

PERCEPCIÓN Y MEMORIA: ¿AMIGOS O ENEMIGOS DEL APRENDIZAJE?

Trabajo final del curso **Neurociencias para Docentes**

Jorge Carrizo Moyano

Montevideo, Uruguay – Julio de 2011

Ubicación del tema

Dos de los elementos funcionales con los cuales venimos equipados de fábrica se han convertido, en esta era supertecnológica, en piezas clave para armar el rompecabezas del desempeño humano. Aun así, pocas estrategias se han desarrollado para mejorar nuestra comprensión de estos factores, que suelen responder por algunos de los peores resultados en materia de comunicación y de logros individuales o colectivos—y *también por los mejores*.

En las siguientes líneas presentaré algunas explicaciones aportadas por las neurociencias, que pueden ayudarnos a mejorar el aprendizaje de nuevas destrezas y los resultados que somos capaces de producir. Tal vez esto nos ayude a superar el encandilamiento que, durante el último siglo de historia humana, nos ha impedido apreciar el verdadero milagro que nos ha sido obsequiado y mediante el cual todo lo demás es posible: *nuestro cerebro*.

El misterio de la percepción

Creemos que vemos, oímos y tocamos lo que está allí afuera tal cual es, o sea, que nuestros sentidos *reflejan fielmente* la realidad. ¿Cómo puede ser, entonces, que...

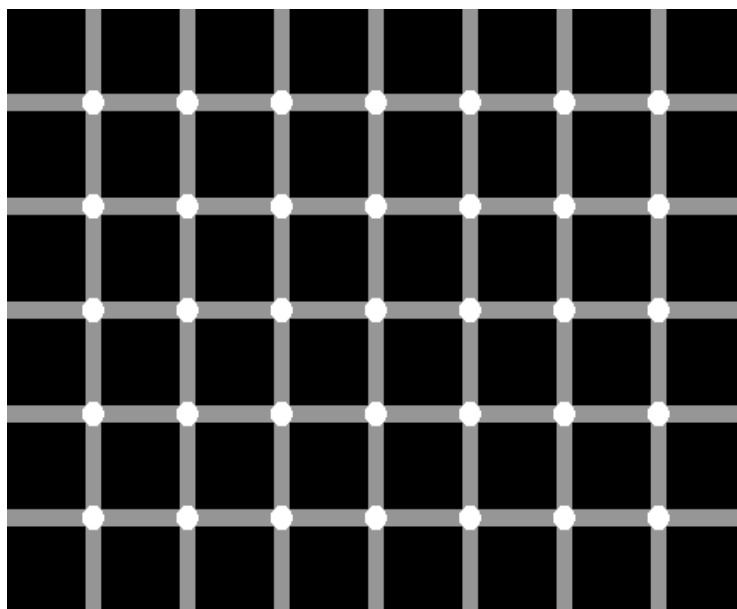
- ✓ ...nos equivoquemos al saludar a alguien, porque *estábamos seguros* que era Fulano de Tal, pero finalmente no era?
- ✓ ...busquemos las llaves del auto durante horas, creyendo que las perdimos, hasta que viene alguien y nos hace notar que las tenemos delante de nuestras narices?
- ✓ ...escuchemos nuestro nombre en el gemir del viento, tal como lo pronunciaba un ser querido que perdimos, aunque allí no hay más que viento?

Éstos y otros ejemplos de distorsiones sufridas por nuestra percepción sensorial (y que pueden formar parte del anecdotario de cualquiera de nosotros), dan

claro testimonio de una de las características humanas que más perturban, además de constituir la fuente de interminables discusiones sobre una realidad que cada uno percibe como se le antoja: la desconcertante *virtualidad* de nuestras vivencias, al mejor estilo de la película *The Matrix*. La ilusión es tan poderosa que, incluso luego de haber entendido cómo funciona, es muy difícil que logremos separar, en la experiencia cotidiana de la percepción consciente, lo verdadero de lo falso.

Nuestra manera de conocer el mundo es *muy* indirecta. El cuerpo humano posee una multitud (*decenas de miles*) de sensores especializados en capturar sólo dos tipos de estímulos: *vibratorios* y *químicos*. Esos estímulos pueden provenir de fuentes *externas* (la luz y el sonido de un tren que se acerca, la acidez de la limonada que estamos bebiendo) o *internas* (un dolor de estómago, un mareo). Todos ellos codifican esos estímulos en forma de *impulsos eléctricos* mediante un proceso llamado *transducción* y esos impulsos, finalmente, son transmitidos al cerebro para su análisis. Dependiendo del tipo de estímulo de que se trate, la corriente eléctrica que transporta la señal sensorial es decodificada por un área del cerebro también especializada, que *construye una representación mental* de la realidad externa o interna a partir de esos datos y la "proyecta" al lugar de donde *creemos* que provino ese estímulo ("*Me duele aquí*"). Este último fenómeno es uno de los menos comprendidos por la ciencia.

El mecanismo es imperfecto, sin embargo. A la limitación del rango de los estímulos que podemos detectar por medio de nuestros sentidos (por ejemplo, la longitud de onda de los distintos tipos de vibraciones) se agregan defectos genéticos que distorsionan la fuente del estímulo de manera muy engañosa. Son proverbiales, a este respecto, las *ilusiones ópticas*, de las cuales presento un ejemplo en esta imagen:



Ejemplo de distorsión provocada por las características neurológicas de nuestro mecanismo de visión: ¿cuántos puntos negros puede ver en las intersecciones de esta cuadrícula?¹

¹ No hay ningún punto negro.

A estas limitaciones y distorsiones de tipo neurológico se agrega un tercer fenómeno que afecta gravemente la fidelidad de nuestras percepciones. El mismo se origina en la gran complejidad de nuestro cerebro, cuyo lóbulo prefrontal tiene el mandato genético de *entender* la realidad, asignarle un *significado* personal y *clasificarla* de acuerdo a él. Y como nuestra mente consciente funciona de acuerdo a un mecanismo *binario*, ese proceso exige una *polarización* que la hace manejable y clasificable, pero que también la transforma en algo diferente—*algo que sólo existe en nuestra cabeza*. Las operaciones que realiza para esto pueden ser esquematizadas como sigue:

- **Selección:** los datos sensoriales registrados se comparan con:
 - ✓ nuestros objetivos racionales o irracionales, comenzando por el *instinto de supervivencia*, y
 - ✓ nuestro “modelo de mundo”—esa idea que todos tenemos acerca de “*cómo son las cosas*”,para terminar aceptando sólo aquéllos que:
 - ✓ *parecen servir mejor a nuestros propósitos y además*
 - ✓ *son compatibles con nuestras convicciones personales.*

Los demás son literal y absolutamente *ignorados* de manera inconsciente. La selección de estímulos sensoriales relevantes se lleva a cabo por una estructura neuronal difusa llamada *formación reticular*, ubicada en el *tronco* o *tallo cerebral*, cuyo aspecto y función recuerdan una *red de pesca* que solo retiene los ejemplares significativos. Es la responsable de reconocer oportunidades, amenazas, amigos y enemigos. Según recientes descubrimientos, además, parece participar activamente en la formación de la experiencia consciente, extremo que está siendo actualmente investigado.

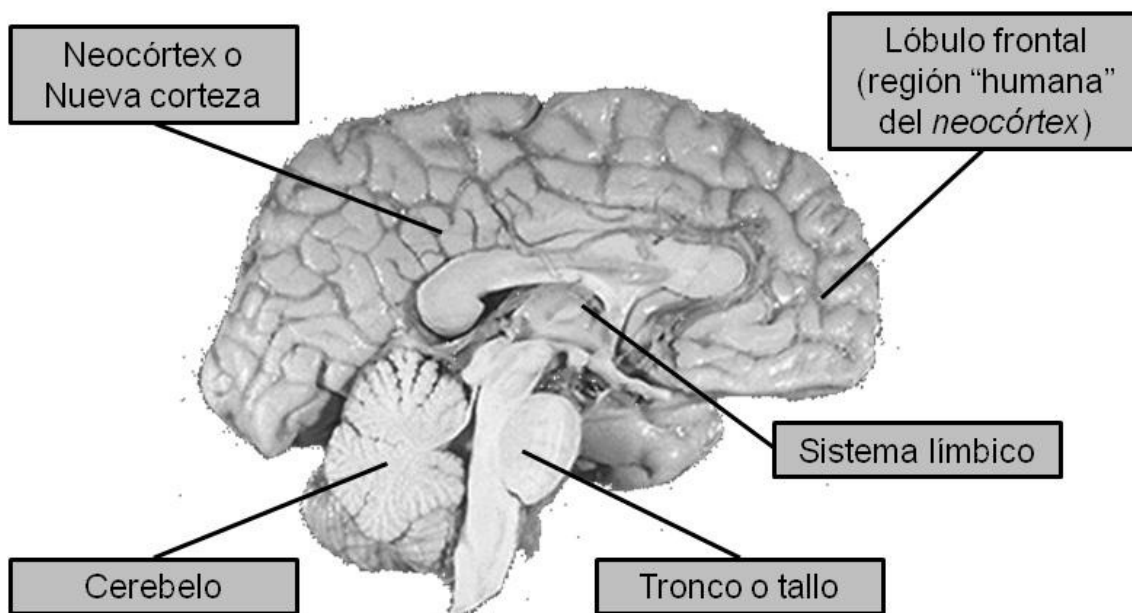
- **Emoción** (del latín *emotio*, *-ōnis*, que significa “el impulso que induce la acción”): los estímulos así seleccionados son luego evaluados por el *sistema límbico* del cerebro—uno de sus núcleos más antiguos—, que explora su posible *significado* en función de nuestra *experiencia* y de nuestros *objetivos*.

Ocurre así que:

- si alguno de los caracteres básicos del estímulo por los cuales fue seleccionado es considerado *peligroso* (según resulte de la historia personal de cada uno), se disparan en forma automática reacciones emocionales de *ataque* o *huída* que, entre otras cosas, bloquean las

operaciones mentales racionales (por ser éstas excesivamente lentas para enfrentar una amenaza inminente que, de acuerdo a nuestros códigos genéticos, sólo nos da unos escasos milisegundos de ventaja);

- si el estímulo es evaluado en primera instancia como probablemente positivo—con base en algunas de sus características más elementales—, el sistema límbico “autoriza” una más completa inspección por las áreas sensoriales especializadas del cerebro;
- por último, aquéllos totalmente carentes de significado afectivo (tanto positivo como negativo) son casi siempre descartados y olvidados de inmediato, incluso cuando forman parte de materiales de estudio, a menos que sean objeto de suficiente *repetición* (por eso aprendemos tan fácilmente lo que *nos gusta* y ocurre lo contrario con lo que nos resulta indiferente).



Corte del encéfalo mostrando sus principales estructuras

- **Compleción:** la mayoría de las veces, los estímulos percibidos suelen resultar insuficientes para realizar una valoración inteligible del caso. Por eso, el cerebro debe completarlos con porciones de su propio banco de datos—porque para él es mejor una realidad “inventada” que ninguna—, hasta que logra *construir* una versión del evento que le resulta plausible y que, a esa altura de los acontecimientos, puede parecerse muy poco a la *realidad*. Estamos, entonces, a punto de experimentar el fenómeno de la percepción consciente, después de transcurridos unos 300 milisegundos de iniciada la estimulación sensorial.

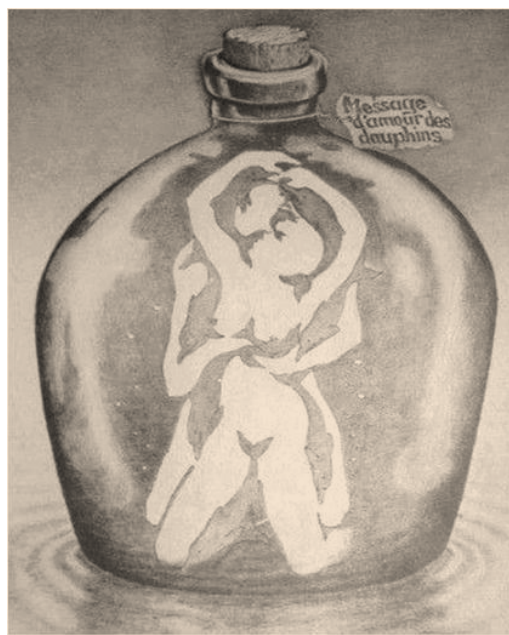
- **Categorización:** las percepciones que resultan de los tres pasos anteriores son *identificadas, definidas y clasificadas* con ayuda del *lenguaje*, que les asigna una "*etiqueta*" gracias a la cual serán registradas como nueva información o como una confirmación o modificación de la ya existente, y quedarán listas para ser recuperadas en el momento oportuno. Cuanto más rico sea nuestro acervo lingüístico, más precisa, coherente y ordenada será la clasificación resultante, lo cual explica la necesidad de contar con un vocabulario extenso si deseamos ampliar nuestra capacidad de aprendizaje.

Este es el único paso *racional* del procedimiento, porque actúa dentro del ámbito de la *atención consciente*. Sin embargo, la categorización distorsiona nuevamente los hechos, al aplicarles el modelo sociocultural del idioma respectivo, cuya particular manera de contemplar y describir el mundo se impone a los hablantes de esa lengua. Por eso, manejar fluidamente más de un idioma nos permite flexibilizar nuestras percepciones y enriquecer nuestros arquetipos mentales.

El producto resultante de la transformación de las sensaciones puras y simples en *percepciones conscientes* tiene una doble función:

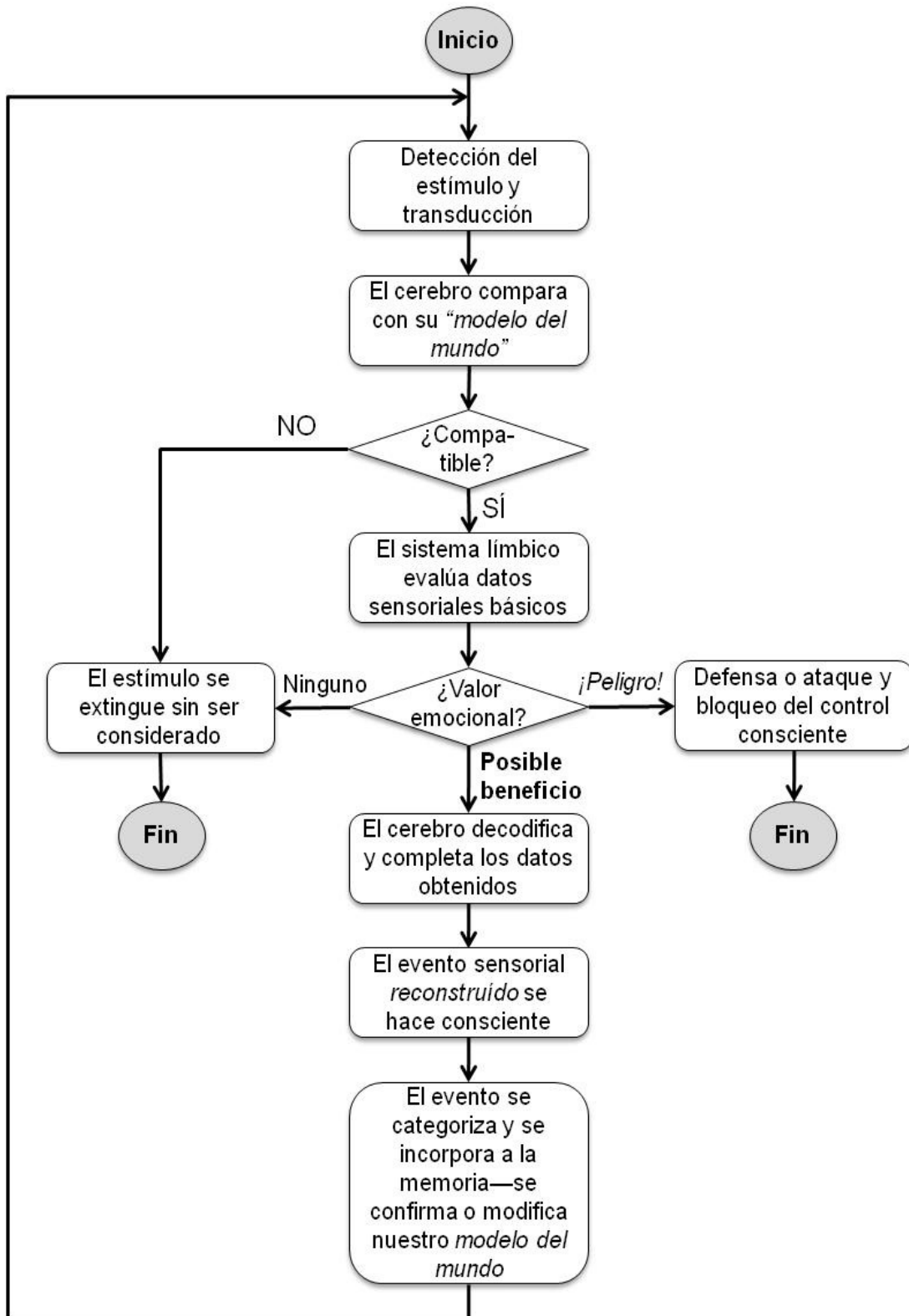
- constituye la *materia prima* del pensamiento y, por tanto, contribuye a formar la base de lo que *conocemos, hacemos y comunicamos*;
- retroalimenta el ciclo, porque *actualiza el modelo del mundo* según el cual aceptaremos o rechazaremos (siempre en forma inconsciente) nuevos estímulos sensoriales.

En esta "ilusión perceptiva" ejemplifico la magnitud de las distorsiones posibles a partir de nuestra experiencia, que puede hacernos "ver" cosas enteramente diferentes al interpretar la misma información visual. Subrayo, en este ejemplo, la importancia del *valor emocional* del filtrado para "preferir" una interpretación sobre otras (ya que los adultos también podemos apreciar los delfines, aunque lo hacemos con mayor dificultad porque nos despiertan *menor interés*).



En esta figura, los niños pequeños sólo pueden ver **nueve delfines**, ya que su experiencia no incluye la imagen de la pareja que vemos los adultos y, por lo tanto, la información visual no puede asociarse a ella en su cerebro.

Para una mejor comprensión, presento un *flujograma* (muy simplificado) de la secuencia de actividades que parece tener lugar a partir de la ocurrencia de un estímulo sensorial cualquiera:



Representación esquemática simplificada del proceso perceptivo

De esta apretada síntesis pueden extraerse algunas importantes consecuencias prácticas:

- En primer lugar, las percepciones son el resultado de una *doble transformación* que sufren los datos sensoriales al ser procesados y que explica por qué los llamamos *fenómenos neuropsicológicos*:
 - una de tipo *neurológico*, que obedece a las características anatómo-fisiológicas de nuestros órganos sensoriales y del sistema nervioso central, acerca de cuyas limitaciones poco o nada podemos hacer;
 - otra de tipo *psicológico*, que responde a las estrategias que hemos desarrollado para disimular esas limitaciones neurológicas; esta parte del trámite constituye el único ámbito en el cual podemos aspirar a cierto grado de dominio.
- Aún así, la mayoría de esas estrategias psicológicas ocurre a niveles inconscientes porque, como veremos enseguida, nuestra capacidad de manejo consciente de la información es demasiado limitada como para hacerse cargo de semejante trabajo.
- El producto que obtenemos como resultado constituye el recurso a partir del cual los humanos estamos en condiciones de:
 - *conocer*
 - *comunicar*
 - *actuar*.

Por lo tanto, estas observaciones primarias señalan la conveniencia de diseñar métodos y técnicas a través de los cuales logremos minimizar las distorsiones de nuestra percepción para incrementar la eficacia y la eficiencia de nuestro trabajo, sea cual fuere el ámbito en el cual éste se desarrolle. *El cerebro nos engaña*—para utilizar el título de un libro publicado en 2000 por el Dr. Francisco J. Rubia, catedrático de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid—y por lo tanto no podemos fiarnos totalmente de sus impresiones.

Cuanto más crítico sea nuestro trabajo, más precauciones debemos tomar para evitar las consecuencias de esas fallas perceptivas. Por eso, el entrenamiento de pilotos de aviación incluye la sustitución de sus datos sensoriales, especialmente los provenientes del sistema *propioceptivo* (equilibrio, orientación en el espacio, sensación de peso y caída, etcétera) por los que les aportan los instrumentos de navegación, cuya diferencia con lo que “sentimos” a veces nos impacta. He tenido la oportunidad de comprobarlo personalmente, compartiendo la cabina de los tripulantes durante vuelos en aviones cargueros,

cuyos procedimientos difieren bastante de los que se aplican a los vuelos comerciales de pasajeros—del mismo modo que un automóvil de competición se conduce en forma muy distinta que una limusina. Puedo asegurar que a veces hubiera apostado mi vida en contra de los instrumentos y la hubiera perdido catastróficamente, si de mí hubiera dependido.

Si todo esto suena complejo y de lenta digestibilidad, llamo la atención del lector sobre el hecho de que, cuando *comunicamos*, se enfrentan al menos dos actividades perceptivas independientes y distintas, cada una de las cuales posee el mismo nivel de complejidad y comparable tasa de error. Combinadas, son capaces de generar transformaciones de contenido muy difíciles de prever y mucho más difíciles de manejar. Por eso, las proverbiales “conversaciones de sordos” son mucho más frecuentes de lo que se cree, aunque no lleguen a constituir una caricatura. El desafío es monstruoso.

La complejidad de la memoria

Numerosos investigadores se han ocupado de esta capacidad y han propuesto diversas explicaciones para su *modus operandi*. La teoría de mayor recibo actualmente es el *modelo multialmacén*, de Atkinson y Shiffrin (1968), que propone una visión bastante compleja sobre lo que para el común de la gente significa simplemente *recordar*.

Según esta teoría, poseemos *tres tipos diferentes de memoria*, cada una de las cuales se subdivide, a su vez, en subtipos adaptados a diferentes funciones:

- **Memoria sensorial:** mantiene disponibles los estímulos sensoriales internos y externos hasta que el cerebro decide qué hacer con ellos, siempre que esta decisión ocurra dentro de aproximadamente *un segundo* luego de producida la estimulación. Cada tipo de sensación es atendida por una memoria sensorial con características diferentes.
- **Memoria operativa:** es la *mesita de trabajo* donde la *atención consciente* coloca los elementos que desea manipular *aquí y ahora* (sensaciones, recuerdos, ideas). También tiene varias versiones, cada una de las cuales se ocupa de diferentes tareas conscientes.
- **Memoria de largo plazo:** se identifica aproximadamente con la noción popular de “memoria” y suscita múltiples discusiones científicas, desde cuál es su capacidad real hasta qué métodos utiliza para grabar los recuerdos o cuál es su ubicación física.

Veamos cada una de ellas.

Memoria sensorial

Nuestro cerebro es continuamente bombardeado por *miles* de estímulos sensoriales simultáneos de todo tipo, los cuales alimentan el trabajo perceptivo descrito anteriormente. Como ya vimos, todos ellos son analizados y clasificados en cuestión de décimas de segundo, en forma inconsciente.

Semejante proeza es posible gracias a la utilización de la llamada *memoria sensorial* o *ultracorta*, que es capaz de mantener una gran cantidad de esos estímulos sensoriales (se desconoce su límite) a disposición del cerebro para su análisis, durante un tiempo máximo de *uno a dos segundos*, dependiendo del tipo de estímulo de que se trate, ya que los investigadores distinguen varios tipos de memoria sensorial. Por ejemplo, los estímulos sonoros son retenidos en la memoria *ecoica* durante casi *un segundo*, mientras que los visuales lo son en la memoria *icónica*, que llega a mantener las impresiones visuales a nuestra disposición hasta *dos segundos aproximadamente*. Los recuerdos sensoriales correspondientes a otros estímulos son incluso más fugaces.

Estos períodos de *latencia* nos permiten evaluar la información para determinar su utilidad. Si el evento causal parece *peligroso*, unas pocas décimas de segundo bastan para que el sistema límbico se encargue de él. Si, en cambio, la evaluación lo clasifica como útil, el estímulo puede pasar a ser manejado por nuestra *atención consciente*. Si nos resulta indiferente, como vimos, se descarta y se pierde.

Memoria de trabajo

También llamada *de corto plazo* u *operativa*, la *memoria de trabajo* es la única que se desenvuelve en el ámbito de nuestra *atención consciente* y posee características muy diferentes a la anterior.

En primer lugar, está el tema de su *capacidad*. De acuerdo a un trabajo ya clásico publicado en el año 1956 por el psicólogo norteamericano George Miller y sugestivamente titulado "*El Mágico Número Siete, Más o Menos Dos*", la capacidad de la memoria de corto plazo se limita, precisamente, al manejo simultáneo de un máximo de **7±2** "trozos" de información (o sea, $7-2=5$ como mínimo y $7+2=9$ como máximo). Estos *trozos* o *unidades informativas* pueden tener cualquier tamaño, es decir, pueden contener cualquier cantidad de información, pero no es posible incrementar el número de trozos. Esta es la médula del descubrimiento de Miller. Siendo esto así, el ser humano ha debido resolver cómo aumentar *el tamaño* de esos trozos para incrementar la cantidad total de información disponible y lo hizo mediante el proceso que llamamos *recodificación*, la cual es la base del *aprendizaje*. En palabras del propio Miller:

"Es concebible que todo aprendizaje complejo, simbólico, proceda de esta manera. El material se organiza primero en partes que, una vez enlazadas, pueden reemplazarse por otros símbolos—abreviaciones, letras iniciales, imágenes esquemáticas, nombres, o lo que se quiera— y eventualmente el razonamiento entero se traduce en unos pocos símbolos que pueden ser captados todos juntos al mismo tiempo."
(Psicología de la Comunicación, Editorial Paidós, Buenos Aires, 1969).

La segunda diferencia en las características de esta memoria refiere al *tiempo* que logran conservarse sus contenidos. De acuerdo a la mayoría de los investigadores, éstos pueden mantenerse activos por un tiempo máximo que se estima en alrededor de *20 segundos* (las cifras propuestas por los autores fluctúan entre 4 y 40 segundos), aunque aquí también parecen existir varias memorias operativas diferentes, según el tipo de tarea que esté siendo procesada, cuya latencia difiere dentro de cierto rango.

Estos períodos pueden, sin embargo, extenderse cuando se utilizan técnicas como la repetición (por ejemplo, cuando no tenemos dónde anotar un número telefónico y deseamos recordarlo) u otras mnemotecnias. Es el tiempo del cual disponemos para efectuar cualquier tipo de manipulación consciente de la información contenida en este *almacén transitorio*. Podríamos recurrir, para explicarlo gráficamente, a la imagen de un malabarista que ha aprendido a mantener simultáneamente en el aire siete elementos: manipular menos le resultará sucesivamente más fácil y con mucho esfuerzo de concentración (y mayor tasa de error) podrá llegar a unos nueve. Superado ese límite, probablemente se le vendrá todo abajo. La diferencia con nuestro cerebro es que este límite no puede ser incrementado a través de la práctica, como sí puede hacer el malabarista.

Encontramos, por fin, otra característica todavía más crítica que las anteriores: la *volatilidad* de la memoria de trabajo. En efecto, ella es altamente sensible a las interferencias (*distracciones*), que pueden causar la *pérdida aleatoria* de todo o parte de su contenido, lo cual provoca errores, pérdidas de tiempo, accidentes más o menos graves y otras consecuencias indeseadas.

Las interferencias pueden provenir de estímulos *externos o internos* que atraen repentinamente nuestra atención, tales como un ruido fuerte, un cambio brusco o pronunciado en las condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad), un teléfono que suena, un derrame de café, nuestra canción favorita que suena en la radio, un dolor intenso, un recuerdo angustioso evocado por asociación con algún hecho presente, un olor desagradable, etcétera. Estos nuevos estímulos *desplazan*, total o parcialmente y—repito—*en forma aleatoria*, el contenido actual de nuestra memoria de trabajo, provocando el incómodo y conocido

"¿Qué te estaba diciendo?". Volviendo al malabarista, cualquier tipo de distracción puede hacer caer uno o más de los elementos que mantiene oscilando en su acto, sin que pueda saber de antemano cuál será.

Memoria de largo plazo

En general, esta expresión refiere al sistema que nos permite almacenar en nuestro cerebro una *cantidad prácticamente ilimitada de información* (la ciencia aún no ha sido capaz de determinar si existe algún límite y, mucho menos, cuáles), durante un *período sólo limitado por nuestra vida física* (hasta donde podemos comprobar científicamente), de modo que esté disponible en el momento del futuro en que nos resulte útil o necesaria.

En particular, sin embargo, distinguimos *tres tipos* de memoria de largo plazo:

- **Episódica:** como indica este nombre, contiene *episodios* específicos de *nuestra vida*, conectados secuencialmente entre sí y asociados a un momento y a un lugar concretos. Constituye, por lo tanto, el almacén de nuestros *datos autobiográficos*. Su asiento principal es una subestructura del sistema límbico llamada *hipocampo*. Este tipo de memoria parece haber dado sustento a la famosa expresión "*corriente del pensamiento*", acuñada por el psicólogo y filósofo norteamericano William James para referirse a la continuidad de la experiencia subjetiva consciente.
- **Semántica:** contiene todo el caudal de nuestros conocimientos generales sobre el mundo que nos rodea—nuestro "saber"—, tales como la fecha de nacimiento del Prócer, la fórmula química del agua, el resultado del último partido de fútbol o el nombre de nuestro Presidente. Es la involucrada cuando decimos "*Fulano sabe muchas cosas*". Los recuerdos semánticos no están ligados al lugar o momento en que fueron adquiridos, a diferencia de los recuerdos episódicos, y parecen tener una base anatómica independiente de éstos. Esta memoria se sostiene mediante conexiones neurales realizadas entre diferentes regiones del neocórtex. El estudio y el pensamiento en general producen más y más conexiones ("*sinapsis*") que van paulatinamente ampliando nuestra capacidad cerebral. Por consiguiente, ésta no depende tanto de cuántas neuronas tenemos sino de cómo las conectamos entre sí para crear nuevas asociaciones mentales ("*redes hebbianas*").
- **Procedural:** atesora todas las habilidades motrices que vamos desarrollando a lo largo de nuestra vida, desde cómo lavarnos los dientes hasta el procedimiento correcto para practicar una lobotomía, por poner dos ejemplos algo extremos. A diferencia de los dos tipos anteriores, que

son clasificados como *memorias declarativas* porque su contenido puede ser recordado y expresado en palabras, la memoria procedural es llamada también *no declarativa* o *implícita*, porque no requiere de expresión verbal para manifestarse, sino que es suficiente con la mera *ejecución* de la actividad aprendida. Por lo tanto, no exige esfuerzo consciente alguno, salvo durante el proceso de adquisición de cada destreza específica. Tiene su sede principal en el *cerebelo*, que constituye otro de los núcleos más antiguos del encéfalo.

Y ¿cómo se implantan los recuerdos en la memoria de largo plazo? Ya vimos que las sensaciones son transferidas de la memoria sensorial a la de trabajo de un modo casi totalmente inconsciente. Luego que esos estímulos han sido procesados por la memoria operativa, su destino natural se encuentra en la memoria de largo plazo, siempre que pudiera representar una utilidad futura. En esta segunda fase de la transferencia influyen algunos factores primordiales:

- el significado afectivo que tienen para nosotros (es decir, cómo se relacionan con nuestra propia experiencia o con nuestros objetivos): cuanto más intensa sea la emoción asociada a esos contenidos—ya sea positiva o negativa—, mayor será también la probabilidad de recordación a largo plazo;
- la cantidad de sentidos que hemos utilizado para experimentarlos: a mayor cantidad de sentidos, más profundo el rastro mnemónico;
- el tiempo durante el cual los nuevos contenidos sean objeto de refuerzo consciente (en el caso de las memorias declarativas) o de repetición (en el de la procedural): a mayor tasa de repetición, mejor recordación.

Estos factores se acumulan para producir un mayor o menor grado de recordación y son utilizados de diversas maneras en la docencia para mejorar la tasa de aprendizaje de los estudiantes, por ejemplo, mediante el énfasis emocional que se utilice en las exposiciones teóricas, el relacionamiento de los conceptos con la realidad de los participantes, la actuación de roles (*role playing*), las ayudas audiovisuales, los ejercicios prácticos, etcétera.

Los mismos factores, por tanto, intervienen de igual modo en los procesos de enseñanza-aprendizaje que tienen lugar en los ambientes laborales. En su ausencia, la recordación será pobre y determinará, posteriormente, una tasa de error más alta de lo razonable a la hora de utilizar lo aprendido.

Montevideo, Uruguay, Julio de 2011.