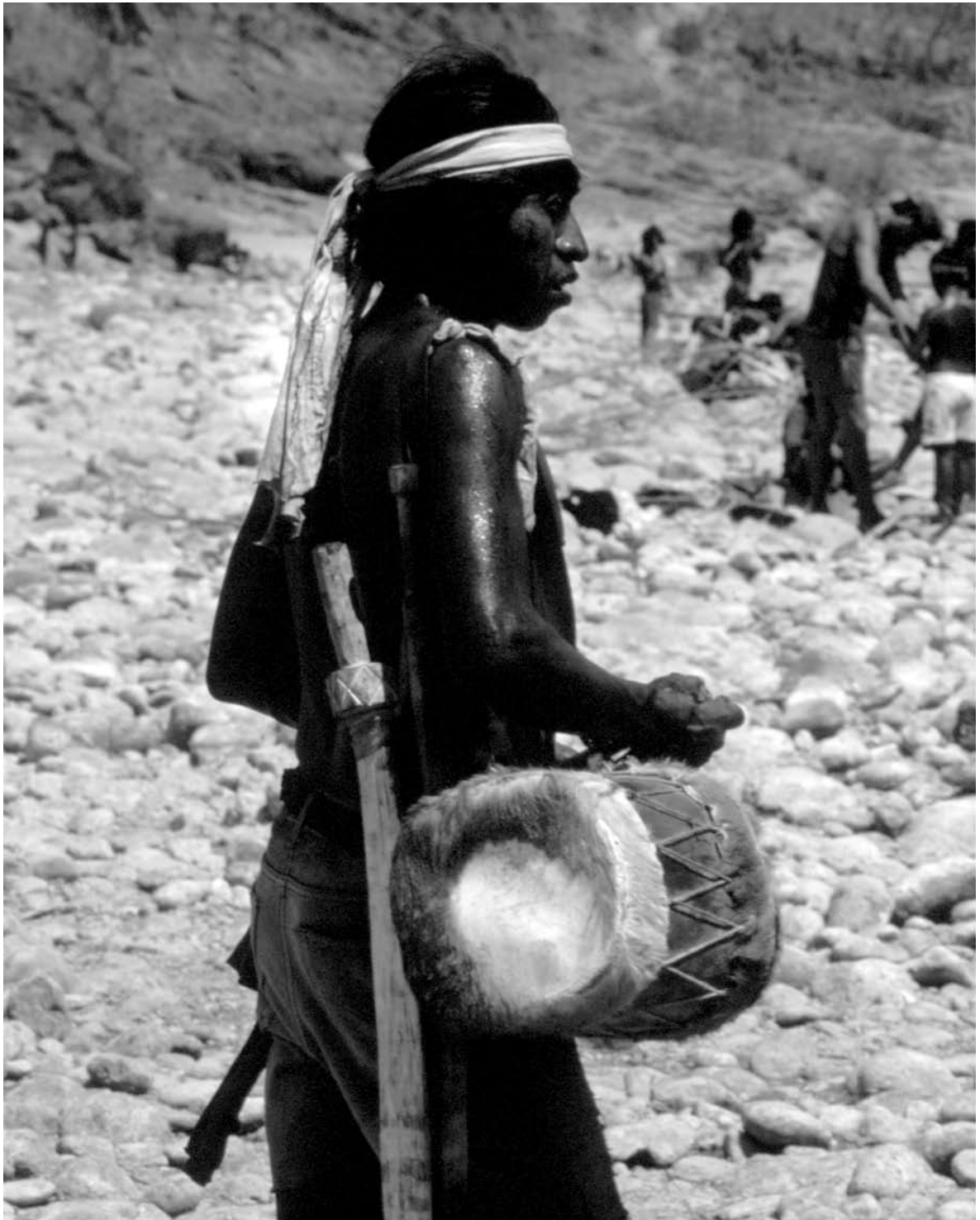
estos conocimientos a toda la población. Sin embargo, aun en los museos de ciencia actuales, este esfuerzo es todavía insuficiente, por lo que se investigan nuevos modelos de exhibición que se aproximen a esta meta. En este artículo se propone un modelo de comunicación museística glocal que combina el conocimiento universal con la realidad local.

La ciencia no solamente contribuye a una mejor calidad de vida y a una mayor comprensión del universo, sino también a combatir prejuicios y discriminaciones. Por otra parte, la equidad implica la tolerancia a la diversidad cultural. Consideramos que por su labor educativa, por la importancia del tema que divulgan y por su interés en ser socialmente incluyentes, los museos y centros de ciencia contribuyen a la búsqueda de una sociedad más justa. Al reunir grupos multidisciplinarios que desarrollen y exhiban ejemplos culturales y étnicos locales, los museos de ciencia del futuro favorecerán esta tolerancia y, si además combinan los temas científicos con las diversas manifestaciones del arte, podrán ser apreciados por una gran diversidad de visitantes.

REFERENCIAS

- ¹ Beyer ME. Razones y significados del museo de ciencias. *Elementos* 52 (2003) 37-42.
- ² Hooper Greenhill E. *Museums and the shaping of knowledge*, Routledge, London, New York (1995).
- ³ Grinell S. *A new place for learning science*, Association of Science and Technology Centres (ASTC), Washington, DC, EE UU (1992).
- ⁴ Grinell S. *Op. cit.*
- ⁵ Padilla J. "Desarrollo de los museos y centros de ciencia en México" en Camizo JA (edit.), *El impacto social de los museos y centros de ciencia*, CONACYT y AMCCYT, México (1999) 83-99.
- ⁶ Tagüeña J. "News models and challenges for science centres and museums", Plenary Session, 4th Science Centre World Congress, Rio de Janeiro, Brasil, abril (2005).
- ⁷ Hartcourt W y Escobar A. Mujeres y política de lugar. *Desarrollo* 45 (2002) 7-13.
- ⁸ Reynoso HE. *La responsabilidad social del divulgador en la formación de una cultura científica nacional*. Ponencia presentada en la sesión plenaria *Cultura científica y cambio social*. VIII Reunión de la Red Pop (Red de popularización de la ciencia de Latinoamérica y el Caribe). León, Gto., México (2003).
- ⁹ Sánchez Mora C. Los museos de ciencia, promotores de la cultura científica. *Elementos* 53 (2004) 35-43.
- ¹⁰ Beyer ME. *Op. cit.*
- ¹¹ Tagüeña J. Los museos latinoamericanos de ciencia y la equidad. *Historia, Ciencias, Saúde* 12:419-427 (2005).

Elaine Reynoso, Carmen Sánchez Mora y Julia Tagüeña, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM. jtag@servidor.unam.mx



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Borrados*, 2003.

El cocodrilo

Y EL SABER popular

Fabio Germán
Cupul Magaña

Ana Julia
Santos Ramos

Desde la antigüedad el hombre ha elaborado mitos, leyendas, parábolas, refranes y fábulas acerca de los seres vivos que le rodean, con la finalidad de explicar la complejidad del mundo que habita (cosmovisión) o para impartir una enseñanza moral. Es común que los protagonistas de estas narraciones sean animales, los cuales son investidos con cualidades humanas tan sublimes como la caridad o tan grotescas como la avaricia.

En este proceso de atribuir dones e incapacidades a la fauna para la instrucción popular, es claro cómo algunas culturas buscaron en ella rasgos físicos o de comportamiento que les permitieran antropomorfizarla. ¿A quién no le resulta familiar relacionar a las abejas u hormigas con la industriosisdad o el trabajo en equipo, al burro con la ignorancia, al águila con la gallardía y la sagacidad o al zorro con la picardía y el engaño?

Fue el fabulista griego Esopo (620-560 a.C.) quien supo humanizar en narraciones cortas a los animales confiriéndoles los vicios y las virtudes de los hombres; eso sí, con un gran talento satírico y siempre acompañadas de una moraleja. Estas narraciones breves, de carácter alegórico y contenido moral, ejercieron una gran influencia en la literatura de la Edad Media y en el Renacimiento.

Existe una infinidad de animales que han sido personajes centrales de narraciones populares como las de Esopo; sin embargo, a nosotros nos causa admiración el papel desempeñado



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Borrados*, 2003.



por el cocodrilo, ya que para los egipcios era un dios creador y protector llamado Sobek, y en Mesoamérica diversas culturas lo relacionaban con la Madre Tierra y el Inframundo. Seguramente, su mirada penetrante, su capacidad depredatoria, el hocico tapizado de afilados dientes que lo caracteriza, su comportamiento reproductivo, la longevidad que puede alcanzar y el ambiente acuático en donde vive, fueron factores que lo llevaron a ser protagonista de la historia cultural humana.

Con respecto a los dichos, frases o refranes, bien dice Anita Hoffmann en su *Refranero zoológico*: "...éstos concentran la sabiduría y experiencia de los pueblos, pero cuyo contenido es de carácter universal".¹ A continuación presentamos algunas sentencias que, empleando al cocodrilo como eje central, buscan ilustrar los dilemas y encrucijadas de la vida. Es importante notar que algunas de estas frases corresponden a las llamadas fábulas esópicas, muchas de las cuales fueron reunidas por Demetrio de Falero, estadista y orador ateniense, hacia el año 300 a.C., reescritas en verso por el poeta griego Babrio, probablemente en los siglos I y II a.C., y traducidas al latín por el poeta romano Fedro en el siglo I d.C.

- *Entre menos lagartijas en el río, mejor.* Para los griegos y romanos la lagartija de agua (*champsai aqua*) hacía referencia al cocodrilo. En México, esta frase fue

modificada y se le dio el crédito a José Joaquín Fernández de Lizardi, *El Pensador Mexicano*, y pasó al dominio popular como: "Entre menos burros, más olotes".

- *Donde reinan los lagartos, no sobreviven las ranas ni los peces.* Hoy en día este refrán es conocido como: "Donde manda capitán, no gobierna marinero". Fue modificado por los españoles durante el Romanticismo.

- *Callen ranas y hablen lagartos.* La frase se empleaba para cederle la palabra a un grupo de dos de la plebe cuando éstos disputaban algún terreno o espacio, y donde la ley tenía que intervenir.

- *Cría víboras y cocodrilos, y no saldrás vivo.* Similar a "cría cuervos y te sacarán los ojos".

- *Si de cocodrilos hablamos, mejor nos callamos.* Frase de amplio uso durante el período de la Inquisición, la cual suplió a la expresión empleada por los acusados y perseguidos (herejes) por este tribunal de la iglesia romana: "Si de reyes y clérigos hablamos, seremos ejecutados".

- *Quien con lagartitos convive, a morder aprenderá.* Conocida actualmente como "quien con lobos anda, a aullar se enseña".

- *En tanto que no se haya cruzado el río, no hay que insultar a los cocodrilos.* Se refiere a que no te burles si no has pasado por una situación similar. Frase modificada por Fedro y muy popular en Colombia, Chile y Venezuela.



- *No busques en el río peces, cuando sólo hay lagartos.* Muy parecida a “no pidas peras al olmo”.

- *Cantemos, dijo el cocodrilo a la rana.* Posteriormente, en la época del Renacimiento, esta frase cambió por “aremos, dijo la mosca al buey”.

- *Entre todos los cocodrilos, el más grande sobresale.* Entre todos los ricos (acaudalados), uno de ellos será el más poderoso.

- *Cuando el hambre hace presencia, hasta los lagartos desconocen a sus hijos.* La frase tiene muchas variantes en México, ya que se le encuentra como: “Cuando el hambre es canija, no hay amistad fija” o “perderé el céntimo por comida, que por un amigo”.

- *Si quieres ser un buen cazador, debes tener la paciencia de un cocodrilo.* Conocida actualmente como: “El que persevera alcanza”.

En el libro de Hoffmann¹ se mencionan además veinticuatro dichos o refranes, de los que hacemos referencia a cuatro: “A buscar la cagada del caimán”, “si

vives junto al río, hazte amigo de los cocodrilos”, “el que con caimán afana, poco arriesga y mucho gana”, y “caimanes al estero”.

Aunque ciertas frases hacen alusión a comportamientos naturales de los cocodrilos, otras son completamente gratuitas. Pero, es innegable que su figura pesa en las frases o refranes, tanto que puede llegar a ser un buen instrumento para expresar o ilustrar ideas sobre el comportamiento humano. Y, como dijo mi tío Monchito, ¡ahí nos vemos cocodrilo!

Los autores agradecen al profesor Virgilio Talavera el permitir la consulta de su biblioteca particular, así como por el apoyo en la búsqueda y traducción de refranes sobre cocodrilos, del latín al español.

REFERENCIAS

¹ Hoffmann A. *Refranero zoológico: apotegmas y otras expresiones populares sobre los animales*, UNAM, México (2003).

Fabio Germán Cupul Magaña, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara; Ana Julia Santos Ramos, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. fabio_cupul@yahoo.com.mx

© Sergio Javier González Carlos, de la serie Borrados, 2003.





El mundo a ESCALA atómica

Marcos Manuel
Sánchez

Se ha escrito mucho en los últimos años sobre los denominados nanocompuestos, y es que hay que reconocer que ese término engloba a una enorme variedad de sustancias con un futuro prometedor en aplicaciones diversas y sorprendentes.

El orden de magnitud de los nuevos materiales moleculares es de millonésimas de milímetro, lo que ha dado origen a palabras como nanociencia y nanotecnología. Para darnos una idea de la relación de escala consideremos que una hormiga mide alrededor de un centímetro (1×10^{-2} metros), una célula, 20 micrómetros (20×10^{-6} metros), y un organelo del interior de la célula, como el ribosoma, 25 nanómetros (25×10^{-9} metros). Para apreciar lo diminuto que es un átomo debemos pensar que equivale a un 1/10 000 del tamaño de una bacteria, que a su vez es un 1/10 000 más pequeña que un mosquito. Baste añadir que en un nanómetro cúbico caben 258 átomos de carbono.

En la actualidad se trabaja intensamente en la preparación y el estudio de nuevos materiales moleculares y supramoleculares que manifiesten propiedades químicas y/o físicas, eléctricas, magnéticas y ópticas, entre otras, óptimas para su utilización como dispositivos químicos nanoscópicos. Éstos tienen aplicación en la electrónica molecular, o en biomedicina, como máquinas a escala atómica con funciones de limpieza de arte-

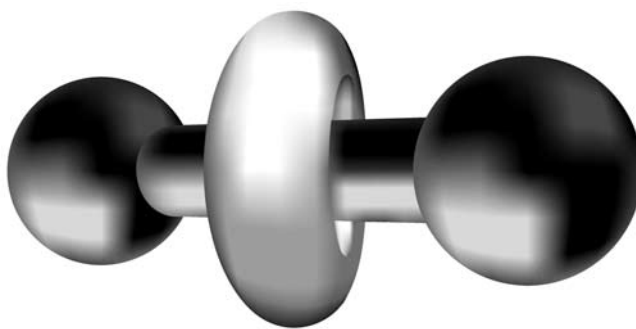


FIGURA 1. Representación generada por computadora de un rotaxano, un anillo (macrociclo) cerrado en torno a un eje. (Del documento HTML adaptado por el autor Matthew Carroll de su informe 'Towards the synthesis of a [2]catenane' sobre un trabajo de investigación realizado en la Birmingham University (julio-agosto 1998)). El anillo está "contenido" en el eje y no se sale de él gracias a grupos químicos voluminosos, formados generalmente por diez o más anillos bencénicos incorporados a cada extremo. Debe destacarse que no hay interacciones químicas entre el eje y el anillo.

rias dañadas por la aterosclerosis, reparadoras de ADN, reconstructoras de células o "vasculocitos" para la prevención de ataques cardíacos por obstrucción de las arterias, entre otros usos. Hablamos de moléculas "engranadas" mecánicamente con las cuales se han diseñado los motores moleculares, los interruptores nanoscópicos o los sistemas de almacenamiento de la información a escala atómica. Se trata, principalmente, de los catenanos, los "nudos" (del inglés *knots*) y los rotaxanos formados por anillos o macrociclos entrelazados y atravesados por un "hilo" en línea recta y que se pueden "ensamblar" entre sí.

Según David A. Leigh y Aden Murp,¹ de la Universidad de Warwick, Coventry, el bloque de componentes engarzados puede manifestar un comportamiento distinto al de los componentes individuales. Incluso puede tener propiedades totalmente nuevas. Los macrociclos protegen al hilo molecular central como una funda que los preserva de los agentes externos. Así, afirman los mismos autores, se consiguen pigmentos fotorresistentes, con la posibilidad adicional de obtener hilos más largos, estables, que pueden usarse como "cables" moleculares.

El proceso de formación del rotaxano es reversible, de modo que es factible recuperar el macrociclo y aislarlo. Esto permitiría la generación de moléculas "con memoria de forma" que, según el ambiente que las rodease, adoptarían una configuración u otra, es decir, "recordarían" la forma preferida. Lo anterior abre la puerta al desarrollo de los interruptores moleculares.

Si se cambian las interacciones entre el hilo y los anillos que lo rodean pueden variarse selectivamente las propiedades moleculares. Si lo que se modifica es "la cara" que presentan al ambiente externo, mediante un estímulo adecuado es posible obtener moléculas "inteligentes", como las "lanzaderas" moleculares: estos rotaxanos poseen dos estaciones o sitios de reconocimiento en el hilo entre los cuales el macrociclo es libre de desplazarse. Al manipular su afinidad por cada sitio, los químicos pueden ejercer un alto grado de control sobre este movimiento submolecular.

Según el mencionado artículo de David A. Leigh, también se ha comprobado que al irradiar con luz el macrociclo, una vez que ha sido incorporada al mismo una molécula *fotoexcitable* $[Ru(bipy)_2]^{2+}$, ésta es violentamente expelida de la cavidad, comportándose como una especie de pistón molecular propulsado por la luz.

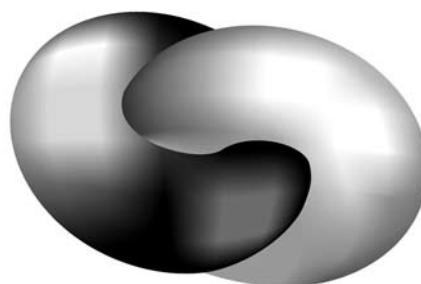


FIGURA 2. Representación generada por computadora de un catenano (dos o más anillos químicos entrelazados). El catenano se mantiene íntegro porque los dos anillos están entrelazados, como los eslabones de una cadena, y al igual que éstos, no pueden ser separados sin romper al menos uno de ellos. Esto añade un grado de libertad rotacional no asequible a otros sistemas, lo que puede aplicarse en el desarrollo de nanodispositivos, como los nuevos sistemas de almacenaje de información, las computadoras moleculares.



NANOCOMPUTADORAS ELECTRÓNICAS QUÍMICAMENTE ENSAMBLADAS (CAEN)

Científicos de los laboratorios de Hewlett-Packard en Palo Alto, California, y de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) están desarrollando computadoras sumamente pequeñas, tanto como que una de ellas cabría en un grano de arena. Estas nuevas computadoras son, en realidad, moléculas.

¿Pueden ser las computadoras tan diminutas? Todas las computadoras están basadas en un interruptor de encendido-apagado. Los investigadores han desarrollado un rotaxano que actúa como tal interruptor: el rotaxano es “insertado” entre dos cables cruzados. Cuando la molécula está en la posición de “apagado”, un electrón puede brincar desde un cable hasta la molécula y luego desde ésta hasta el otro cable, como el viajero que se vale de un puente para cruzar un río. Imaginemos que el puente fuese móvil: para crear la posición de “encendido” se aplica un campo eléctrico entre los cables, entonces el electrón ya no puede brincar tan fácilmente porque el puente ya no está allí.

Los científicos también están tratando de crear cables más pequeños para usarlos con estas nuevas moléculas. Han estirado tubos de carbono hasta formar hilos delgados de un nanómetro de ancho, diez mil veces más finos que un cabello, y que son el resultado del arrollamiento de capas de átomos de carbono distribuidos en el espacio según la estructura hexagonal típica de su sistema cristalino. Descubiertos en 1991 por un investigador de la compañía NEC, estarían destinados a ser conectores a escala atómica en dispositivos electrónicos.

Los científicos planean introducir capas de moléculas de rotaxano en el interior de computadoras ultra potentes llamadas “nanocomputadoras electrónicas químicamente ensambladas”, cuyas siglas en inglés son CAEN (*chemically assembled electronic nanocomputers*).² Las nuevas computadoras serán mucho más pequeñas y un billón de veces más rápidas que las que usamos en la actualidad. También serán más económicas. Se cree que se requerirán dos años más para fabricar la primera CAEN. Y pocos años después podrían estar ya a la venta al público.

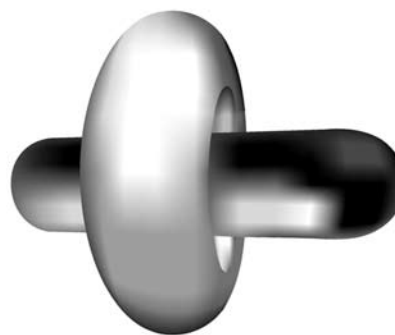


FIGURA 3. Representación de un pseudo-rotaxano. Después de “enhebrar” el largo eje-cadena a través de la corona del anillo, los dos extremos de la cadena podrían entonces ser unidos para formar el catenano.

Uno de los grandes retos a resolver es que cada molécula de rotaxano sólo puede ser usada una vez, por ello sirve únicamente para almacenar información en la memoria de sólo lectura o memoria ROM (*read-only memory*). Un ejemplo de memoria ROM es la utilizada para guardar en soporte CD-ROM una enciclopedia, que puede ser leída, pero no modificada. La molécula de rotaxano no puede emplearse para almacenar datos en la memoria de la computadora que se cambia una y otra vez, es decir, la memoria de acceso aleatorio o memoria RAM (*random access memory*) usada por los procesadores de texto. Los científicos están tratando de desarrollar una molécula que pueda utilizarse cuantas veces sea necesario.

Estas computadoras microscópicas incorporadas al torrente sanguíneo de una persona, podrían identificar microorganismos cuyo tamaño podría no ser mayor al de ellas; así se conocerían los fármacos específicos requeridos para combatir tales infecciones. Ésta es una entre miles de posibilidades de aplicación de estos dispositivos. Phil Kuekes, arquitecto de computadoras en Hewlett-Packard e investigador de CAEN afirma que “eventualmente, las computadoras serán tan pequeñas que ni siquiera las notaremos. La computadora no estará solamente en tu reloj de pulsera; estará en las fibras de tu ropa”.

En 1964, Gordon Moore, uno de los socios fundadores de Intel, formuló una ley, la Ley de Moore, aceptada universalmente durante las últimas tres décadas, la cual vaticina que: “El número de transistores que caben en un chip de silicón se duplica cada 18 meses”. Dicha ley se ajusta de vez en cuando. El coeficiente multiplica-

dor anual de la densidad se mantuvo en el valor 2 desde 1958 hasta 1972, se redujo a 1.6 desde entonces hasta 2010 (estimativo) y se cree que se reducirá a 1.16 desde esta última fecha en adelante, hasta alcanzar los límites de la física. La primera necesidad que impulsó a la miniaturización de los circuitos electrónicos surgió de los programas de los cohetes balísticos,³ debido a su limitada capacidad de carga. La microtecnología se desarrolló paulatinamente y se aplicó de forma inmediata a las computadoras comerciales, lo que redujo enormemente el tamaño de sus procesadores. Moore acertó plenamente. Los pasos agigantados en la evolución de la informática han supuesto un considerable avance en la tecnología aplicada a los aparatos electrónicos. En la década de los setenta, los primeros chips contenían unos 2300 circuitos. Actualmente, un Pentium 4 posee más de cuarenta y dos millones.⁴ Pero al cabo de esos treinta años, la microinformática parece haber tocado fondo.⁵

Es probable que en breve tiempo se fabriquen chips de cincuenta átomos de ancho, si bien las leyes de la física impiden que el método tradicional de la impresión por luz del transistor pueda llegar a operar a una escala menor. La razón: las computadoras sólo entienden la lógica binaria, es decir, los valores 0 o 1, llamados bits, que no representan más que un convenio sobre si pasa o no corriente eléctrica. Los bits a su vez se agrupan en bytes,



y se codifican de manera especial para configurar los lenguajes de programación. Los programadores utilizan estos lenguajes para crear los programas con los que dan instrucciones a la computadora. A continuación, dichos programas se traducen al lenguaje binario o código máquina, que es el único que entiende la computadora. Desde un punto de vista físico, el valor 0 o 1 de un bit se procesa en la computadora mediante un interruptor de apagado o encendido. Estos interruptores son los conocidos transistores de tipo MOS (*metal oxide semiconductor*) donde una corriente de electrones se conduce a través de una “puerta” que permite el paso desde el óxido (aislante) al metal (silicio, semiconductor). La idea clave de los chips es que estos transistores se almacenan en circuitos integrados (integran en la misma pieza del semiconductor todos los componentes de un circuito eléctrico: transistores, diodos, resistencias, condensadores, etc.), los cuales están hechos enteramente de silicio. Hay cien millones de transistores por chip. Para crearlos, un rayo de luz graba las obleas de silicio,⁶ proceso que se conoce con el nombre de fotolitografía. Esto genera un problema si lo que se quiere es alcanzar dimensiones cada vez menores: habría que utilizar una

© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Borrados*, 2003.





© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Borrados*, 2003.



radiación de longitud de onda inferior a la de la luz, es decir, los rayos X, los cuales alterarían la materia, la composición de los átomos y el método usado.

A pesar de lo anterior, en 1999, el ya mencionado grupo de investigadores de la Universidad de California, en los Ángeles, creó el rotaxano basándose en la física cuántica. En síntesis, se puede decir que los pulsos emitidos por unos imanes actúan sobre las partículas de hidrógeno presentes en el rotaxano, haciéndolas girar e interactuar con los átomos de carbono. Éstos se orientan en ese campo de fuerza “subiendo” o “bajando”, lo que representa un 1 o un 0, comportándose así como un transistor electrónico. En las computadoras “clásicas”, el material empleado es un semiconductor como el silicio del cual aprovechamos sus cualidades eléctricas; en las computadoras cuánticas se trata de átomos de flúor o iones de calcio, y utilizamos sus propiedades cuánticas. La multinacional informática IBM ha desarrollado un circuito con cinco átomos de flúor.

La computación cuántica comienza cuando la ley de Moore llega a su límite. De acuerdo con dicha ley, está previsto que los circuitos continúen una miniaturización progresiva hasta el año 2020, cuando alcanzarán el tamaño de los átomos y las moléculas [...]

explica Isaac L. Chuang, director del equipo de investigadores de IBM y de las universidades de Stanford y Calgary que han trabajado en el proyecto. Recientemente, los científicos de las Universidades de Harvard y Cornell presentaron, de modo independiente, transistores electrónicos constituidos por dispositivos formados por

una sola molécula compuesta por átomos de cobalto y vanadio, con los que se demostró la capacidad para controlar el flujo de electrones. Construir estos circuitos requirió la fabricación de “moléculas diseñadas” integradas por varios átomos dispuestos como andamio en donde los átomos de cobalto o de vanadio se ubican en la parte central.⁷

La simultaneidad de estados, según la física cuántica, consiste en que los electrones pueden estar a la vez en dos posiciones (el 0 y el 1). Esta particularidad da lugar a elementos (uno por cada átomo) que no se llaman bits, sino qubits (del inglés *quantum bit*). Además, los electrones no tienen por qué estar sólo en 1 y 0, sino que pueden tomar valores intermedios. Esta extraordinaria cualidad abre las puertas al almacenamiento masivo y simultáneo de datos. El entrelazamiento, como sostiene el físico español José Ignacio Cirac,⁸ estriba en que si un cuanto de energía, por ejemplo un fotón, cambia de estado, esta variación se refleja inmediatamente en otro, aunque esté separado físicamente de él: es la transmisión más rápida posible. Por consecuencia, la capacidad de memoria y la velocidad se potenciarán cuando la simultaneidad de estados y el entrelazamiento se dominen. Así, por ejemplo, el tiempo que requieren los grandes sistemas de cifrado y descifrado de mensajes, basados en operaciones matemáticas sencillas, pero muy largas y repetitivas, se acortará radicalmente. El microprocesador cuántico reduciría los pasos en el tratamiento de la información, aunque todavía es pronto para cotejar datos tangibles.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Borrados*, 2003.

Por otra parte, el organizar a los átomos entre sí y con su entorno sin errores ni interferencias se intuye que es una empresa más que difícil. La computadora ultrarrápida desarrollada por IBM ha realizado una operación de cálculo avanzado a una velocidad exponencialmente superior a la de una computadora convencional. Al usar la molécula de cinco qubits, el equipo de Isaac L. Chuang⁹ resolvió de un solo paso un problema matemático que precisa varios ciclos si se emplean computadoras tradicionales. El problema, denominado *order-finding* (encontrar el orden), consiste en determinar el periodo de una función particular, lo que constituye el centro de muchos otros problemas matemáticos que se utilizan en aplicaciones importantes tales como la criptografía.

Pero todavía falta mucho para que se puedan comercializar las computadoras cuánticas. Se calcula que se necesitan unas 1000 partículas para realizar cálculos poco complejos, y que se deben coordinar unas 100 000 para obtener computadoras moleculares de cierta capacidad. Algo que José Ignacio Cirac cree que no ocurrirá en los próximos veinte años.⁸

Se espera que las computadoras cuánticas desplacen a la tecnología del silicio, gracias a su velocidad y a su “nanoscópico” tamaño: los expertos consideran que en el volumen que ocupa un grano de arena se podrá albergar un ordenador cuántico cuya capacidad y velocidad equivaldrá a la de 1000 procesadores como

los actuales. Según James Heath, quien ha dirigido las investigaciones de la UCLA:

Una computadora molecular nos permitirá hacer cosas que todavía no podemos imaginar, será un millón de veces más eficaz que una computadora basada en chips de silicio. También más económica y fiable. Los qubits no pueden ser clonados o copiados, haciendo prácticamente imposible el hecho de que alguien vulnere un código encriptado con un sistema cuántico.

Al respecto, Fraser Stoddart, el químico que ha diseñado los interruptores junto con un equipo de investigadores de Hewlett-Packard, expresó: “Con las moléculas estamos empezando a trabajar a la menor escala posible”. El hallazgo abre la puerta hacia un nuevo mundo de circuitos de apenas unos átomos de ancho, una miniaturización que promete cambiar la industria informática. El sistema desarrollado en la UCLA, a partir de un catenano, es relativamente simple: “Imagine dos anillos interconectados, cada uno formado por dos estructuras que interactúan con estímulos electroquímicos”, explica Stoddart. Un impulso eléctrico propiciará el movimiento de los anillos al alterar el orden de los electrones, “encendiendo” así el interruptor y provocará que las dos moléculas se toquen, permitiendo el paso de corriente. Otro impulso restablecerá el orden como si lo “apagara”. Anteriormente este mismo equipo logró crear un sistema, basado en



el rotaxano, pero que sólo podía funcionar una vez, y se inutilizaba luego.

De acuerdo con Stoddart, “este nuevo sistema es muy robusto, se puede utilizar a temperatura ambiente”. “Además se ve perfectamente cómo actúa el cate-nano, al principio es verde y luego cambia a marrón”. Anteriormente, el interruptor sólo funcionaba en una solución líquida que no se podía utilizar para las computadoras, pero el equipo de la UCLA consiguió fijar las moléculas en una película sólida. Sin embargo, todavía queda mucho camino hasta llegar a ensamblar una microcomputadora con estas moléculas. Los científicos de Hewlett-Packard ya pueden fabricar cables conductores de un espesor inferior al tamaño de una docena de átomos, pero todavía no han encontrado la fórmula para conectar los interruptores moleculares entre sí.

Un ámbito circunscrito a una escala de unidades mil veces inferior a la millonésima parte de un milímetro constituye un mundo nuevo para nosotros los, comparativamente, gigantes, los que respiramos la atmósfera de lo macroscópico: los humanos. La nanotecnología amplía las fronteras del conocimiento hacia vertientes que ofrecen un alto potencial para mejorar la calidad de vida del hombre. No obstante, como todas las tecnologías de vanguardia puede resultar ser una caja de Pandora, la cual, ahora que está ya abierta, esperamos que se utilice para mejorar el futuro de la humanidad.

REFERENCIAS

¹ Molecular tailoring: the made-to-measure properties of rotaxane. Publicado en *Chemistry & Industry*, el 1 de marzo de 1999.

² www.harcourtschool.com/newsbreak/invisible_spn.html. Harcourt School publishers.

³ lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_31.htm. *Electromagnetismo: de la ciencia a la tecnología*. Autor: Eliezer Braun.

⁴ mssimplex.com/microprocesador.htm. Página: Microsistemas. Información actualizada sobre computación e internet el 22 de noviembre de 2002.

⁵ www.toptutoriales.com/tecno/articulos/articulo1.htm. Chips moleculares, el reino de Lilliput. Autor: J. Antonio Pascual Estapé. (Extraído de *PCMania online*).

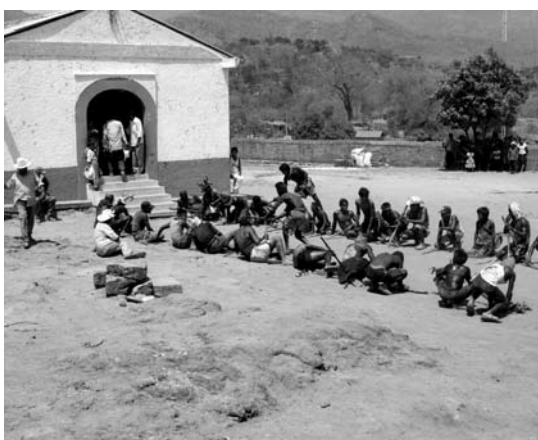
⁶ ispjae.edu.cu/gicer/Boletines/4/137/bol137.htm. *Boletín de redes* 137.

⁷ ar.geocities.com/moni2201/nanotr1.htm.

⁸ www.inicia.es/de/santiagoherrero/Tecnologia.htm. (Ver *Muy* del mes de noviembre).

⁹ En www.ibm.com/es/press/notas/2000/agosto/ordenadorcuantico.html se describe el concepto.

Marcos Manuel Sánchez, Colegio Oficial de Químicos de Madrid. fabioroco@wanadoo.es



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Borrados*, 2003.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2003.

ROCAS DIMENSIONABLES

del municipio Villa Tejupan de la Unión, Oaxaca

Martín **Gómez Anguiano**

Miguel Ángel **de La O Vizcarra**

Enrique **González Contreras**

Roberto Juan **Ramírez Chávez**

Las rocas dimensionables del municipio Villa Tejupan de la Unión, Oaxaca, se investigan para conocer, de manera precisa, el potencial y las características geológicas, mineralógicas, físicas y químicas de la zona. Estos estudios se concentran en las comunidades poseedoras de recursos naturales –mármoles, canchales, travertinos– factibles de ser explotados y comercializados (como los existentes en los yacimientos del Cerro Chocani, La Raya y el Cerro Yucuchikanu), y tienen la intención de desarrollar una minería con un enfoque social.

LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

El municipio Villa Tejupan de la Unión, del distrito de Teposcolula, se localiza al S18°E, a casi treinta y ocho kilómetros en línea recta de la Heroica Ciudad de Huajuapam de León, Oaxaca. Se llega a él por la carretera federal 190, tramo Heroica Ciudad de Huajuapam de León-Oaxaca. Al este de la cabecera municipal de Tamazulapam del Progreso, aproximadamente a once kilómetros, hay un entronque pavimentado que comunica con la presidencia municipal de Villa Tejupan de la Unión.

A poca distancia de ahí se encuentra el Cerro Chocani, donde se localiza un yacimiento de caliza marmolizada de color rosa a beige.^{1*} Existen otras áreas con posibilidades para la explotación

de rocas dimensionables en la zona, como La Raya,^{2*} en donde abunda la caliza de color blanco a beige claro, y el conocido como Cerro Yucuchikanu,^{3*} al N7°W de la presidencia municipal de Villa Tejupan de la Unión, en donde aflora un yacimiento de cantera color rosa.

INFRAESTRUCTURA

Los yacimientos de rocas dimensionables del municipio Villa Tejupan de la Unión están comunicados por carreteras pavimentadas que los enlazan con los principales municipios y distritos de la región. Tienen acceso a energía eléctrica, agua potable, escuela primaria y secundaria, atención médica, mano de obra calificada, telefonía, transporte de pasajeros y taxis colectivos que trasladan a los usuarios a los puntos importantes de la zona (ciudad de Oaxaca, Heroica Ciudad de Huajuapán de León, etcétera).

SITUACIÓN LEGAL

Las rocas dimensionables son recursos naturales no concesibles, por lo que es necesaria la participación activa de los propietarios de los terrenos en donde se ubican los yacimientos para que se lleve a cabo la



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2004.

explotación y la comercialización de tales materiales, a través de la constitución de empresas con un enfoque social.

FISIOGRAFÍA

El área de estudio se encuentra localizada en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur,³ la cual consiste en un sistema montañoso marginal al Pacífico que comprende desde la Bahía Balderas, Jalisco, hasta el Istmo de Tehuantepec; posee una longitud aproximada de 1100 km y está constituida por estructuras de edad y origen diversos, con altitudes dominantes de 2000 a 3200 msnm. La formación de la Sierra Madre del Sur ha sido fechada en el Neogeno-Cuaternario y explicada mediante el proceso de subducción, sin embargo, algunos autores (como Campa y Coney)¹ proponen un proceso complementario: la acreción de los continentes por la unión de grandes bloques durante el movimiento de las placas litosféricas. Este desplazamiento provoca la marcada actividad sísmica que tiene lugar en la margen del sur de México, pero no existe la información cuantitativa necesaria para tener una idea más clara de la dinámica de esta región.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2003.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2004.

Una disección intensa del relieve caracteriza a toda la Sierra Madre del Sur. Generalmente, las mayores altitudes corresponden a estructuras de rocas calizas y volcánicas, mientras que las más bajas son ocupadas por cuerpos granitoides; en dirección sur se presenta una estructura en bloques del tipo granito y de gneis.

GEOLOGÍA

GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente, los yacimientos de rocas dimensionables del municipio Villa Tejupan de la Unión se encuentran en un área en donde afloran rocas sedimentarias y volcánicas. Las primeras pertenecen a la Caliza Teposcolula, denominada así por Salas,⁶ quien propone el término para designar a las rocas que constituyen el Macizo Central que se extiende hacia la parte norte del municipio de Teotongo y al sur, en las inmediaciones de Tlaxiaco. El espesor se desconoce, ya que el contacto inferior no aflora y la estructura es complicada, pero se estima que sea del orden de 500 a 600 m. Petrográficamente se trata de una caliza biomicritica y pelmicrita crema que intemperiza a gris claro, parcialmente recrystalizada, estratificada masivamente, en capas de

hasta un metro o más de espesor; también se observa pedernal café oscuro en forma ovoide y lentes, e incluso capas, de 30 cm de espesor. Contiene abundantes miliólidos, así como pelecípodos; la edad que sugiere la presencia del conjunto faunístico es del Cretácico Tardío, concretamente del Campaniano Maestrichtiano, y se correlaciona con las Margas Tilantongo⁶ al sur de Nochixtlán. En esta unidad se localizan los yacimientos de rocas dimensionables en las áreas conocidas como Cerro Chocani y La Raya; en el primero se identifican calizas marmolizadas de color gris claro, beige y rosa, mientras que en La Raya se observan tonalidades principalmente blancas. Por las características físicas, químicas y geológicas que ambos presentan, pueden ser considerados como yacimientos importantes de rocas dimensionables, con aplicaciones para la industria de la construcción en general.

Las rocas volcánicas se encuentran distribuidas desde el sur del estado de Puebla, la zona de Huajuapán de León hasta Yanhuitlán, dominando derrames lávicos de andesita, andesita basáltica y tobas intermedias que sobreyacen a tobas félsicas,⁵ estas secuencias alcanzan espesores máximos de 500 m; además, existen cuerpos hipabisales (diques y troncos) de composición intermedia, emplazados en las secuencias volcánicas.



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2003.

En algunas áreas se observan secuencias volcánicas intercaladas con depósitos lacustres cuyas relaciones sugieren el desarrollo de fosas con hundimiento contemporáneo al volcanismo. Las edades de este tipo de rocas han sido investigadas por diversos autores; en la región de Tamaulapán-Yanhuitlán, Ferrusquía Villafranca y sus colaboradores² obtuvieron edades de K-Ar de 28.9 Ma para las lavas de la Andesita Yucudaac y 26.2 Ma para la Toba Llano de Lobos; del área de Huajuapán de León, edades de 40.5 Ma de lacolitos de fueron obtenidas por Martínez Serrano y su equipo,⁴ lo cual representa una manifestación de la escasa actividad magmática eocénica en la región. En esta unidad litológica de rocas volcánicas se localizan yacimientos relevantes de canteras (cuyas tonalidades varían de color crema a rosa) factibles de ser explotados como rocas dimensionables y por cuyas características pueden utilizarse principalmente para la industria de la construcción.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Regionalmente, los yacimientos de calizas y calizas marmolizadas de las áreas conocidas como La Raya y el Cerro Chocani se encuentran afectadas por un sistema de fracturamiento, con una orientación general N65°E, y su estructura corresponde a un sinclinal, con una orientación general de N33°W. Localmente, el área del Cerro Chocani está afectada por un sistema de diques de aproximadamente dos metros de ancho por diez metros de largo, con una orientación general de S30°E, y con un echado de S25°W, el cual está constituido por una brecha silicificada que presenta fragmentos de caliza marmolizada de color rosa, con tamaños que van desde 0.10 cm hasta 7 cm y de formas angulosas.

En La Raya no se aprecia alguna estructura importante que esté afectando a estas rocas; en ellas pueden observarse mayormente estructuras de disolución, así como líneas estilolitas y un sistema de fracturamiento, con orientación general de N15°E.

En el yacimiento del Cerro Yucuchikanu afloran rocas volcánicas terciarias afectadas regionalmente por un sistema de fracturamiento con orientación general de N26°E, siendo ésta la estructura principal, además de presentar fracturamiento local con orientación general de N55°E.



YACIMIENTOS MINERALES

FORMA Y DIMENSIONES

En el área del Cerro Chocani existe un yacimiento de caliza marmolizada de un cuerpo masivo con fracturamiento en su parte inferior, el cual muestra estratificación delgada en la sección superior. La zona se encuentra afectada por un sistema de diques en la parte baja que está distribuido en forma irregular. El área que abarca es de 200 m por 100 m aproximadamente, con un espesor cercano a los seis metros.

El yacimiento de La Raya presenta estratificación gruesa con estratos de más de 0.80 m, consta de estructuras de disolución y evidencia un ligero fracturamiento; en general ofrece un aspecto muy sano en la mayor parte del área que ocupa. Sus dimensiones son de casi 300 m por 150 m, con una altura promedio de tres metros.

En el Cerro Yucuchikanu aflora un cuerpo irregular de tobas líticas en el cual se observa fracturamiento por los procesos de intemperismo, tiene dimensiones del orden de los 200 m por 100 m, con una altura promedio de cinco metros.

MINERALOGÍA Y ALTERACIONES

Las calizas marmolizadas del Cerro Chocani están constituidas primordialmente por carbonato de calcio (CaCO_3) y poseen una alteración consistente en una brecha silicificada, conformada por fragmentos de la misma caliza marmolizada.

En La Raya, la mineralogía principal es de carbonato de calcio (CaCO_3), con fracturas rellenas mayormente de calcita, no observándose alteraciones importantes.

El yacimiento de cantera rosa está compuesto por tobas líticas y la mineralogía principal estriba en cristales de cuarzo, feldespatos alterados y fragmentos de rocas volcánicas (andesitas, basaltos y vidrio volcánico). Las alteraciones fundamentales en estas rocas son los feldespatos y minerales arcillosos.

OBRAS MINERAS

En años anteriores se explotó de manera rudimentaria la caliza marmolizada del yacimiento del Cerro

MUESTRA	Chocani-I	La Raya-I	Yucuchikanu-I
DATOS DE CAMPO			
LOCALIZACIÓN	Cerro Chocani	La Raya	Cerro Yucuchikanu
COORDENADAS UTM	0657030, 1953282, 2148 msnm	0656729, 1954532, 2078 msnm	0661725, 1956257, 2155 msnm
DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA			
COLOR	Caliza marmolizada de color gris claro en superficies de intemperismo, y rosa claro en superficie fresca	Caliza de color gris claro en superficies de intemperismo, y color blanco a beige claro en superficie fresca	Toba lítica de color rosa claro
TEXTURA	Cristalina de grano fino	Cristalina de grano fino	Fanerítica
MINERALES OBSERVABLES	Vetillas de calcita de aproximadamente 2 mm	Vetilla de calcita	Cuarzo, feldespatos alterados y fragmentos líticos
MINERALES ESENCIALES	Carbonato de calcio (CaCO_3)	Carbonato de calcio (CaCO_3)	Cuarzo y feldespatos alterados
CLASIFICACIÓN	Caliza marmolizada	Caliza	Toba lítica
ORIGEN	Sedimentario	Sedimentario	Piroclástico
OBSERVACIONES	En el área se encuentra un dique silicificado constituido por una brecha, con fragmentos de la misma caliza marmolizada	Presenta estructuras de disolución, así como un ligero fracturamiento	Presenta minerales de feldespatos muy alterados y fragmentos líticos de rocas volcánicas

TABLA I. Resultados del análisis petrológico y de las pruebas físicas.

Chocani utilizando un minado a cielo abierto, barrenación y explosivos; no se practicó un minado ordenado ni planificado, y pronto se abandonó el lugar sin siquiera lograr una explotación a mediana escala. Solamente se ha extraído material para el beneficio personal, o de la comunidad, y se ha empleado para la construcción de pequeñas obras. La caliza marmolizada de este yacimiento presenta fracturamiento intenso en su parte superior por lo que es necesario realizar estudios más profundos para determinar con exactitud la estructura del mismo; no obstante, por su posición geográfica e infraestructura es viable su posible explotación.

En el área conocida como La Raya se localiza un yacimiento de caliza de color blanco a beige que en años anteriores fue explotado por métodos rústicos, empleando minado a cielo abierto, y el material se destinó primordialmente para la construcción en general. La caliza se presenta en forma masiva y en estratos de cerca de 0.80 cm, es decir, con características geológicas adecuadas para ser explotada como roca dimensionable.

La cantera del Cerro Yucuchikanu se extrajo principalmente para la construcción de obras menores y la restauración de algunas de gran importancia, como la del palacio municipal de Villa Tejupan de la Unión. Cabe añadir que el yacimiento es susceptible de ser explotado como roca dimensionable, por sus características favorables, aun cuando las obras que se realizaron en él con anterioridad fueron de minado a cielo abierto en pequeña escala, de modo rudimentario.

MUESTREO

Para el análisis petrológico y las pruebas físicas en las áreas de estudio se colectaron varias muestras. Los resultados se describen en la Tabla I.

RESERVAS MINERALES

RESERVAS ESTIMADAS

Para el cálculo de las reservas se aplicó el método geométrico de los rectángulos, que consistió en estimar las dimensiones de los yacimientos para calcular su volumen.

CÁLCULO DE RESERVAS

Caliza marmolizada Cerro Chocani

Dimensiones aproximadas: 200 m x 100 m x 6 m

Formula empleada: $V = L \times A \times H$

Donde:

V = Volumen

L = Largo

A = Ancho

H = Altura

$V = 500 \times 200 \times 6 = 120\,000 \text{ m}^3$

Caliza La Raya

$V = 300 \times 150 \times 3 = 135\,000 \text{ m}^3$

Cantera rosa Cerro Yucuchikanu

$V = 200 \times 100 \times 5 = 100\,000 \text{ m}^3$

Las reservas son estimadas con base en la apreciación de las dimensiones en campo del yacimiento,



© Sergio Javier González Carlos, de la serie *Pintados*, 2004.



éstas pueden aumentar con los resultados derivados de trabajos futuros de exploración (barrenación a diamante).

NOTAS

^{1*} Para llegar a las faldas del Cerro Chocani, de la Presidencia Municipal de Villa Tejupan de la Unión se retoma la carretera federal ya mencionada y se regresa unos seis y medio kilómetros para continuar por una vereda, a mano izquierda, por un kilómetro.

^{2*} A La Raya se llega haciendo el recorrido antes descrito, salvo que a una distancia cercana a ocho y medio kilómetros hay un camino de terracería, a mano derecha, que conduce a la comunidad llamada El Espinal. Se prosigue por ahí y un kilómetro más adelante, antes de alcanzar el poblado, se continúa por una brecha, a mano derecha, hasta el yacimiento.

^{3*} Para ir ahí se toma una carretera pavimentada que conduce a Santa Catarina; a un kilómetro, a mano izquierda sobre esa vía, hay un camino de terracería que a dos kilómetros desemboca en el Cerro Yucuchikanu.

BIBLIOGRAFÍA

¹ Campa MF and Coney PJ. Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20 (1983) 1040-1051.

² Ferrusquía VI, Wilson JA, Denison RE, McDowell FW y Solorio MJ. Tres edades radiométricas oligocénicas y miocénicas de rocas volcánicas de las regiones Mixteca Alta y Valle de Oaxaca, Estado de Oaxaca. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 26 (1974) 249-262.

³ Lugo HJ. El relieve de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, v. 9, núm. 1 (1990) 82-111.

⁴ Martínez SRG, Morán ZDJ, Martiny B and Macías RC. Geochemistry and geochronology of the Tertiary Volcanic Province of southern México. European Union of Geosciences, Strasburg, France, Terra Nova, v. 9-1 (1977) 475 (resumen).

⁵ Martiny B, Martínez SRG, Morán ZDJ, Macías RC and Ayuso RA. Stratigraphy, geochemistry and tectonic significance of the Oligocene magmatic rocks of western Oaxaca, southern Mexico, in Ferrari L, Stock J, y Urrutia Fucugauchi J (eds.), Post-Laramide magmatism and tectonics in Mexico and plate interaction. Tectonophysics, v. 318 (2000) 71-98.

⁶ Salas GP. Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.*, v. 1, núm. 2 (1949) 87-162.

Martín Gómez Anguiano, Miguel Ángel de La O Vizcarra, Enrique González Contreras y Roberto Juan Ramírez Chávez, Universidad Tecnológica de La Mixteca. nitramga@mixteco.utm.mx

Un océano congelado EN MARTE¹

Aníbal
Garza

La sonda espacial *Mars Express* de la Agencia Espacial Europea (ESA por sus siglas en inglés), en órbita marciana desde diciembre de 2003, continúa enviando datos a la Tierra sobre la atmósfera y superficie del planeta rojo. A partir de las imágenes obtenidas con la cámara estereoscópica de alta resolución y los datos recabados por el altímetro láser con que está equipada la sonda, los científicos de la ESA han sugerido la existencia de una gran masa de agua congelada, equiparable en extensión y profundidad al Mar del Norte, localizada al sureste de la región conocida como *Elysium Planitia*, en el ecuador marciano (5° N, 150° E). Esto resulta del estudio detallado de la topografía del terreno y su comparación con la topografía característica de los flujos solidificados de magma y agua en la Tierra. Aunque dicha región ya había sido fotografiada por otras sondas en años pasados, hasta ahora se había considerado que las particularidades topográficas de la región eran debidas a la presencia de flujos basálticos de lava solidificada, los cuales recubrieron la zona con un patrón de grandes placas fracturadas. Sin embargo, después de los análisis correspondientes se ha determinado que el fluido que originó dichas placas debió tener una movilidad mayor de la que cabría esperar de la lava, presentando más semejanzas con un flujo de



© ESA/DLR/FU Berlín (G. Neukum).

FIGURA 1. Esta imagen fotografiada por la cámara estereoscópica de alta resolución (HRSC) a bordo de la sonda espacial *Mars Express* de la Agencia Espacial Europea (ESA), durante la órbita 32, muestra lo que parece ser un mar congelado cubierto de polvo cerca del ecuador marciano. Se observa además la llanura que forma parte de la *Elysium Planitia*.

agua. Las irregularidades en la superficie alrededor de los accidentes del terreno, tales como cráteres, muestran una gran semejanza con aquellas encontradas en los mares terrestres congelados alrededor de islas cerca del Ártico y la Antártica. Considerando que existe una relación relativamente constante entre el diámetro y la altura del borde exterior de los cráteres en la superficie marciana, midiendo esta relación en los cráteres de la zona se puede estimar el grosor de la capa que se encuentra recubriéndolos. La edad de esta capa también puede estimarse con base en la distribución y el tamaño de dichos cráteres. De estos análisis se desprende que su profundidad media es de alrededor de cuarenta y cinco metros, con una edad aproximada de cinco millones de años. Estos datos son los que han llevado a sugerir que la capa que recubre la región consiste en una gran masa de agua congelada, posiblemente de origen subterráneo, emergida en la época de mayor actividad geológica y que poco después se solidificó al entrar en contacto con la atmósfera marciana. La presencia de hielo en las actuales condiciones marcianas es realmente poco probable, ya que la baja presión atmosférica de sólo seis

milibares (en comparación la Tierra tiene una presión atmosférica de 1013 milibares) favorece la sublimación del hielo en escalas de tiempo inferiores a la edad estimada para este, aún hipotético, mar congelado. La explicación a esta aparente discrepancia es que la actividad volcánica del planeta recubrió con ceniza la masa de hielo poco después de su formación, consolidando una capa protectora, la cual evitó que se sublimara. La fosa *Cerberus*, hasta ahora la fuente más probable de esta masa de agua, también pudo ser la fuente de la ceniza volcánica que recubriría el hielo. El equipo de investigación de la ESA ha señalado la importancia de la existencia de agua líquida en el pasado reciente de Marte, ya que esto, aunado a los cambios climáticos a gran escala originados por las oscilaciones del eje rotacional del planeta a lo largo del tiempo, aumentaría la posibilidad de que en Marte se halla desarrollado vida.

¹ Murray JB y cols. Evidence from the Mars Express High Resolution Stereo Camera for a frozen sea close to Mars' equator. *Nature* 434 (2005) 352-356.

amilcarbarcar@yahoo.com



LA CIENCIA COMO CULTURA

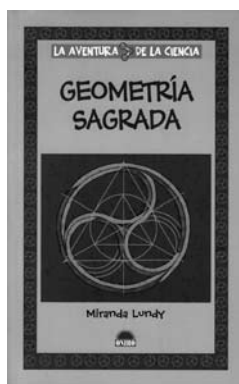
CARLOS LÓPEZ BELTRÁN

Croma - Paidós, México, 2005

Entender el mundo es mucho más que entender la ciencia, pero también es eso. Comprender cómo se han invertido siglos de trabajo material e intelectual para tramar esa malla laberíntica de nociones, instrumentos, efectos, sueños y pesadillas que tenemos integrada a la vida diaria, en el cuerpo y en el alma, es sabernos mejor, orientarnos. Sobre todo, la cultura científica no es otra cultura: es tan cultura nuestra como la literatura, la historia, la música, el cine, la danza.

Carlos López Beltrán, resistiéndose al aislamiento que, lamentable pero no inevitablemente, suele acompañar la especialización académica, se permite moverse con libertad de la ciencia a la filosofía, a la poesía y de regreso, y en el camino explora vasos comunicantes, trenza hebras de distinto signo, cruza umbrales, esquiva taxonomías, salva barreras y, en fin, da rienda suelta a su inveterada vocación nómada. Estos ensayos sobre las relaciones entre las ciencias y el resto de la cultura están escritos por un científico que hace filosofía y un filósofo al que no le asusta hablar de cultura, con una pluma que escribe al oído con persuasión segura y poderosa.

Carlos López Beltrán estudió biología experimental, letras hispánicas, filosofía de la ciencia e historia de la ciencia. Es autor de *El sesgo hereditario: ámbitos históricos del concepto de herencia biológica* y, como poeta, de *Las cosas no naturales*, entre otros libros. En la Universidad Nacional Autónoma de México es investigador del Instituto de Investigaciones Filosóficas y profesor en las facultades de Filosofía y Letras y de Ciencias. Ha sido profesor visitante en París, Madrid, Berlín y Jerusalén.



GEOMETRÍA SAGRADA

MIRANDA LUNDY

Oniro - Paidós, Barcelona, 2005

La *Geometría sagrada* explora el desarrollo del número en el espacio. El viaje básico es del punto a la línea, de la línea al plano, y del plano a la tercera dimensión y más allá, regresando al punto y viendo lo que ocurre en el camino.

Este pequeño libro analiza los elementos de la geometría de dos dimensiones, la representación del número sobre una superficie plana. Otro libro de esta serie trata los asuntos de la geometría tridimensional. Durante mucho tiempo, este tipo de material fue utilizado como introducción a la metafísica. La geometría y la música, su disciplina gemela, nos revelan la verdad como una sombra de la realidad, como un mito de creación en sí mismo.

Las cuatro grandes Artes Liberales del mundo antiguo se ocuparon de los números, la música, la geometría y la cosmología. Estos lenguajes simples y universales se nos revelan hoy del mismo modo que lo han hecho siempre, y siguen cautivando a los estudiosos de la ciencia y la cultura. Aquí se esboza un camino de indagación que puede ayudar a comprender cualquier objeto tridimensional que se encuentre en el universo.



CREATIVIDAD INVISIBLE. MUJERES Y ARTE POPULAR EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

ELI BARTRA (COMPILADORA)

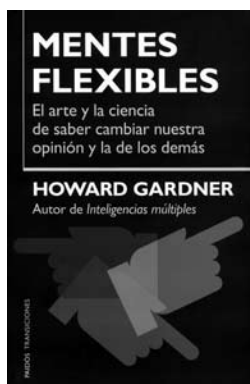
UNAM, México, 2004

Si bien desde nuestros valores occidentales podemos establecer con facilidad una clara diferencia entre arte y artesanía, las cosas se vuelven considerablemente más complicadas cuando hablamos de arte popular. ¿Qué es el arte popular? ¿Qué lo hace diferente de la artesanía y el arte?

Eli Bartra considera que el arte popular es aquella creación plástica, visual, de los grupos más pobres del mundo. Este arte se distingue de la artesanía por su calidad artística y su originalidad, en comparación con las creaciones extremadamente repetitivas y en serie de la artesanía; tampoco lo llama simplemente arte, aunque lo es, con el fin de que se sepa que es una creación distinta, diferente del llamado gran arte o arte culto.

Una característica más del arte popular en América Latina y el Caribe es que su creación la realizan mujeres, fundamentalmente, y que debido a la división sexual del trabajo se ve estrechamente vinculada con el trabajo doméstico. Sin embargo, su expresión artística las dignifica, a veces las empodera y las convierte a menudo en el principal sostén de la economía familiar.

Para señalar su importancia en la vida social y cultural de sus comunidades, este libro analiza el proceso de creación de las mujeres, tomando en consideración la división genérica, así como la calidad de su producción artística.



MENTES FLEXIBLES. EL ARTE Y LA CIENCIA DE SABER CAMBIAR NUESTRA OPINIÓN Y LA DE LOS DEMÁS

HOWARD GARDNER

Paidós, México, 2005

Pensemos en la última vez que intentamos cambiar la mentalidad de alguien acerca de algo importante: las creencias políticas de un votante, la marca favorita de un consumidor, los gustos decorativos de nuestra pareja, la actitud de un adolescente hacia los estudios... lo más probable es que no pudiéramos hacerlo de una manera decisiva. ¿Por qué todo este proceso es tan misterioso?

En este libro innovador, Howard Gardner, el famoso psicólogo de Harvard, ofrece ideas sorprendentes sobre este fascinante enigma, ideas que pueden cambiar nuestra forma de interaccionar con los demás en el trabajo, en el hogar y en cualquier ámbito.

Basándose en décadas de investigación cognitiva, Gardner identifica siete "palabras" que promueven o frustran el proceso de cambio mental y que incluyen la razón, la investigación, los sucesos del mundo real y la resistencia. Examinando el cambio de rumbo que imprimió Margaret Thatcher al Reino Unido, la transformación que impulsó Sir John Brown en la empresa BP, la revolución evolucionista de Charles Darwin, las interacciones entre cónyuges o amigos, o la decisión de cambiar nuestra propia mentalidad, Gardner revela similitudes sorprendentes e instructivas diferencias entre los factores que influyen en el cambio mental en una variedad de circunstancias.



LA FUNDACIÓN DE EUROPA. INFORME PROVISIONAL SOBRE LOS ÚLTIMOS MIL AÑOS

FERDINAND SEIBT

Paidós, Barcelona, 2004

Ésta es una breve historia de Europa en los últimos mil años, narrada magistralmente por un experto en la historia universal. Ferdinand Seibt consigue ilustrar los elementos comunes de los pueblos de Europa adoptando perspectivas inusuales. No pretende ofrecernos una historia de personajes y acontecimientos, pues no son los emperadores, los reyes y las batallas los que ocupan el primer plano. En realidad, lo que interesa es el tiempo y el espacio que se comparten, lo que los europeos tienen en común y lo que los une: la historia del comercio y las peregrinaciones, los hábitats, la indumentaria, las armas y las herramientas de trabajo, así como la deriva de las naciones y los imperios, de las grandes religiones y de los sistemas sociales a lo largo del segundo milenio de nuestra era.

Ferdinand Seibt fija su atención en los cambios, en las rutas principales y secundarias de la transferencia cultural, en los movimientos intelectuales que irrumpen y provocan reacciones de signo contrario, en las revoluciones políticas, sociales y artísticas. Su libro nos ofrece, además de un relato de fascinante lectura, una exposición de las bases sobre las que se asienta la convivencia de los pueblos de Europa.



EXPERIMENTOS SORPRENDENTES CON EL SONIDO

MICHAEL ANTHONY DISPEZIO

Paidós, Barcelona, 2004

El sonido, que no es más que una vibración del aire que nos rodea, nos permite relacionarnos con el mundo exterior y con las demás personas, lo que convierte el oído en el sentido que, junto con la vista, más información nos aporta.

Con materiales tan sencillos como vasos, latas de refresco, cajas, etcétera, se pueden realizar fascinantes experimentos que ayudan a comprender qué es y cómo funciona el sonido, a la vez que se pasa un rato muy divertido. Se podrá construir un instrumento musical, enseñar a "cantar" a un vaso y muchas cosas más.

Este libro es una guía. Su finalidad principal consiste en acompañar al joven lector a lo largo de más de treinta aventuras de aprendizaje. Cuando se realicen los experimentos, se participará de la magia de la ciencia y se comprobará que ésta dista mucho de ser una noción restringida a las aulas, laboratorios y libros. ¡En realidad, ciencia es todo lo que nos rodea!

La ciencia se basa en la investigación, y esta filosofía de constante exploración constituye la piedra angular y el principio rector de la creación de la presente obra, así como de su complementaria, *Experimentos sorprendentes con la luz*. Con un especial hincapié en la comprensión, y no en la memorización de datos y hechos, estos libros ofrecen experimentos fáciles para niños en edad escolar que estimularán, potenciarán y desarrollarán su capacidad intelectual.