

## MATEMÁTICAS Y UNIVERSO

Es una creencia común que el Universo natural está regido por leyes matemáticas, y como garantía de su aceptación, dos reconocidos profesores en la materia, Philip J. Davis y James A. Anderson, presentaron un artículo en la Siam Review, donde concluyen que el Universo y todo lo que él contiene, está en un proceso matemático permanente.

Esta conclusión concuerda con el Matematismo, es decir, la tendencia de algunos pensadores modernos a tratar los problemas filosóficos según métodos propios de la matemática, es decir, en términos cuantitativos de masa y movimiento.

El impulso matemático residiría en todo, desde la semilla cuando produce pétalos con simetría séxtuple, hasta los seres humanos, los cuales, incluso sin un esfuerzo consciente, están “matematizando” cuando sus cuerpos reaccionan ante condiciones transitorias, procurando un equilibrio regulador.

A esta matematización, inherente al Universo, estos científicos la han llamado inconsciente, porque se efectúa independientemente de la voluntad y no puede ser evitada o interrumpida; no exige cerebro o computador especial, energía o esfuerzo intelectual; y en este sentido, una flor o un planeta son sus propios computadores.

Por otra parte, se distingue la matemática consciente, frecuentemente asociada a un lenguaje simbólico o abstracto, que parece estar ligada a los humanos y posiblemente, a algunos animales superiores; a la que se llama en general, matemática, y que puede ser adquirida en gran parte, mediante un adiestramiento especial.

No obstante, parece muy difícil establecer una línea divisoria entre la matematización inconsciente y consciente, visto que esta última surge muchas veces, de una privilegiada lectura, que algunas personas hacen de la Naturaleza, y de las reacciones de otras personas. Si es así, la matemática llamada consciente, debería ser una fuente de placer en los descubrimientos e invenciones, asociada a una sensación estéticamente agradable.

Parece claro, que las matemáticas evolucionaron en la dirección de los problemas que asimilaban o resolvían; de esta manera, sólo serán útiles al hombre común, cuando resuelvan los problemas de su cotidianidad.

## MATEMÁTICAS Y MENTE

Con su elegante representación, los números aparecen sugiriéndonos una infinidad de operaciones, de combinaciones, y de interpretaciones; pero la forma en que se produce el proceso de comprensión, no está muy clara. En efecto, no se conocen exactamente los mecanismos cerebrales que permiten que una simple línea, (el 1), un círculo (el 0), o una especie de oreja o de voluta (el 8), cobren un sentido en la mente y lleguen a evocar un sinnúmero de elementos.

Un selecto grupo de neurólogos y psicólogos franceses, investigando en el Centro Hospitalario Frédéric Joliot, en Orsay, lleva años intentando dar respuestas a estas cuestiones; y los resultados de sus múltiples ensayos son sorprendentes, pues parece que el cerebro humano está equipado, desde el nacimiento, con un exclusivo sentido matemático, y percibir los números es una cualidad innata, tan natural como la ecolocación en los delfines o el canto de ciertas aves. Conclusión compartida por Keith Devin, matemático y decano de ciencia de St. Mary's College en Moraga, California, quien opina que todos los humanos son matemáticos natos.

Según estos estudios se conoce que los antepasados humanos desarrollaron el proto-lenguaje hace un par de millones de años, y entre 75.000 y 200.000 años atrás, el cerebro adquirió la capacidad de crear frases. El cambio estructural del cerebro, otorgado por el lenguaje, también estableció la habilidad matemática, que consiste en la capacidad de crear abstracciones y representaciones simbólicas de las cosas.

Más atrás en la escala evolutiva, se determinó que la única evidencia de pensamiento matemático explícito se ha visto en los chimpancés; pero que se necesitan años de intenso entrenamiento para llevarlos al nivel de un humano de 2 años de edad; mientras que los niños no necesitan tanto adiestramiento, pues aprenden instintivamente, sin tanto esfuerzo.

Sin embargo, se han detectado habilidades matemáticas elementales en otros animales. En 1.958, el psicólogo Otto Koehler descubrió que las ratas pueden ser adiestradas, mediante un estímulo visual, para presionar una palanca, un determinado número de veces.

En otros estudios, se encontró que algunos animales domesticados, como perros, gatos, monos y elefantes, son capaces de echar de menos un objeto dentro de un conjunto; como si hubieran contando previamente los elementos, y hubieran memorizado la cantidad.

Pero también se descubrió que animales silvestres como los cuervos son capaces de reconocer cantidades hasta 3; pues se ha comprobado que si se hallan dos hombres en los predios de una de estas aves, y uno se

esconde, el animal no estará tranquilo hasta tener a la vista a la pareja; pero cuando son más de tres, el cuervo pierde la cuenta.

Los jilgueros pueden aprender a diferenciar cantidades distintas, siempre que haya suficiente distancia entre ellas. Por ejemplo, saben que un grupo de seis humanos es menor que uno de doce, pero perciben como iguales, grupos de seis y de ocho humanos. En definitiva, muchos animales tienen cierto sentido del número, aunque muy limitado y con funciones muy prácticas.

Un ejemplo de la capacidad humana matemática intuitiva, puede ser la facultad para el sentido espacial, pues espontáneamente es relativamente fácil calcular distancias y velocidades, lo que vendría a probar que el cerebro ha evolucionado para lograrlo en forma automática, igual que el perfeccionamiento que se logra en un trabajo gracias a la práctica habitual.

Sin embargo, parece que los conceptos básicos de las matemáticas, tales como los números, las operaciones, las distancias o el cálculo, no son el producto de una creación cultural exclusivamente, sino que responden a una arquitectura especial del cerebro humano, desde el nacimiento. En este sentido, a pesar de que existe una estructura cerebral general para los seres humanos, también es necesario resaltar, que algunos son más hábiles que otros, lo que viene a indicar que en éstos, su conformación cerebral es más propicia para el desarrollo del sentido matemático, es decir, que existe una tendencia innata particular.

Los científicos encargados de descubrir las zonas cerebrales responsables del pensamiento matemático opinan que los números pueden compararse con el color.

Se sabe que el color no existe realmente en el mundo físico, sino que es una construcción subjetiva del cerebro, de acuerdo a la forma que interprete las diferentes longitudes de onda en las que le llega la luz reflejada por los objetos; creación muy útil para la sobrevivencia, cuando facilita la detección de alimentos en mal estado, el reconocimiento de los enemigos o la posibilidad de camuflarse.

Con los números podría ocurrir algo similar, ya que la vida en un mundo cambiante y móvil, se beneficia con la capacidad de extraer conclusiones numéricas que permitan, por ejemplo, cuantificar la cantidad de predadores o localizar las fuentes de alimentación más abundantes.

Efectivamente, hay muchos indicios que conducen a la neurociencia hasta la conclusión de que el sentido numérico es biológico, incluso entre los animales. Al parecer existen varias similitudes entre los procesos de adquisición numérica en el humano y en el animal, y en ambos, la capacidad de operación se hace más imprecisa, cuanto mayor es la cantidad de cifras con las que trabajan.

Otra forma de indagar en los orígenes biológicos de la capacidad de cálculo, es estudiar su desarrollo en los niños. Antes de adquirir el lenguaje, el pequeño ya sabe distinguir las cantidades, pues puede diferenciar si hay muchos o pocos juguetes, e incluso se ha puesto en evidencia que es capaz de hacer sumas y restas elementales. Por ejemplo, a la edad de 5 meses, cuando se le esconde un juguete debajo de una manta, y luego se introduce otro, el bebé espera encontrar dos.

Para llegar a esta conclusión, los científicos han medido la velocidad del movimiento de los ojos de los niños, que participaban del experimento. De esta forma, han comprobado que cuando se levantaba la pantalla que ocultaba el juguete, y los niños encontraban una cantidad distinta a la esperada, su movimiento ocular expresaba mayor grado de sorpresa.

Otra área de investigación neurológica es el estudio de cerebros dañados durante un accidente o por una deformación; encontrando que algunos pacientes con lesiones intensas en el hemisferio izquierdo, muestran grandes dificultades para la práctica matemática. En algunos de estos casos, el enfermo podía leer y escribir con dificultad, pero tenía capacidad para comparar números de uno o dos dígitos; es decir, comprendía las cantidades asociadas a las cifras, aunque apenas podía efectuar sumas más complicadas que  $2 + 2$ .

Mientras que en otros casos aún más dramáticos, los pacientes eran capaces de comprender los números en voz alta e incluso identificar al mayor y al menor, pero no podían hacer ninguna operación con ellos. Afirmaban con seguridad, que  $2 + 2$  son 3, aunque se daban cuenta de que el resultado no era igual a 9; y cuando se les preguntaba cuántos elementos había en una docena, respondían 8 o 10.

Estos casos parecen demostrar que la habilidad matemática reside en partes distintas del cerebro, y que es la correcta conjunción de todas las piezas la que permite comprender los números, identificarlos, compararlos y hacer operaciones con ellos.

La evidencia de que la capacidad matemática tiene un origen biológico puede tener grandes repercusiones en la sociedad; y según algunos, una de las más cruciales sería llegar a comprender la causa por la cual unos

niños desarrollan un gran talento para la aritmética y otros, que representan la mayoría, permanecen inmaduros toda la vida. La clave podría estar en la adquisición de un “lenguaje para los números”, aunque también se podría deducir que existe la posibilidad de adquirir un “lenguaje para la música”, otro “lenguaje para la pintura” etc.

Esto sólo viene a confirmar que cada ser humano nace con unas tendencias propias y peculiares, que no siempre están en concordancia con la herencia que podría esperarse de sus antecesores; y que aunque aquellas se sustenten sobre bases biológicas, no se puede deducir que se trata de una consecuencia de las mismas; y que debería interpretarse que la estructura cerebral es la consecuencia de las tendencias mentales del ser que se desarrolla. Indudablemente que el entorno y la posterior educación contribuirán para su mayor o menor desenvolvimiento, pero los atributos innatos representan el andamiaje para caracterizar las aptitudes de cada uno.

Según se ha recogido en un estudio de la Universidad de Lovaina, los dígitos no sólo se identifican con su expresión léxica, sino que incluso pueden llegar a tener forma, posición en el espacio y hasta color; por lo que cada persona genera su propia representación de las cifras.

Las sucesiones de números aparecen en la mente como líneas, escaleras, curvas sinuosas o redes. Cuando se trata de dígitos aislados, los menores de 12 suelen surgir en negro y los mayores sugieren una cierta sensación de color. A este tipo de representación, a veces, se añaden asociaciones entre cifras y figuras geométricas, temperaturas y sensaciones. Dichas sinestesias se forman en la infancia y no parecen guardar relación con el aprendizaje.

#### Actividad cerebral durante las operaciones matemáticas

La psicología, la neurología y las nuevas tecnologías para la obtención de imágenes del cerebro, han aunado esfuerzos para localizar las áreas que se ponen en juego dentro de la masa gris, a la hora de pensar en números.

Estudiando el tiempo que el humano invierte en la comparación de dos cifras, se ha descubierto que el cerebro examina los dígitos arábigos, según una representación interna de las cantidades, producida sobre todo, en la región parietal inferior. Pero, dependiendo del tipo de operación que se efectúa, se activará esta región en uno y otro hemisferio, y se estimularán otras partes del cerebro.

La lectura de los números se ejecuta en un 100% en el hemisferio izquierdo, y el cálculo mental en un 94%; mientras que otras operaciones, como la comparación de dos cantidades, exigen un esfuerzo apenas mayor del hemisferio izquierdo, que aquel realizado por el hemisferio derecho. Por último, el reconocimiento visual y la designación de cifras, requieren idéntica actividad en ambos hemisferios.

Los científicos han podido dibujar una cartografía completa del proceso mental en relación con los dígitos. El reconocimiento visual de los mismos activa la región occipito-temporal ventral en ambos hemisferios, las cantidades que corresponden a cada número se representan mentalmente en el área parietal inferior, también de las dos mitades; y para memorizar los resultados de una operación, se pone en funcionamiento la corteza pre-frontal.

Pero no sólo se conoce la localización cerebral de las experiencias matemáticas, pues utilizando las últimas tecnologías de diagnóstico por imagen y de electroencefalografía, ha sido posible determinar los siguientes tiempos de reacción media en el ser humano:

Reconocimiento de números arábigos: 150 milisegundos

Reconocimiento de la expresión léxica del número: 150 milisegundos.

Comparación entre dos números: 190 milisegundos.

Tiempo de respuesta para elegir la mayor entre dos cifras: 330 milisegundos.

Corrección de errores: 470 milisegundos.

En cualquier caso, los especialistas siempre tienen en cuenta el llamado “efecto de distancia”, un fenómeno que afecta a animales y humanos de cualquier edad y cultura. A medida que las cifras aumentan de tamaño, el tiempo de respuesta ante determinadas operaciones sencillas, también crece. Por ejemplo, se tarda menos en decidir la cifra mayor si se presenta un 7 y un 9, que si se hace el experimento con un 37 y un 39, aunque la distancia en ambos casos sea 2.

#### Comparación

Comparación para determinar qué número de una pareja es mayor

#### Multiplicación

Multiplicación por tres de varias cifras

Resta

Resta de once unidades a una secuencia de números