

¿EL CUENTO DE UN IDIOTA?

LA MENTE, EL CEREBRO Y LA FÍSICA

LUIS GONZÁLEZ DE ALBA

Lo más incomprensible del universo es que sea comprensible.

Einstein

...¿lo es?
Einlangweilig

LOS MUCHOS UNIVERSOS

Sin lugar a dudas y sin ninguna reserva, nuestro universo es comprensible, si entendemos por *nuestro* el que comprendemos... Hay leyes indudables: que a toda acción corresponde una reacción en sentido inverso, lo sabe el cohetero en la feria de su pueblo y lo sabe el diseñador de cohetes espaciales que llevan sondas a Júpiter y envían fotografías de Neptuno; la banda del electromagnetismo que llamamos radio se comporta como predcimos, y la prueba son las fotografías transmitidas desde Neptuno y publicadas hasta en diarios y revistas; la gravitación de Saturno proporciona a las naves el empuje suficiente para alcanzar Urano, exactamente como predicen las ecuaciones de Newton. Sin duda el ADN es el lenguaje en que se inscriben las formas de los seres vivos sobre este planeta; la sangre circula, el cerebro produce impulsos eléctricos, los virus emplean la maquinaria genética de la célula para replicarse, los continentes se mueven con lenta seguridad, las especies actuales proceden de otras anteriores, la masa del electrón está bien definida y la cuántica es la ciencia cuya asombrosa exactitud permite afirmar que el mundo subatómico es como lo describimos.

Un perro también encuentra que su universo es comprensible. Imaginemos un perro urbano. Parado en una esquina, no cruzará porque sabe que la corriente de autos puede lastimarlo. Ya le ha ocurrido y sobrevivió al hecho. Sabe que en cierto momento la corriente se detendrá, que la detención será breve y le permite cruzar con seguridad, pero no echarse a dormir a mitad de la calle. Busca su comida donde hay probabilidad de encontrarla; reconoce el día, la noche, la lluvia, las diversas voces, el enojo y el cariño. Nada de eso lo comprende una mosca y se aplasta contra el parabrisas de un auto. Pero con todo lo

complejo que es el universo del perro comparado con el de la mosca, nuestro perro no comprende el fenómeno del tránsito, el de la combustión en el interior de los motores; menos todavía la producción en línea, la competencia económica entre los Estados Unidos y Japón, la huelga en la Ford, la diferencia social entre un volkswagen y un Mercedes, las señales eléctrica que encienden y apagan los semáforos ni las computadoras que los controlan, ni comprende tampoco nuestro perro, a pesar de comprender tanto, la creación humana de todo eso. El límite infranqueable es el cerebro del perro.

EL DÉCIMO PROBLEMA DE HILBERT

Nuestro propio cerebro es un producto de la evolución, diseñado por las fuerzas ciegas de la mutación y la selección natural para salvarnos de ser comidos y ayudarnos a comer, no para calcular el radio del electrón ni, menos, para estudiarse a sí mismo y penetrar el misterio de la conciencia. A menos que no todo sea mutación y selección natural, pero no conocemos otros procesos, no al menos en el ámbito de la ciencia. ¿Podemos encontrar explicación a la ciencia dentro de la ciencia misma? La pregunta se asemeja a la planteada por Hilbert, en 1900, al Congreso Internacional de Matemáticos, y conocida como el décimo problema de Hilbert: ¿Podemos construir un procedimiento matemático mecánico que permita la comprobación de cualquier enunciado matemático? En 1931, un joven y casi desconocido matemático, Kurt Gödel, respondió con un rotundo no en su famoso teorema. ¿Hay algo más, tan distante de nuestra capacidad de comprensión, como la coherencia de la luz está de la comprensión del perro? O dicho de otra forma, ¿tenemos el instrumento adecuado para conocer la realidad? La sola pregunta es una tontería kantiana, responden un buen número de científicos y de filósofos. El gran Stephen Hawking dice a Roger Penrose, en su debate sobre la naturaleza del espacio y el tiempo, que ignora lo que sea "la realidad". Esta postura, que viene desde el padre fundador de la física cuántica, Niels Bohr, sostiene que

ésta es sólo un procedimiento de cálculo y no una descripción del mundo. Esta actitud me parece derrotista, responde Penrose, "y por ello prefiero seguir la línea más positiva que atribuye una *realidad física objetiva* a la descripción cuántica: el *estado cuántico*" (*La mente nueva del emperador*).

Podemos entonces suponer que el universo es eso y sólo eso a lo que tenemos acceso, aunque añadiremos con los siglos nuevos elementos, como añadió la astronomía cuasares, la física neutrinos, la biología nuevos receptores celulares y la neuroanatomía los circuitos hipocampo-corticales. El cambio será cuantitativo porque, en grandes líneas, el "universo en sí" es como lo describe la ciencia, aunque nos falten piezas que ya irán apareciendo. Otros tendremos siempre la duda de ser como el perro ante una grabación digital en disco compacto de las Variaciones Goldberg y no poseer capacidad cerebral para el equivalente de lo que los conceptos *grabación, digital, laser y armonía* son para el perro: ¿nuestro universo es el *universo*? Los sensatos dirán que la duda no tiene sentido. Responderemos que su falta de duda les viene de un acto de fe. Quizá sería un buen principio revisar el instrumento mismo del conocimiento, la conciencia y su relación con el cerebro, tema sobre el cual existen en la actualidad abundantes y muy detalladas publicaciones.

NOWHERE

"Así que la nada hizo ¡bang!... y aquí estamos". Con esa frase burlona recibió el astrónomo Fred Hoyle la hipótesis hoy confirmada del big bang, que de ese sarcasmo recibió su nombre. ¿Somos pues un sinsentido que no va a ninguna parte? O como en Macbeth dijo Shakespeare, que todo lo dijo: la vida es un cuento narrado por un idiota, lleno de ruido y frenesí, que nada significa. En el mismo sentido, el aspecto más rechazado del descubrimiento de Darwin no es la evolución de las especies, sino la falta de meta en esta evolución, el hecho escalofriante de que la vida sobre el planeta no se dirige hacia un fin: las formas y las conductas cambian para que los genes se perpetúen. Aceptando el hecho evidente de que nuestro cerebro es producto de la evolución, y que ésta tiene por objeto exclusivo la sobrevivencia, nos podemos preguntar en que ayudó a la vida la aparición de la conciencia; qué ventaja tuvo para la continuidad de la vida que la materia adquiriera conciencia de sí misma.

A la frase rigurosamente mecanicista de Cabanis: "el cerebro secreta pensamiento como el hígado secreta bilis", podemos aplicar el esquema darwinista por el cual sabemos que el hígado secreta bilis con la finalidad de digerir los alimentos que nos mantienen vivos

y permitir el traspaso de nuestros genes a la siguiente generación, pero no sabemos cuál sea la utilidad de secretar conciencia, pues ninguna falta le ha hecho al tiburón para sobrevivir sin cambios de importancia 300 millones de años. A menos que... a menos que la conciencia no sea un hecho discreto que se localiza en una sola especie, sino un continuo que se esparce por todas las especies. Y aun más allá, pues plantea Aristóteles que son diversas la conciencia de la piedra en reposo y la de la piedra que cae. Los teóricos de la inteligencia artificial fuerte por lo pronto atribuyen diversos grados de conciencia a los mecanismos de creación humana, desde el termostato hasta la computadora. Otros con menor atrevimiento, plantean que las computadoras *todavía* no tienen conciencia, pero la tendrán en breve. Sostienen su afirmación en otra, previa, según la cual el cerebro es también y esencialmente una "computadora hecha de carne" (Marvin Minsky). La diferencia es sólo cuantitativa, pues el alambrado cerebral es de una complejidad aún no alcanzada por ninguna computadora, pero cualitativamente son lo mismo. Escribió Alain Turing el pionero de la computación: "Creo que al final del siglo el uso de las palabras y la opinión general cultivada habrán cambiado tanto que uno podrá hablar del pensamiento de las máquinas sin ser contradicho". En: "¿Puede pensar una máquina?"

EL CEREBRO, DEMODÉ

La psicología conductista de Watson y luego Skinner colaboró muy eficazmente en el abandono de la neuroanatomía y la neurofisiología, al proponer la conducta como un producto analizable en sí mismo, sin referencia alguna al cerebro, considerado una caja negra cuyo contenido podía omitirse por completo. Las mujeres organizadas también creyeron encontrar en los estudios cerebrales un afán masculino por consolidar viejos prejuicios. Otro tanto vieron los liberales y las diversas izquierdas. En consecuencia, desde los años 20 de este siglo, hasta finales de los años 70, se pudo decir, con Jean Pierre Changeux: Las ciencias del hombre están de moda. Se habla y se escribe mucho ya sea de psicología, de lingüística o de sociología. El impasse acerca del cerebro es, con algunas excepciones recientes, total. ¿Es por prudencia? ¿Se teme quizá que las tentativas de explicación biológicas del psiquismo o de la actividad mental caigan en las trampas de un reduccionismo simplista? Entonces se ha preferido desenraizar las ciencias humanas de su terreno biológico. Se teme también el impacto sobre lo social de los descubrimientos de la biología que, usurpados por algunos, puedan volverse armas opresivas. Pareció más prudente arrancar los lazos profundos que unen lo social con lo cerebral. *L'homme*

neuronal. Pero los últimos 15 años han visto un alud de investigaciones sobre el cerebro, muchas de ellas conducidas por mujeres.

CINCO MIL AÑOS

No siempre la humanidad ha asociado el cerebro con la mente y el pensamiento. Pero ya hacia el año 3 000 a. C., los egipcios observaban la notable relación entre una herida cerebral y la marcha del paciente arrastrando el pie. Un papiro de esa época "constituye el primer documento conocido donde se establece el rol del cerebro en el mando del movimiento de miembros y órganos situados en el cuerpo a gran distancia de él". Con todo, los egipcios, como muchos otros pueblos, siguieron atribuyendo las emociones y la inteligencia al corazón, hecho que todavía subsiste en nuestro lenguaje cotidiano y amoroso: entregar el corazón, destrozarse el corazón, desear de corazón, descorazonarse y tantas otras expresiones.

Demócrito es quizá el primero en hacer del cerebro el "guardián del pensamiento o de la inteligencia", e Hipócrates quien busca verificar tal afirmación en la observación clínica. También Platón pone dos de las tres partes del alma en el cerebro; pero Aristóteles, cuya quasi beatificación por los cristianos lo hizo autoridad absoluta por quince siglos, perderá a los investigadores con su regreso a la tesis del corazón como fuente de las pasiones y de la inteligencia. El cerebro, en cambio, servía para refrigerar la sangre según comprobaba a partir de la abundante irrigación del cerebro y de su notoria insensibilidad. Observaciones justas de Aristóteles, conclusiones erróneas que fueron hechas materia de fe.

Los alejandrinos y posteriormente Galeno inician la disección del cerebro. Así queda establecida la relación de éste con los movimientos del cuerpo y con la actividad mental. Luego vendrán los mil años en los que bastará con leer a Aristóteles y repetirlo con la mayor exactitud. Al inicio del Renacimiento vuelve a estudiarse el cerebro. La nueva investigación anatómica coincide con la explosión de habilidades para el dibujo y el grabado en esos mismos años y aparecen los primeros dibujos que muestran los elementos constituyentes del cerebro. Como éste se encuentra partido en dos grandes hemisferios y el pensamiento es uno solo, Descartes concluye que la conciencia debe ser producto de una estructura encefálica central y única. Propone la glándula pineal como el lugar por donde el alma se expresa a través del cuerpo.

PRIMEROS MAPAS CEREBRALES

Con el siglo XIX los estudios del cerebro olvidan el dualismo cartesiano y se concentran en la anatomía

y la fisiología. Con Gall nace la frenología. Afirma que existen facultades localizables en la corteza del cerebro y, puesto que ésta es reproducida por el cráneo, bastará con estudiar éste. Así elabora Gall mapas del cráneo con sus facultades asociadas por regiones. Broca establece las primeras correlaciones entre facultades y áreas específicas del cerebro. Descubre así la asimetría cerebral. Esto es, que cada uno de los dos hemisferios posee características diversas.

En la primera mitad de ese siglo, los microscopistas describen la neurona y observan las arborizaciones que las conectan entre sí: un filamento largo al que se denominará axón y otros con aspecto de ramas, que por tal razón serán llamados dendritas (*dendro*: árbol en griego). Santiago Ramón y Cajal demuestra la unidad anatómica de la célula nerviosa o neurona.

Los estudios eléctricos de Volta y Galvani ya habían mostrado que existían corrientes eléctricas en el sistema nervioso, luego en pocos años se establece la velocidad a la que se propagan estas señales a lo largo de los nervios. Puesto que Ramón y Cajal ha demostrado la independencia de cada neurona y la microscopía ha localizado las pequeñísimas separaciones o sinapsis, algo debe existir que transmita el impulso nervioso de una neurona a otra a través de las dendritas y axones. Son compuestos químicos los que realizan esa transmisión y por lo mismo serán llamados neurotransmisores. A principios de este siglo se descubre la adrenalina, años después la acetilcolina y la noradrenalina. El esquema general por el que trabaja el sistema nervioso está así completo. Viene entonces la imagen explicativa de la conciencia popularizada por un cierto reduccionismo: el ojo es una cámara unida por cables, en este caso por nervios, a una región del cerebro donde se proyecta la imagen de la retina como en un televisor. Eso es todo, dicen. Pero eso no es todo: falta por responder quién está mirando el televisor.

AVANCES RECIENTES

Ahora conocemos muy detalladamente el cableado cerebral, los circuitos redundantes, la dispersión de una imagen visual en distintas áreas de la corteza; conocemos el análisis que realizan áreas especializadas: unas neuronas para los bordes, otras para colores, otras más para matices. Las sinapsis o conexiones de las neuronas transmiten unos impulsos nerviosos, detienen otros y hay 600 millones de tales conexiones por cada milímetro cúbico. Unos mil millones de millones en todo el cerebro: cada una un pequeño puerto que se abre o se cierra, transmite o inhibe los componentes de un pensamiento, de una emoción, de un movimiento muscular. Si contáramos una co-

nexión neural por segundo, tardaríamos más de 30 millones de años en concluir. No conocemos ninguna estructura más compleja en el universo.

El desarrollo del sistema nervioso también se conoce con mucho detalle, desde las primeras células del feto que se vuelven células neurales. Aunque toda célula recibe un juego completo de cromosomas con el programa genético completo, unos dos metros de ADN, cada una empleará diversos fragmentos. Las células intercambian mensajes y esa red de comunicaciones coordina la expresión de diversos genes. Paso a paso, los programas internos de cada célula y las interacciones entre ellas encienden o apagan diversos conjuntos de genes, y así da inicio otra etapa. En algunos momentos, el ritmo de producción puede alcanzar las 250 mil células por minuto. Las nuevas neuronas emigran hacia sus colocaciones definitivas. Sus axones crecen guiados por moléculas que los atraen o repelen. Las neuronas que no reciben suficientes señales nerviosas se autodestruyen por un proceso llamado apoptosis o suicidio celular. Esto elimina las neuronas que han hecho conexiones inapropiadas. Las neuronas sobrevivientes afinan sus conexiones eliminando algunas de ellas y fortaleciendo otras. El sexo marca la anatomía del cerebro al iniciarse la producción hormonal. Las mujeres adquirirán una mayor conectividad entre los hemisferios cerebrales, visible en el volumen del cuerpo calloso. En particular las estructuras del mesencéfalo serán dimórficas en hombres y mujeres. La construcción de circuitos neurales recibe primero un diseño tentativo con base en la actividad eléctrica espontánea que comienza a cruzar el cerebro del feto en todas direcciones. El diseño final de los circuitos dependerá de la experiencia sensorial después del nacimiento y conservará una cierta plasticidad durante toda la vida.

EL OBJETO MENTAL

En *L'homme neuronal* plantea Jean Pierre Changeux una de las más completas explicaciones de la conciencia como producto del cerebro. Su trabajo, de 1982, es muy anterior a la presente boga de estudios sobre la conciencia y la enorme cantidad de publicaciones, tanto especializadas como dirigidas a popularizar los descubrimientos recientes y las teorías que sustentan autores como Francis Crick. Para Changeux el objeto mental se explica por la entrada en actividad de un grafo o red de neuronas distribuidas en varias áreas corticales. La activación de esa red neuronal puede deberse a hechos externos, como en la percepción, o internos, como en el recuerdo. El arribo de una percepción produce lo que él llama un percepto primario, que es un objeto mental cuya red de neuronas activadas es determinada por la interacción con el mundo

exterior. "La similitud de forma, o isomorfismo, entre lo percibido y el objeto exterior resulta de que la red cerebral activada se compone de neuronas tomadas de mapas corticales que son ya representación de los órganos de los sentidos y, por allí, del mundo (...) Este isomorfismo puede perderse con la formación del concepto que se vuelve progresivamente abstracto. El objeto representado en el cerebro queda reemplazado por un álgebra de combinaciones de neuronas".

De esta manera, la imagen resulta de la activación de una red neuronal que ya existía, esto es, neuronas que han quedado permanentemente acopladas y responden de forma simultánea. El concepto también es producto de una red o grafo de neuronas acopladas de forma permanente, pero con un componente sensorial más débil o hasta ninguno. Los objetos mentales se encadenan cuando poseen neuronas en común y así se producen mapas completos del mundo exterior. Cuando llega una percepción, la red neural que se activa es comparada con los mapas del mundo ya existentes en el cerebro. Así pues, la prueba de realidad consiste en la comparación de la red producida por la percepción, con la red previa del concepto o de la imagen. Esto es, la imagen mental "mi traje de lino" existe como una red neural estable, de tal forma que al ver un cierto traje de lino esta percepción produce, a su vez, otra red neural, una de creación inmediata. Los circuitos que se establecen entre estas dos redes, circuitos oscilantes o reverberantes, entran en resonancia o en disonancia, dependiendo de si el traje de lino es el mío o es otro. Aquí el lector puede plantear una duda que Changeux no menciona: un autómata puede hacer esas mismas comparaciones y, además, con la tecnología actual, hacerlas con mucha mayor exactitud que los humanos. ¿Es igual el autómata que rechaza el traje cuando la disonancia informa que no es el buscado o yo cuando digo "éste no es mi traje"? Veremos una respuesta más adelante en las posiciones filosóficas de John Searle y Roger Penrose.

TOPOLOGÍA DE LA SENSACIÓN

Para Changeux, las sensaciones serán pues el resultado de que un conjunto topológicamente definido de neuronas entre en actividad a causa de los impulsos enviados por los sentidos. El impulso es siempre idéntico y sin matices. Todo o nada. Como el lenguaje binario de las computadoras, 0, 1. Así que el tipo de sensación dependerá de la región cerebral innervada. "Si fuera posible conectar el ojo al nervio auditivo, escucharíamos, esto es que tendríamos una sensación sonora con el ojo". Y concluye: "Nada se opone ya en adelante, en el plano teórico, a que la conductas del hombre sean descritas en términos de actividad neuronal".

¿Debemos decir que la conciencia "emerge" de todo esto? Se pregunta Changeux y responde: "Sería suficiente con decir que la conciencia es este sistema de regulaciones en funcionamiento".

Y con todo, la conciencia no hará su aparición sino unos años después del nacimiento, siguiendo las etapas infantiles descritas por Jean Piaget, hasta alcanzar el reconocimiento de sí mismo al que llamamos conciencia.

El equipo neural que acabamos de describir muy sumariamente nos permite, de acuerdo con Changeux, la experiencia, plenamente introspectiva y subjetiva de la imagen mental de un objeto. Cuando imaginamos un rostro, una voz, un hecho, ponemos en funcionamiento una visión interior que puede ser más poderosa que la percepción misma del objeto: En un famoso experimento se pone al sujeto ante una pantalla blanca y se le pide que imagine un tomate; por atrás de la pantalla comienza a proyectarse la imagen de un tomate en luz por abajo del umbral de percepción; cuando la intensidad luminosa rebasa el umbral perceptivo (cualquier persona puede ver el tomate proyectado), el sujeto sigue diciendo que el tomate lo está imaginando. En otro experimento, con el instrumental preferido del conductismo: una caja donde una rata recibe comida o choques eléctricos dependiendo de su conducta, se ha mostrado que, cuando parece no haber aprendido nada, ha hecho en su cerebro la integración de la mayor herejía conductista: un objeto mental. La descripción completa del experimento resulta tediosa, baste con decir que la rata responde con terror a un sonido que nunca fue asociado a ningún castigo, pero forma parte del objeto mental "descarga eléctrica".

¿Y QUIÉN ESTÁ MIRANDO?

La neuroanatomía actual rechaza la noción, un tanto simple, según la cual existía en el cerebro un área visual determinada donde la imagen se reproducía como en un televisor. Ahora sabemos que existe un análisis, una descomposición de la imagen en redes que abarcan el cerebro entero y circuitos de retroalimentación muy complejos. Pero subsiste la misma pregunta, quizá ingenua: y esas redes neurales complejas, donde unas neuronas analizan bordes y otras ángulos, ¿quién las mira? ¿Quién dice: éste no es mi traje? Respuesta: neuronas motrices envían señales a los músculos faciales y laríngeos. En efecto, otro tanto podría hacer nuestro autómatas al comparar un traje real con la imagen que le hubiéramos programado. De hecho mi computadora, al apagarla se despidió con la voz de Schwarzenegger y me dice: "Hasta la vista, baby". Eso es todo, nos dicen los expertos de la inteligencia artificial fuerte.

Al término de una conferencia impartida por uno de los defensores de esa postura, una señora del público se aproximó para decirle: "lo felicito, jamás había escuchado argumentos expuestos con tanta fe".

¡¡¡(Al llegar al punto y aparte de arriba, llevaba algunas horas trabajando, así que apagué la computadora...¡¡¡y no se despidió!!! La reencendí, escribí esto y la volveré a apagar. Luego diré al lector qué ocurrió).

Al apagarla de nuevo sí se despidió, pero no puedo evitar el pensamiento de haberla ofendido con mi desconsideración.

II

ROGER PENROSE

Entre los dos o tres más notables físicos de hoy se encuentra Roger Penrose, cuyo debate con Stephen Hawking en el Instituto Isaac Newton para Ciencias Matemáticas de la Universidad de Cambridge es un deslumbrante recorrido por la naturaleza del espacio y del tiempo, título con el que se publicó ese diálogo memorable. En *La Mente Nueva del Emperador*, Penrose busca las fuentes de la conciencia. El recorrido va de las máquinas de Turing al teorema de Gödel, de la relatividad a la cuántica, y del gato de Schrödinger y la no verbalidad del pensamiento al papel de la cuántica en la actividad del cerebro. Una obra deslumbrante que desmonta cada tornillo y cada resorte de la maquinaria construida por los teóricos de la inteligencia artificial fuerte, como Edelman, Dennett, Crick y Hofstadter.

LA HABITACIÓN CHINA DE SEARLE

Un ejemplo de computabilidad lo da el filósofo estadounidense John Searle. Va como sigue. Aceptemos que somos en esencia una computadora algo lenta en la mayor parte de sus funciones, pero más sofisticada en otras. Nada que no puedan alcanzar futuras computadoras. Vamos a resolver un problema como lo hacen las computadoras: siguiendo un programa de instrucciones. Nos encerramos en una habitación comunicada al exterior sólo por una ranura. Tenemos frente a nosotros una historia escrita en chino, idioma que, es preciso aclarar, no hablamos en absoluto. La historia china se encuentra escrita en una tarjeta por cada ideograma. Las tarjetas están revueltas al azar. Debemos armar la historia correctamente. Para eso entrará por la ranura una serie de instrucciones escritas en español: nuestro lenguaje de computación para este caso. Nuestro cerebro es la computadora y la tira de papel con instrucciones vendría a ser el programa de la computadora. Las

instrucciones podrían ser del estilo: busca esta figura (aquí un ideograma) y ponla en primer término, busca esta otra y ponla en segundo término... coloca al final la restante. Ahora abrimos la habitación y entra una persona que domina el chino, quizá un chino, y exclama que hemos escrito una bella historia. Pero sabemos que no hemos escrito nada y que no entendemos absolutamente nada de lo que hicimos tan correctamente. Escribir así una historia es un problema computable, lo cual quiere decir que puede ser calculado mecánicamente a partir de un conjunto de instrucciones, y para resolverlo se puede escribir un algoritmo, que no es sino la secuencia de pasos que llevan a la solución.

Pero existen problemas no computables, o, lo que es lo mismo, para los que no es posible construir un algoritmo, un procedimiento mecánico que los solucione. Por ejemplo, conocemos el algoritmo, fórmula o procedimiento para resolver ecuaciones de primero, segundo, tercero y cuarto grado, pero Niels Henrik Abel demostró, por los años 20 del siglo XIX, que no existía un algoritmo semejante para cinco o más grados. Dicho de otra manera, no sólo no conocemos la fórmula. Abel demostró que no puede existir.

REALIDAD EXTERNA DE LAS MATEMÁTICAS

"Al igual que sucede con muchas otras ideas matemáticas, en especial las más profundamente bellas y fundamentales, la idea de computabilidad parece tener una especie de realidad platónica autónoma", dice Penrose. Los algoritmos no parecen ser inventados, sino encontrados por los matemáticos. Y la inexistencia de un método para resolver una ecuación de quinto grado se asemeja a la búsqueda, por geógrafos y marineros, del canal que debería unir al Atlántico con el Pacífico y que resultó no existir. Algo semejante ocurre con un conjunto originado con base en números complejos y reglas mecánicas e iteraciones (repeticiones de un procedimiento): el conjunto de Mandelbrot, descrito minuciosamente por Penrose en la obra citada, cuyas hermosas espirales y complicadas repeticiones surgen de una fórmula simple basada en números complejos (los que tienen una porción imaginaria, pero no importa, olvide el lector el término). Importa lo que afirma Penrose: "El conjunto de Mandelbrot no es una invención de la mente humana; fue un descubrimiento. Al igual que el Monte Everest, el conjunto de Mandelbrot *está allí*."

En ocasiones, los matemáticos encuentran propiedades no sospechadas en los números. Los números complejos fueron introducidos sólo para resolver el problema de ciertas raíces cuadradas, pero luego, dice Penrose, nos encontramos, como premio añadido, con propiedades que no sospechábamos al principio.

Estas propiedades *están allí*, no fueron puestas por los matemáticos que comenzaron a emplear los números llamados complejos. Son propiedades de los números en sí mismos. Los matemáticos no crean sistemas válidos porque resuelven problemas que se les habían resistido, más bien encuentran verdades "que ya estaban allí", y saca la última conclusión de sus palabras: "No he ocultado mis fuertes simpatías por el punto de vista platónico de que la verdad matemática es absoluta, externa y eterna, y no se basa en criterios hechos por el hombre".

Esta verdad externa es en ocasiones accesible a la conciencia de manera inmediata, como ocurre cuando vemos la validez de una proposición matemática, aunque no podamos derivarla de un conjunto de axiomas ni hayamos seguido un procedimiento algorítmico, un procedimiento de reglas mecánicas. Esta característica de la conciencia la distingue cualitativamente de la más sofisticada computadora imaginable. Existen ejemplos notables, cita Penrose uno de Poincaré: "...esta idea complicada y profunda llegó a Poincaré aparentemente en un soplo, mientras su pensamiento consiente parecía estar en otra parte" y llegó con certidumbre absoluta. El propio Penrose tuvo una convicción igualmente certera, mientras cruzaba una calle conversando con un colega, sobre la solución para comprobar que las singularidades, esos meollos de los agujeros negros, eran inevitables. Pasó tiempo antes de que pudiera formular de manera rigurosa la demostración. Pero dicha demostración le era necesaria únicamente para explicarse ante los demás, él no la requería. Así aparecían ante Mozart sus composiciones: completas y terminadas. Luego escribirlas era simplemente una lata ineludible para que los músicos pudieran interpretarlas. Y ya que mencionamos un gran músico, parte de la certeza ante una súbita idea matemática o científica, es de carácter estético. Es la belleza, elegancia y sencillez de la hipótesis lo que convence al científico. "Una idea bella tiene mucha mayor probabilidad de ser correcta que una idea fea". El llamado Modelo Estandart de la física cuántica es de una precisión asombrosa. Y con todo, los científicos no están conformes con él por una sola razón: porque es feo, exige demasiados quarks, demasiados colores para los quarks, y además gluones, electrones, fotones, cuatro fuerzas fundamentales. Y porque es feo, no porque sea inexacto, los físicos continúan buscando un modelo más sencillo y elegante.

En el mismo sentido, Mozart describía el proceso de composición de una obra así: "Mi mente la atrapa de la misma forma en que mi ojo atrapa de una mirada una imagen bella... No viene a mí poco a poco... sino que es su totalidad como me deja oír mi imaginación". Citado por Penrose. Así también describe Einstein su pensamiento: "Las palabras o el lenguaje,

ya sea escrito o hablado, no parecen desempeñar ningún papel en mi mecanismo de pensamiento". Dice Einstein que busca las palabras, en ocasiones laboriosamente, sólo en una segunda etapa, cuando debe comunicar esas ideas aparecidas de un golpe y sin palabras en su mente. Tal es el caso de muchos otros científicos y, quizá, es característica de todo el pensamiento humano, aunque conocemos mejor las opiniones de hombres excepcionales. Y bien, nada hay más contrario a la idea de llegar a la verdad por medio de un algoritmo, pues algoritmo es pasos, cimentación de un pilar para alcanzar la siguiente etapa, sucesiones. Hasta en ciertas soluciones encontradas por animales ocurre esa visión súbita, no algorítmica, descrita en los ejemplos anteriores.

Penrose afirma sin empacho que esta percepción inmediata de la idea matemática se debe a que la mente toma contacto con el mundo platónico de los conceptos matemáticos, y ese mundo platónico es "externamente existente". A ese mundo platónico Penrose le asigna una realidad comparable a la realidad del mundo físico. De allí provendría esa asombrosa capacidad de las matemáticas más abstractas para describir con exactitud un proceso del mundo real, aunque tales matemáticas hayan sido creadas (o encontradas) como simple curiosidad siglos antes de hallarles aplicación en procesos que la ciencia ni siquiera imaginaba.

Penrose está convencido de que el surgimiento de la conciencia se debe a alguna cualidad profunda en la naturaleza misma de la materia y que, a pesar de nuestro orgullo por la física actual, todavía no comprendemos la materia suficientemente como para describir el funcionamiento del cerebro "ni siquiera en principio", y que "es probable que los fenómenos cuánticos sean importantes en el modo de operar del cerebro".

LA SELECCIÓN NATURAL Y LA CONCIENCIA

Una pregunta que ningún científico podría desechar es la que plantea la necesidad de la conciencia en la evolución de nuestra especie: "Si la conciencia no sirve para ningún propósito selectivo, ¿por qué la naturaleza se tomó la molestia de hacer evolucionar cerebros conscientes cuando parece que hubieran bastado cerebros autómatas no sensibles, como los cerebelos?"

¿Podemos distinguir la conciencia por sus efectos en quien la posee? Es una pregunta que Penrose responde afirmativamente: "Es difícil imaginar que un autómata completamente inconsciente perdiera su tiempo en estos temas (los de este libro). Puesto que, por el contrario, los seres conscientes parecen actuar de esta extraña manera de vez en cuando, ellos se es-

tán comportando de una forma diferente de la forma en que lo harían si no fueran conscientes, así que la conciencia tiene algún efecto activo. Por supuesto, no habría problema en programar una computadora para que pareciera que se comportaba de esta forma ridícula (v. gr. podría ser programada para que deambulara murmurando: 'Oh, ¡Dios mío!, ¿cuál es el sentido de la vida?...'.) Pero ¿por qué se molestaría la selección natural en favorecer semejante raza de individuos, cuando seguramente el implacable mercado libre de la jungla debería haber extirpado hace tiempo tales absurdos inútiles?"

Podríamos programar la expresión de dudas religiosas y metafísicas, pero no podemos programar juicios. La formación de juicios, que para Penrose es la impronta de la conciencia, es ella misma algo sobre lo que teóricos de la inteligencia artificial no tendrían ni idea de cómo programar en una computadora, así ocurre porque el programador necesita crear un algoritmo. Y por el contrario, la impronta de la conciencia es la formación no algorítmica de juicios, pues aunque se puede seguir correctamente un algoritmo, ¿cómo sabemos si era el algoritmo correcto para ese problema? Podemos aprender las reglas para multiplicar o dividir, "pero, ¿cómo sabemos si, para el problema a resolver, debemos multiplicar o dividir los números? Para ello necesitamos pensar y hacer un juicio consciente" y por supuesto, una vez que se encuentra el algoritmo apropiado, el problema está resuelto en cierto sentido. Este tipo de juicio exige mucha atención consciente no sigue ningún algoritmo.

Si la mente funcionara con un algoritmo, así fuera tremendamente complicado, el teorema de Gödel establece que siempre habría una proposición para la que ese particular algoritmo no proporcionaría respuesta. Esto es, habría proposiciones matemáticas que no podrían ser tratadas por ningún matemático ni por ninguna computadora, pues éstas siempre trabajan con base en programas, esto es, en algoritmos. "El teorema de Gödel indica que los juicios humanos son no-algorítmicos". Esa es la enorme y esencial diferencia con una computadora.

EL MUNDO ES UN GRAN PENSAMIENTO

Si las matemáticas tienen un tipo de existencia real, en cambio, quien se adentre en el mundo de la física cuántica sentirá que el mundo físico se le desvanece entre las manos. Nociones tan obvias como la aristotélica imposibilidad de que dos cuerpos ocupen el mismo espacio, se esfuman en la superposición de estados cuánticos, un electrón pasa y no pasa por una cierta vía, cruza una distancia sin pasar por los puntos intermedios, un fotón corre por dos rutas al mis-

mo tiempo. Por lo que Penrose concluye: "Por otra parte, la realidad del propio mundo físico parece más nebulosa". Algo semejante había dicho sir James Jeans, con frase más bella: "El mundo se parece cada vez menos a un gran mecanismo y cada vez más a un gran pensamiento".

"Esta característica enigmática de la realidad cuántica, que una partícula pueda estar en dos lugares a la vez..." Ocorre siempre en el mundo subatómico, pero puede también darse en cierto tipo de estructuras macroscópicas descritas por Penrose, los cuasicristales, cuyo ensamblaje no sigue el proceso clásico y en su lugar "debe haber un ingrediente mecánico-cuántico". Para describir el crecimiento de los cuasicristales no existe solución algorítmica. ¿Se comporta el cerebro siguiendo a la mecánica cuántica y la superposición cuántica de estados, superposición antihamletiana que permite ser y no ser, al mismo tiempo? Lo sugiere Penrose como línea de investigación futura para encontrar si las neuronas conforman estructuras gobernadas "por algo semejante al proceso que interviene en el crecimiento de los cuasicristales". En tal caso las estructuras neuronales podrían ensayar "un inmenso número de configuraciones" todas ellas en superposición cuántica, por lo que podrían ejecutar cálculos superpuestos simultáneos. Los técnicos de la computación están considerando la posibilidad de la computación cuántica en la cual el lenguaje binario de ceros y unos bajaría en superposición cuántica de estados en donde los microscópicos puertos de los chips, que ahora toman el estado cero o uno en nuestras computadoras, tomarían la superposición de estados cero y uno, para así realizar millares de operaciones simultáneas.

Algunos experimentos realizados para medir tiempos de reacción, descritos por Penrose, presentan resultados según los cuales la reacción consciente es de mayor lentitud que otras del sistema nervioso. Le parece poco probable que deban mediar tiempos tan largos en las reacciones conscientes y por lo mismo aventurar una hipótesis asombrosa, una más. Nos recuerda primero que, en la física moderna, el tiempo no "fluye" en absoluto: sólo tenemos un espacio-tiempo fijo de apariencia estática en el que están dispuestos los sucesos de nuestro universo. No obstante, percibimos un fluir del tiempo. Penrose conjetura que ese fluir es ilusorio y lo imponemos a nuestras percepciones para darles sentido. No lo menciona el gran físico, pero el sueño actúa así exactamente: la conciencia ordena temporalmente los sucesos del sueño para darle sentido a lo que fue un

breve instante de actividad cerebral, en ocasiones de pocos segundos, y cuya narración exige orden temporal y nos lleva además largos minutos. Penrose propone que la conciencia es la visión de una "verdad necesaria" captada de golpe y sin transcurso del tiempo, es "un tipo de contacto real con el mundo platónico de los conceptos matemáticos ideales". Representa un contacto "entre el mundo físico externo y algo intemporal", por eso mismo la percepción no supone información (Platón decía que sólo recordábamos) y no habría contradicción, según Penrose, en sostener que "tal percepción consciente se propagara incluso hacia el pasado". En estos difusos elementos es donde estaría la ventaja de la conciencia enfrentada a la selección natural de las especies.

"Todo esto está relacionado con la física desconocida que gobierna la línea divisoria entre la física clásica o newtoniana y la física cuántica y que, a mi modo de ver, depende de una teoría de la gravitación cuántica aún por descubrir".

Para Penrose, además de la ventaja evolutiva proporcionada por la conciencia, ésta "es el fenómeno en que se hace conocida la misma existencia del Universo". Frase que nos conduce de inmediato a una versión del principio antrópico, la débil, sostenida por Penrose: "El principio antrópico débil, por el contrario, me parece incuestionable siempre que seamos muy cuidadosos en la forma de utilizarlo". Según este principio, vemos que se dieron las condiciones justas para la existencia de vida inteligente en el universo, porque sólo en un universo con esas condiciones pudo surgir una conciencia que se hiciera la pregunta, y de no haberse dado las condiciones de nuestro universo no estaríamos aquí y no habría nadie para preguntarse por qué se dieron otras condiciones.

Hace unos 20 años, antes de que Stephen Hawking fuera una celebridad para los legos y el principio antrópico un tema debatido, di una titubeante conferencia sobre estos nebulosos temas en la Facultad de Psicología. Al término de largos vericuetos entre Hawking, el principio antrópico, los agujeros negros y el big bang, se levantó un digno profesor y me espetó que tales dudas se originaban en mi ignorancia, pues hacía tiempo que tales cuestiones habían sido resueltas... por Descartes. Quizá haya tenido razón. El mundo es de los simples porque no desperdician energía en deambular murmurando "Oh, Dios mío, ¿cuál es el sentido de la vida?", y la selección natural presiona casi siempre hacia el ahorro. <