



## NEUROCIENCIA Y EDUCACIÓN

*“El hombre no es más que una caña, la más débil de la naturaleza, pero una caña pensante. No es preciso que el universo entero se alce para aplastarlo: un vapor, una gota de agua, bastan para matarlo. Pero aún cuando el universo lo aplastara, el hombre sería todavía más noble, porque sabe que muere... el universo no sabe nada de eso.” Pascal.*

Afirma Eric Kandel que la tarea de la Neurociencia es aportar explicaciones de la conducta en términos de actividades del encéfalo, explicar cómo actúan millones de células nerviosas para producir la conducta y cómo estas células están influenciadas por el medio ambiente. Considera que su propósito principal es entender cómo el encéfalo produce la marcada individualidad de la acción humana. De allí que las neurociencias tenga la responsabilidad de servir de enlace entre las ciencias y las letras, entre las ciencias experimentales y las humanidades, pues todo surge de nuestro cerebro, y gracias a él percibimos, sentimos, hacemos o creemos.

El famoso Oráculo de Delfos tenía grabado en su frente NOSCE TE IPSUM, (conócete a ti mismo), compendio de la sabiduría del pueblo griego, que recoge la neurociencia para tratar de cumplir el sabio proverbio.

Hoy la educación reclama un cambio que le permita anticiparse a las necesidades de las nuevas generaciones incorporando los conocimientos que provienen de la neurociencia para permitir que una adecuada individualización de las necesidades de los alumnos ayude a desarrollar capacidades y prevenir dolorosas distorsiones de la personalidad.

Afirma Tom Peters que “los cambios establecen la volatilidad como norma”. Y este cambio vertiginoso exige que los sistemas educativos evolucionen rápida y permanentemente para que, a través de la formación del ser humano, las sociedades encuentren las respuestas a los desafíos que se presentan. La crisis podrá ser enfrentada solamente si se procura una mentalidad flexible que reduzca la resistencia al cambio. Estamos preparando seres humanos para el siglo XXI con las estructuras del siglo XIX. En la calle se mezclan las tecnologías como un caleidoscopio de posibilidades: teléfonos móviles, redes inalámbricas, conexión a internet desde cualquier sitio, y en la escuela...cómo nos estamos comunicando? Establecemos redes sociales con personas de todo el planeta, y en las aulas siguen los alumnos ocupando pupitres en prolijas filas frente a una pizarra en la que un atormentado profesor intenta captar su atención con la germinación del guisante!



Hace unas décadas, los sistemas educativos enseñaban las destrezas que se necesitaban para el trabajo, a lo largo de toda la vida de un individuo. Hoy día miles de personas realizan trabajos que ni siquiera existían cuando nacieron.

Es necesario, entonces, lograr la movilización de los sistemas educativos y la sociedad en general, de manera que puedan desarrollar en los individuos las habilidades competitivas indispensables que exige el momento actual.

Frente a todos los dilemas de la educación, vuelve a ser indispensable el **CONÓCETE A TÍ MISMO** para poder partir de una base sólida que permita establecer nuevos principios y prioridades que se reflejen en acciones concretas y transformaciones profundas del quehacer docente.

El hombre apareció sobre la tierra hace 150.000 años, y desde entonces no ha habido mutación alguna en su cerebro. Hoy la ciencia nos brinda la posibilidad de comprenderlo, la educación debe ser la encargada de humanizarlo.

## **UNAS PINCELADAS DE ANATOMÍA**

Cada zona del cerebro humano tiene una función específica: transformar sonidos en habla, procesar color, percibir miedo, reconocer una cara, o distinguir un pez de una fruta. Pero no se trata de una colección estática de componentes, cada cerebro es un caso especial, constantemente cambiante y exquisitamente sensible a su entorno....

La forma del cerebro es ovoidea y pesa alrededor de 1.400 gramos, y está constituido por dos estructuras en apariencia simétricas denominadas hemisferios cerebrales. La corteza cerebral forma un revestimiento completo de los hemisferios cerebrales. Está compuesta por sustancia gris y contiene aproximadamente entre 10.000 a 30.000 millones de células nerviosas llamadas neuronas, entrelazadas con neuroglías. Es mayor el número de sus células que las estrellas visibles desde la tierra con el telescopio más poderoso. Cuando se interconectan entre sí, el número de uniones o interacciones que se pueden hacer varía de 10 a la 14 potencia a 10 a la 800 potencia, que son más del número de átomos estimados que existen en el universo.

Es una superficie plegada y su forma deriva del hecho de que durante la evolución de los primates al desarrollarse en la escala filogenética su volumen se incrementó más rápidamente de lo que lo hizo el cráneo. La superficie de cada hemisferio cerebral forma pliegues o circunvoluciones que están separadas por surcos o cisuras.

Los surcos más pequeños varían entre los individuos, pero los mayores son constantes en su posición, lo que permite emplearse como referencia para dividir el córtex en cuatro lóbulos que reciben su nombre del hueso craneal suprayacente: frontal, parietal, temporal y occipital.

El tejido nervioso está formado por más de un 80% de agua, lo que le otorga una consistencia más bien gelatinosa. Hay nutrientes específicos necesarios para el buen



funcionamiento del cerebro. Estos son en forma inicial agua y descanso físico, pero también el cerebro necesita tiroxina, selenio, boro, vitaminas E, fructosa y ácidos grasos omega 3 entre otros. En general podemos decir que el cerebro prefiere el ejercicio, agua fresca, oxígeno y proteínas.

El córtex cerebral tiene características claves en su organización y funciones: en primer lugar, cada hemisferio se ocupa básicamente de los procesos sensoriales y motores del lado opuesto o *contralateral* del cuerpo. En segundo lugar, aunque los hemisferios parecen ser similares en los humanos, no tienen una estructura completamente simétrica (tampoco tienen una función equivalente).

Las regiones locales del encéfalo no son responsables de facultades complejas de la mente, sino que más bien realizan *operaciones elementales*. Las interconexiones en serie y en paralelo de varias regiones encefálicas posibilitan facultades más elaboradas. Como resultado, la lesión de un área particular no lleva necesariamente a la desaparición total de una facultad, ya que otras áreas del cerebro indemnes pueden reorganizarse hasta cierto punto para realizar la función perdida.

Estudios realizados por Michael Merzenich, Jenkins, Johnston, y Schreiner, demuestran que los mapas corticales difieren sistemáticamente entre los individuos, en un modo que refleja su utilización. Merzenich llevó a cabo experimentos para determinar la contribución relativa de los genes y de la experiencia a las variaciones de los mapas somatosensoriales entre monos normales, así se incitó a los monos a usar sólo los tres dedos del medio para rotar un disco con el fin de obtener alimento. Tras varios miles de rotaciones del disco, el área del córtex destinada al dedo medio se había extendido considerablemente a expensas de los dedos adyacentes. Así pues, la práctica fortalece y expande la representación cortical de las distintas zonas corporales, lo cual corrobora lo afirmado por Kandel “la representación interna del espacio personal puede ser modificada por la experiencia”.

## ONTOGÉNESIS DEL CEREBRO HUMANO

La mitad del genoma humano está dedicado a producir el cerebro, que constituye solamente el dos por ciento del peso corporal de un adulto promedio.

Sin embargo, los factores epigenéticos o ambientales, también estarán implicados desde el principio de la vida embrionaria, y asumirán un papel cada vez más importante. Esta interdependencia de factores genéticos y epigenéticos garantiza la unicidad de cada individuo, Somos una urdimbre individual de factores genéticos y epigenéticos que nos han moldeado desde el comienzo de nuestra existencia.

El número de neuronas es aproximadamente de 100.000 millones de neuronas. En el período de desarrollo el cortex llega a crecer a 250.000 células por minuto.

En la especie humana, el tubo neural está prácticamente formado hacia el día 21 del desarrollo embrionario. Una vez formado, presenta diferencias regionales que resultan de un



crecimiento diferencial de sus paredes. Se presentan entonces dos porciones que constituirán respectivamente el encéfalo, y la médula.

Las neuronas recién formadas tienen mucha movilidad y entran en fase de migración desplazándose hacia sus metas finales con la ayuda de las células gliales.

La formación de circuitos neuronales funcionales se realiza después de alcanzar el destino final, mediante el crecimiento de los axones y dendritas. Estos crecimientos están influenciados por el medio ambiente y se producen después del nacimiento.

Durante el desarrollo del sistema nervioso se producen muchas más neuronas que las necesarias, lo que requiere una muerte neuronal programada, en algunas zonas llega al 85%, reduciéndose células mal conectadas o redundantes: se denomina a este proceso apoptosis neuronal. Las regiones cerebrales que no se estimulan por el aprendizaje degeneran lentamente y mueren, con lo cual la necesidad de estímulo es tan urgente para el cerebro en desarrollo como el alimento físico.

Una vez que se forma el tubo neural comienza a doblarse formando un surco aproximadamente a los dieciocho días, dando origen al cerebro y la médula espinal del embrión.

El sistema nervioso fetal comienza a funcionar muy pronto, en la quinta semana de existencia las primeras sinapsis se comienzan a formar en la médula espinal de un feto.

En la sexta semana, estas conexiones tempranas permiten los primeros movimientos fetales que pueden ser detectados gracias a las imágenes de ultrasonido.

Alrededor de las ocho semanas siguen el movimiento de los miembros, a las diez semanas el de los pequeños dedos y comienzan algunas acciones asombrosamente coordinadas: hipar, bostezar, aspirar, tragar, y succionar el pulgar.

Para el final del primer trimestre, el repertorio de movimientos de un feto es notablemente rico, aunque la mujer embarazada no puede sentirlos, ya que la mayoría de las mujeres detectan los primeros movimientos fetales alrededor de las dieciocho semanas del embarazo. En el primer trimestre los fetos ya son capaces de formas sencillas de aprendizaje, como por ejemplo reaccionar ante un estímulo auditivo repetido, tal como una palmada junto al abdomen de la madre. Los fetos también pueden aprender cualidades sensoriales de la matriz, puesto que varios estudios han demostrado que recién nacidos responden a los olores familiares, tales como su propio líquido amniótico, y a los sonidos, tales como el latido del corazón materno o la voz de su propia madre, incluso las voces de familiares cercanos al niño.

El niño, al nacer, ya es capaz de oír, ver, oler, responder al tacto. Ahora bien, aunque ha experimentado una cantidad asombrosa de transformaciones, el cerebro de un bebé recién nacido tiene mucho por desarrollar.



Al nacer solamente han madurado las porciones más bajas del sistema nervioso (la médula espinal y el tallo cerebral), mientras que las regiones más altas (el sistema límbico y la corteza cerebral) siguen siendo algo primitivas.

El cerebro reptiliano detenta en gran parte el control del comportamiento del recién nacido: toda una gama de comportamientos como: golpear con el pie, gritar, dormir, y alimentarse son las funciones del tallo cerebral y la médula espinal. Incluso el comportamiento visual más llamativo de los recién nacidos: su capacidad de seguir un objeto móvil, o de orientar la mirada hacia el rostro del padre o la madre, se piensa que es controlado por el tallo cerebral.

El cerebro humano se toma tiempo para desarrollarse, por esto la naturaleza ha asegurado que los circuitos nerviosos responsables de las funciones corporales más vitales, respiración, latido del corazón, circulación, etc estén maduros en el momento en que el niño nace. El resto del desarrollo del cerebro puede seguir un paso más pausado, maximizando la oportunidad para que la experiencia y el ambiente formen la mente que emerge.

En los otros cerebros, límbico y neocórtex, las conexiones son débiles, pero explotan a continuación del nacimiento con millones de sinapsis. Las dendritas y axones se van esparciendo velozmente. A los dos años, el cerebro del niño contiene el doble de sinapsis y consume dos veces más energía que el cerebro de un adulto normal. Estos son los años cruciales y los que marcan y definen al ser humano de por vida.

El cerebro límbico no empieza a desarrollarse hasta pasado el primer año y se forma hasta los once, los lóbulos prefrontales no empiezan a madurar y a funcionar plenamente hasta los quince años, y aun más tarde, y en muchos casos no lo logran hacer nunca.

Lo que forma las redes de estos cerebros, o en muchos casos las reforma, es la experiencia repetida. La extensión de la mano del niño, la mirada intensa localizando un objeto, una cara, el oído atento a la canción de la madre, ejercicios como estos disparan por el cerebro en formación circuitos de neuronas tan bien definidos y tan visibles como la marca de un topo socabando túneles.

“La optimización temporal de los factores innatos y medioambientales es decisiva para una correcta diferenciación de cada célula nerviosa, así como para el desarrollo de la totalidad del sistema nervioso, y de su capacidad para generar comportamientos”.

## **LAS MARIPOSAS DEL ALMA**

Las neuronas son células altamente especializadas cuya función central consiste en la generación y transmisión de señales, con el objeto de comunicarse con las demás neuronas del sistema nervioso y con el exterior del organismo. Están compuestas de tres partes: **el cuerpo celular, las dendritas y el axón**. El cuerpo celular contiene al núcleo de la célula y es allí donde se sintetizan las enzimas y se llevan a cabo las operaciones esenciales para la supervivencia de la célula. El conjunto de cuerpos celulares es lo que le da su color característico a la sustancia gris.



Las dendritas, del latín árbol, son extensiones del cuerpo celular con ramificaciones cortas y tubulares, a través de las cuales cada neurona recibe señales provenientes de otras neuronas. Estas señales son sumadas o promediadas, y en caso de que la intensidad total del estímulo recibido sea mayor que un cierto umbral, la neurona generará y emitirá una señal eléctrica de respuesta.

Esta señal será enviada a través del axón quien transmitirá la información hacia otras neuronas mediante intercambio químico. El axón se divide cerca del final en finas ramas que contactan con otras neuronas. El punto de contacto se denomina sinapsis. En la sinapsis existe un espacio de separación entre las dos células denominado *hendidura sináptica*.

**La sinapsis** se produce por la liberación de sustancias químicas de la neurona presináptica que excita a la postsináptica transmitiendo el código informativo.

La llegada de un impulso al final de una fibra nerviosa hace que se libere un compuesto químico, *sustancia transmisora*, el cual excita a la neurona vecina. Una misma neurona podrá tener conexiones inhibitoras y excitadoras con diferentes neuronas, para lo cual necesitará producir diferentes sustancias químicas que actúan como transmisores.

Los mecanismos bioquímicos que intervienen en el metabolismo y funcionamiento de las neuronas son muy complicados. Prueba de esta complejidad es el hecho de que en la transmisión de los impulsos nerviosos a través de las sinapsis intervienen más de 30 moléculas diferentes.

Los axones están cubiertos por una sustancia grasa llamada mielina, de color blanquecino, que los aísla eléctricamente del exterior, dicha envoltura presenta interrupciones periódicas, los *nodos de Ranvier*. La mielina permite que la conducción de los impulsos nerviosos a través del axón sea mucho más veloz, por lo tanto aumenta la eficacia del sistema y su desarrollo se toma como medida de madurez del sistema nervioso.

La mielinización es lenta y progresiva, comienza un mes antes del nacimiento y continúa hasta la adolescencia. Las fibras provenientes de las áreas sensoriales (tacto, visión, la audición etc.) y las de las áreas motóricas primarias son mielinizadas poco después del nacimiento, mientras que las que están implicadas con las funciones cognitivas más complejas, lo hacen mucho después. Se cree que las fibras provenientes de los lóbulos prefrontales (funciones ejecutivas, intenciones, planificación futura, etc.) se mielinizan ya entrada la edad adulta joven.

A los diez años está mielinizado el cuerpo caloso, lo que le permite al niño un mayor dominio de la coordinación de movimientos.

En diversas culturas el momento en el que un muchacho se convierte en un hombre se ha codificado a través de rituales. A medida que la sociedad se hace más compleja y cada vez más gobernada por el cerebro que por el músculo, y a medida que aumenta la esperanza de vida, la edad de madurez se ha ido desplazando, porque el tiempo de preparación para el ingreso a la vida adulta implica una preparación por parte del joven que cada vez le lleva más tiempo.

En las sociedades occidentales modernas los 18 años de edad han quedado codificados en la ley como la edad de la madurez social. Es interesante ver que ésta es también la edad en que la



maduración de los lóbulos frontales está relativamente completa, ya que los lóbulos frontales no pueden asumir completamente su liderazgo hasta que se hayan mielinizado por completo los caminos que conectan los lóbulos frontales con las distintas estructuras del cerebrales.

## **HEMISFERIO IZQUIERDO, HEMISFERIO DERECHO**

El cerebro es una estructura dividida en mitades o hemisferios que están protegidas en el cráneo y permanecen ligadas por varios haces de fibras nerviosas, que sirven como canales de comunicación entre ellas. Cada hemisferio parece ser una imagen especular del otro.

Stephen Grossberg descubrió que la eficiencia computacional se ve aumentada por la separación del sistema en dos partes, una que trabaja con inputs novedosos y otra con inputs rutinarios. Esto proporciona un argumento adicional a favor de que la emergencia de una separación semejante en la evolución conferiría una ventaja computacional al cerebro. Ligar la novedad al hemisferio derecho y las rutinas al hemisferio izquierdo hace cambiar las concepciones del cerebro.

No obstante, novedad y rutina son relativas, lo que hoy es nuevo para mí, será rutinario mañana. Por consiguiente la relación entre los dos hemisferios es dinámica, caracterizada por un desplazamiento gradual del lugar del control cognitivo sobre una tarea desde el hemisferio derecho al hemisferio izquierdo. La gran organización que es el cerebro parece consistir en dos divisiones principales: una que trabaja con proyectos relativamente nuevos, y la otra que ejecuta las líneas de producción ya probadas y establecidas.

El hemisferio izquierdo se ha ido capacitando para un procesamiento secuencial en general, mientras que el hemisferio derecho se han adaptado más al procesamiento simultáneo, como la información requerida para percibir patrones espaciales y sus relaciones.

Roger Sperry y colaboradores, en la década de los 60 diseñaron la técnica de la comisurotomía (corte del cuerpo caloso) y la aplicaron, primero con gatos, para estudiar el funcionamiento de los dos hemisferios por separado. Los resultados de tales investigaciones le permitieron a Sperry ganar un premio Nobel de Medicina en 1981.

Al aplicar la técnica con sujetos epilépticos crónicos encontraron que la comisurotomía no alteraba la conducta de los pacientes, los sujetos mantenían su comportamiento habitual o normal. Esto se explica porque en la mayor parte de sus experiencias cotidianas, los dos hemisferios reciben el mismo tipo de información. Sin embargo, cuando los investigadores manipularon la información de modo que esta llegase sólo a un hemisferio de los pacientes operados, fue cuando se pudo explorar la diferencia en el funcionamiento de los dos lados del cerebro.

Los estudios de pacientes comisurotomizados sugieren que estos individuos funcionan con dos mentes independientes: la izquierda, consciente y verbal; la derecha, de funcionamiento en gran parte automático. En estos pacientes cada hemisferio es capaz de dirigir la conducta, cuál de los dos hemisferios ejerce el control parece depender de cuál es el más indicado para la tarea a





realizar . Con instrucciones ambiguas para juntar estímulos similares, el hemisferio izquierdo del paciente con escisión cerebral une por función y el derecho lo hace por apariencia.

Lo que se va comprobando cada vez con mayores certezas, es que cada hemisferio tiene sus propias sensaciones privadas, percepciones, pensamientos e ideas, todos los cuales están separados de las correspondientes experiencias en el hemisferio opuesto. Cada hemisferio tiene su propia cadena privada de recuerdos y experiencias de aprendizaje, que son inaccesibles para el otro hemisferio. En muchos aspectos, cada hemisferio desconectado parece tener una “mente propia” separada.

## EL CEREBRO TRÚNICO

*“Por su inteligencia el hombre puede tener el Universo por hogar o como enigma”*

Paul MacLean brillante psicólogo del Laboratory for Brain Evolution and Behaviour at the National Institute for Mental Health, investigando sobre la evolución del cerebro humano y su desarrollo fetal, propone la teoría del cerebro tríunico que define al cerebro como una estructura formada por tres capas diferentes anatómica y funcionalmente, de los que emergen conductas específicas. Estos tres cerebros se integran y superponen, así como las conductas que generan, y son los responsables de la conducta humana.

MacLean propuso que en nuestro cráneo anida no un cerebro, sino tres, cada uno representando un estrato evolutivo distinto construido encima de la capa más antigua, como estratos arqueológicos de una vieja ciudad. Tres partes de origen evolutivo secuencial. "Tres computadoras biológicas interconectadas, cada una con su particular inteligencia, con su subjetividad diferente, con su noción diferente de la trama espacio-temporal y su propia memoria." En términos diarios, hablamos de estos cerebros como partes de nosotros mismos, como la 'mente', el 'corazón', y 'cuerpo'.

El cerebro reptiliano, el 'cuerpo' (o el 'hara' en japonés) se experimenta en el vientre más bajo, y nos da un sentido de la hora y de defensa de nuestros espacios o territorios, nuestra capacidad sexual, nuestras urgencias existenciales y actuales.

El “corazón” es el sistema límbico, históricamente se ha percibido en el pecho, se lo relaciona con el músculo cardíaco, aún en la literatura y la cultura popular.

La “mente”, o el neocórtex, es la parte de nosotros mismos que nos identifica como quiénes somos: se percibe en la conciencia.

Cada uno de los tres cerebros está conectado con los otros dos, y aunque evolutivamente el más nuevo y complejo, el neocórtex, recubre a los anteriores, no siempre es el que domina las motivaciones o conductas provenientes de los otros dos cerebros, más arcaicos y primitivos. El





sistema límbico, regulador de las emociones, puede muchas veces dominar todas las funciones mentales superiores.

Un elemento clave en este modelo, pues, es el trauma, que, recordado u olvidado conduce la mayoría de nuestro comportamiento y vida emocional.

Los eventos traumáticos son, en la mayoría de las ocasiones, inesperados e incontrolables y golpean de manera intensa la sensación de seguridad y auto-confianza del individuo provocando intensas reacciones de vulnerabilidad y temor hacia el entorno. Accidentes, desastres naturales, inesperada muerte de familiares, asaltos, violaciones, abusos, torturas, experiencias de guerra, fracaso escolar, etc., afectan al psiquismo determinando actitudes defensivas o de huida, de enfrentamiento o negación, construyendo la historia personal de cada uno.

El momento en que ocurra el evento causante del trauma determinará el nivel cerebral que se verá afectado, así como la profundidad del mismo, sobre todo en los momentos críticos del desarrollo cerebral.

La urgencia de una reconciliación entre la inteligencia racional y la emocional del hombre, entre sus necesidades materiales y su búsqueda de proyectarse, es el desafío que debe asumir el hombre de nuestro tiempo que ya está padeciendo lo que el Dr. Edwald Bohm ha calificado como “neurosis de decapitación”.

Hay una exacerbación, una hipertrofia del pensamiento, una ”neurosis de decapitación padecida por aquellas personas que lo discuten todo, pero no viven nada. No se dan cuenta de que lo están triturando todo a fuerza de razonarlo, porque tienen miedo de vivirlo.

Los efectos de esta sobrevalorización que dan rienda suelta a las motivaciones provenientes de nuestros cerebros arcaicos, son:

- por un lado la promoción de la violencia que azota a nuestro mundo: atentados, raptos, terrorismo, francotiradores-cazadores de inocentes-presas, que manifiestan de forma trasparente las necesidades del reptil: ataque, lucha por el territorio, ambición de poder, materialismo. Nunca mejor aplicado, el hombre lobo del hombre.
- Por el otro: la exacerbación de todo lo instintivo sexual, lo hedónico, como única alternativa de la existencia, como motivación permanente del consumir, del poseer, del disfrutar sin consecuencias, sin responsabilidad, sin proyección.

Este hombre actual ha instalado la primacía del reptil.

## **CAPA SOBRE CAPA**



La naturaleza raras veces crea algo completamente nuevo, siempre construye sobre algo existente. Cuando surge una estructura cerebral, lo hace sobre otra ya existente, perfeccionándola y dándole mayor grado de libertad. Va desde el automatismo hacia la independencia.

Rita Carter afirma que el cerebro humano se origina en un proceso que comenzó cuando, hacen millones de años, se desarrolló en los peces un tubo que relacionaba como centro de control a los nervios, y que era sólo una prominencia en la parte superior de la espina dorsal. Con el tiempo esos nervios se especializaron en módulos y , junto con el cerebelo que regulaba el movimiento, constituyeron el cerebro mecánico del reptil.

Después se desarrollaron otros módulos: el tálamo, que permite que la vista, el olfato y el oído operen en conjunto, la amígdala y el hipocampo, que generaron un sistema primitivo de memoria, y el hipotálamo, que permitió reaccionar a un espectro de estímulos más amplio. Así se formó el cerebro del mamífero.

Finalmente, durante la evolución de los mamíferos, los módulos de los sentidos promovieron el desarrollo de una tela de células cuya disposición permitió formar entre ellas muchas conexiones neuronales aumentando el tamaño a medida que evolucionaban las especie, esto es la corteza cerebral.

El desarrollo del lenguaje implicó la necesidad de mucho tejido cerebral, así los lóbulos frontales del cerebro se expandieron, para crear grandes áreas de nueva materia gris conocida como neocórtex. Este crecimiento dio lugar a los lóbulos prefrontales que sobresalieron por la parte delantera del cerebro dándole forma al cráneo del hombre moderno.

Este modelo explica la profunda interacción entre los tres niveles cerebrales debido a que, a lo largo de la evolución, aquellos mecanismos, procesos u órganos que van siendo la solución a un nuevo problema adaptativo que le presenta el medio al organismo, van quedando incorporados genéticamente a la especie que evoluciona. Es una suerte de no desprenderse de aquellos “éxitos de la adaptación”, rutas seguras encontradas a lo largo de la vida y salvaguardadas de generación en generación. Si funcionó, funcionará.

Los tres cerebros, su función y anatomía, pueden ser resumidos así:

1. Cerebro reptílico o Complejo R: sus funciones son las fisiológicas básicas y adaptativas rápidas, y lo constituye el tronco cerebral y la base de la médula espinal.
2. Cerebro visceral o sistema Límbico: su función de respuesta adaptativa rápida, sede de la emoción, y la memoria. Lo constituye la cara interna de los hemisferios.
3. Cerebro nuevo o Neocórtex : cumple una función reflexiva y de adaptación lenta, en relación con la cognición, los valores. Lo forma la cara externa de los hemisferios cerebrales



Los requerimientos de entorno han hecho surgir estructuras cerebrales o módulos específicos para la solución de problemas concretos.

Hoy se considera que el cerebro está organizado en unidades que funcionan relativamente independientes, los módulos, que trabajan en paralelo, e interdependientemente, una neurona puede formar parte de varios circuitos, cada uno de los cuales puede cumplir una función distinta en el cerebro.

Se piensa que estos módulos se heredan aunque no completamente acabados, se hereda la posibilidad de desarrollarlos en interacción con el medio ambiente, como ocurre con el lenguaje

### **EL CEREBRO REPTILIANO**

Animales tales como los reptiles tienen un cerebro conformado solamente por el tallo cerebral y el cerebelo por esta razón a estos núcleos cerebrales se los conoce comúnmente como "cerebro reptiliano". El cerebro reptiliano es el primero, el más antiguo, controla las reacciones de "luchar o volar", y los cambios en el funcionamiento fisiológico que acompañan al estrés o a la amenaza.

Los reptiles son animales de sangre fría. Son controlados por el instinto. Prefieren actuar antes que pensar. Este cerebro controla los músculos, balance y funciones autonómicas tales como, la respiración y latido del corazón. Controla los ciclos del sueño y la vigilia, y se halla activo aún durante el sueño profundo.

En inglés, cuatro S definen este cerebro:

- Sustenance : sustentación o alimento.
- Shelter : refugio.
- Safety : seguridad.
- Sex : sexo.

Es el responsable de la conducta automática o programada, tales como las que se refieren a la preservación de la especie y a los cambios fisiológicos necesarios para la sobrevivencia y en el control de la vida instintiva.

El cerebro reptiliano es absolutamente un ejecutante. Da lugar a nuestra capacidad de imitación: imita, relanza, acumula, construye. Ordena las rutas, las rutinas, los hábitos, los modelos, las artes, los rituales, las religiones, las burocracias, los gobiernos, y las instituciones.

Nos desplazamos hacia el reptil cuando estamos bajo amenaza y, cuando este desplazamiento ocurre no puede tomar lugar el aprendizaje



Su territorialidad nos hace cuidadosos de nuestro "espacio". Cuando se disturbian nuestros territorios o rutinas, nuestro reptil aparece con irritación o violencia. Sin embargo, cuando es feliz, tiende a buscar la comodidad de su sitio preferido, como un lagarto al sol.

En los seres humanos implica conductas que se asemejan a los rituales animales como el anidarse o aparearse. Se trata de un tipo de conducta instintiva programada y poderosa, muy resistente al cambio.

El cerebro reptílico participa en los rituales de competencia y establecimiento de jerarquías, adjudicándose a ciertas áreas específicas la función agresiva, en especial, el área tegmental ventral, la imposición de liderazgo y al mantenimiento de la territorialidad.

El reptiliano es rígido, obsesivo, obligatorio, ritualista y paranoico. Realiza los mismos comportamientos repetidamente no aprendiendo nunca de los últimos errores. Según MacLean, las necesidades primitivas dictadas por el cerebro de Reptiliano incluyen un sentido de la seguridad, de la supervivencia y territorialidad, y se corresponden con la necesidad humana de orden, de rutina y de regularidad.

Sin un sentido básico de la seguridad, el hombre no puede aprender ni ampliar su potencial para el cambio. Es posible que algunas de los alumnos que ahora etiquetamos como "especiales", "lentos" u "obstinados", simplemente estén intentando buscar ese sentido de seguridad que le es imprescindible.

## **EL SISTEMA LÍMBICO**

El sistema emocional es el sustrato de la mayoría de nuestros comportamientos. Las emociones juegan un papel importantísimo en nuestra conducta, pero también en nuestras funciones cognitivas. La emoción es más antigua que la cognición, por eso el organismo se fía mucho más de ella que de la racionalidad. Por eso, esas conductas son más automáticas, pero más seguras y rápidas.

El cerebro olfativo (rinencéfalo) es parte del sistema emocional. El olfato ha jugado un papel fundamental en el desarrollo evolutivo. Las feromonas son percibidas por receptores que envían la información al límbico. El olfato permite a los animales estar informados a determinada distancia, distinguir presas de depredadores, su posición social y su disponibilidad sexual.

Para Mac Lean el sistema límbico aparece en los mamíferos aportando tres conductas diferentes a la de los animales anteriores:

- la crianza con el cuidado materno,
- la comunicación audiovocal para mantener contacto entre la madre y la cría,
- y el juego. Por esos el sistema límbico supone el comienzo de la familia.



El sistema emocional tiene la llave para almacenar aquello que es importante desde el punto de vista biológico para el organismo. Las investigaciones apoyan la noción de que toda la información que penetra al organismo es supervisada y controlada por el sistema límbico, lo cual constituye una función vital para la supervivencia. Es el asiento de la motivación. Con él el organismo expresa su cólera, su miedo, su interés, su pasión.

Si uno quita el sistema límbico de un mono preserva sus capacidades pero su comportamiento no se asemeja más que al del mono. Intentará comer basura, copularse con gallinas, etc. En una palabra, pierde el contacto con el conocimiento de su especie, con el mundo de los monos.

Experimentos con ratas y hámsteres permitieron concluir que cuando la neocorteza fue dañada, los animales todavía podían acoplarse, criar, y eran casi normales en una variedad de pruebas psicológicas, mientras que cuando el sistema límbico fue destruido, aunque la neocorteza fue dejada intacta, casi todo comportamiento típico del animal cesó.

Estos experimentos, junto con resultados de investigaciones en pacientes con enfermedades cerebrales, indican que "los aspectos más básicos de la personalidad y la expresión del comportamiento" son proporcionadas por el cerebro reptiliano y el sistema límbico, y no por el cerebro racional.

La estructura del cerebro humano es tal que ninguna información alcanza la neo-corteza sin primero pasar a través del sistema límbico, donde se originan las emociones, quienes colorean esa información y determinan cuánta atención le será prestada. De esta manera, las necesidades emocionales influyen profundamente el pensamiento y el comportamiento.

Además, se ha encontrado que las emociones están implicadas profundamente en la operación de la memoria a largo plazo. Recordamos lo que sentimos. Cuando nuestras emociones se despiertan, nos cerramos al mandato de la corteza cerebral.

El núcleo amigdalino es una pequeña región del prosencéfalo llamada de este modo por su parecido con una almendra. La amígdala recoge e identifica las expresiones de miedo, una parte de la amígdala responde a la expresión facial, y la otra es sensible a las calidades tonales de la voz, la ronquera que delata el enfado o el temblor que delata el miedo. La amígdala izquierda parece responder más a la expresión vocal, mientras la amígdala derecha es sensible al movimiento facial, de lo cual se desprende que las personas que tienen una amígdala hipersensible se sientan ofendidas fácilmente mientras que aquellas que tienen una amígdala que reacciona lentamente pueden parecer aburridas o indiferentes. (Le Doux, J.)

LeDoux descubrió, investigando el comportamiento del miedo, que existen dos caminos desde el estímulo al núcleo amigdalino. La información de los estímulos externos llega al núcleo amigdalino por vía directa desde el tálamo (el camino secundario), así como por la vía que van desde el tálamo hasta el núcleo amigdalino a través de la corteza.



La vía directa tálamo-núcleo amigdalino es una ruta de transmisión más corta y, por tanto, más rápida que la vía que lleva desde hasta el núcleo amigdalino a través de la corteza. Sin embargo, debido a que la ruta directa no entra en la corteza, no puede beneficiarse del procesamiento cortical. Como consecuencia sólo puede proporcionar el núcleo amigdalino una interpretación burda del estímulo. Es una vía de procesamiento rápida y poco precisa.

La vía directa nos permite comenzar a responder a los estímulos potencialmente peligrosos antes de que sepamos totalmente qué es el estímulo. Esto puede ser muy útil en situaciones peligrosas. No obstante, es preciso que la vía cortical sea capaz de anular la vía directa. Imaginemos que estamos caminando por el bosque y oímos un crujido. El sonido va directamente al núcleo amigdalino a través de la vía talámica. El mismo sonido también viaja al núcleo amigdalino desde el tálamo pasando por la corteza, que reconoce el sonido como el crujido de una rama que se rompe al pisarla, o como el sonido de una serpiente cascabel que mueve la cola. Para cuando la corteza lo ha averiguado el núcleo amigdalino ya está empezando a defenderse contra la serpiente.

La información recibida directamente desde el tálamo predispone a producir respuestas, mientras que la tarea de la corteza es evitar la respuesta inadecuada, más que producir la adecuada. Imaginemos, en cambio que notamos una forma curva y delgada en el camino. La curvatura y la delgadez llegan al núcleo amigdalino desde el tálamo, mientras que sólo la corteza distingue a una serpiente enroscada en una rama curva. Si es una serpiente, en núcleo amigdalino lleva ventaja. Desde el punto de vista de la supervivencia, es mejor responder a sucesos potencialmente peligrosos como si fueran auténticos, que no reaccionar. Al responder primero con la conducta el cerebro gana tiempo. El riesgo que comporta tratar a una rama como a una serpiente es menos costoso a largo plazo, que el precio que hay que pagar por tratar a una serpiente como si fuera una rama.

La cognición participa en la emoción al aportarnos la capacidad para tomar decisiones sobre la acción que debemos realizar a continuación teniendo en cuenta la situación en la que nos encontremos, por esta razón la cognición es fundamental ya que permite el cambio de reacción a acción.

Hay cosas en las que es mejor no pensar, como para poner un pie delante del otro al caminar, para parpadear cuando se acerca un objeto a los ojos, para colocar al sujeto y al verbo en el lugar correcto al hablar. Las funciones de la mente y la conducta se realizarían a paso de tortuga si cada respuesta tuviera que ir precedida de un pensamiento.

Sin embargo por muy útiles que pueden ser las respuestas automáticas, sólo son una solución de emergencia sobre todo en el hombre.

Estimular una parte de la amígdala produce una reacción de miedo típica. Una sensación de pánico combinada con el deseo de huir. Si estimulamos la otra parte, producimos lo que la



gente describe como una reacción cálida y arrulladora y un comportamiento amigable de apaciguamiento. Pero la actividad de otro tercio resulta en explosiones de furia. Reunir los tres mecanismos que desencadenan las estrategias básicas de supervivencia: fuga, lucha y apaciguamiento, en un solo pedacito de tejido, tiene la ventaja de permitir que la transición de una a otra se pueda realizar velozmente. Si un matón no cede ante una sonrisa, basta la mínima amplificación de actividad en la amígdala para desencadenar la huída, y si es imposible huir, el aumento de actividad resultante nos da el impulso para atacar, combinado con un sentimiento de enfado.

Controlar las emociones implica el proceso inverso del que se hace para sentirlas. La amígdala recibe primero los estímulos emocionales y produce una respuesta automática casi instantánea, sin embargo un cuarto de segundo más tarde la información llega a la corteza frontal donde se adapta al contexto y se concibe un plan racional de acción.

Si es apropiada una de las tres estrategias de supervivencia básicas, continúa la reacción corporal que ya había empezado. Pero si la decisión racional es que se debe responder con otra estrategia, la corteza manda un mensaje al hipotálamo para que calme un poco las cosas.

El hipotálamo le indica a su vez al cuerpo que pare o heche para atrás los cambios que ya ha comenzado a hacer y a su vez manda mensajes a la amígdala para que también se calme. De esta manera las emociones son controladas por las funciones más elevadas del cerebro, y aunque funciona bien en la mayoría de los individuos una minoría no es capaz de controlar sus propias reacciones.

Se puede perder el control sobre las emociones cuando las las señales mandadas de la corteza al sistema límbico sean demasiado débiles, como sucede con los niños que tienen muchos más arranques emocionales que los adultos por la debilidad y distribución difusa de las señales corticales, no controlan bien sus emociones porque los axones que llevan señales de la corteza al sistema límbico todavía tienen que madurar, así como las células del lóbulo prefrontal, donde se procesan racionalmente las emociones, que recién madurarán del todo en la edad adulta.

Por el contrario, la amígdala está madura ya al momento de nacer y es capaz de plena actividad. El cerebro joven está claramente desequilibrado: la corteza inmadura no puede oponerse a la poderosa amígdala.

La madurez cortical puede acelerarse con el uso. Los niños a los que se les enseña a controlarse, probablemente se vuelvan más emocionalmente estables que aquellos a los que se les permite que den rienda suelta a sus impulsos emocionales.

La estimulación constante de un grupo de células cerebrales determinado, como el que se necesita para inhibir la amígdala, las hace más sensibles, y así, más fáciles de activar en el futuro.





Por el mismo motivo, los niños que no activan a menudo el centro de control emocional de sus cerebros probablemente sean adultos con poco control de sí mismos

Harry Chugani, ha hecho estudios de los cerebros de algunos niños que no han recibido contacto afectivo durante la infancia, y ha encontrado que casi todos ellos muestran claras excentricidades funcionales en las áreas relacionadas con las emociones. “La ventana por la cual se puede estimular emocionalmente a los niños si se quiere que sientan esas emociones durante el resto de su vida dura muy poco tiempo. Estos perdieron esta oportunidad y la evidencia aparece en sus cerebros.”

Las lesiones en la corteza emocional también pueden reducir la capacidad de inhibir la actividad de la amígdala, lesiones irritativas de esta área producen comportamiento agresivo y enfado. Numerosas investigaciones de cerebros de asesinos han encontrado evidencia de lesiones y trastornos cerebrales, sobre todo actividad reducida en el lóbulo frontal, lo cual compromete la capacidad de la persona para controlar sus impulsos.

Estudios de psicópatas llevados a cabo por Robert Hare sugieren que estos trastornos pueden deberse al mal funcionamiento de la amígdala, particularmente la derecha. La amígdala normal se activa intensamente en presencia de estímulos emocionales, en cambio, en los psicópatas, demuestra poca o ninguna respuesta ante éstos. El escán muestra que mientras en la mayoría el hemisferio derecho se ilumina en situaciones emocionales, en los psicópatas están igualmente activos los dos hemisferios, lo que les libra del sentimiento de culpa, remordimiento y necesidad de castigo.

Algunos investigadores creen que esto se debe a un daño cerebral, tal vez falta de oxígeno antes o después del nacimiento, aunque otros sugieren que la falta de vínculo maternofilial, que media la hormona occitocina puede ser la responsable, ya que es necesario para estimular y mantener la función normal de la amígdala.

## **EL NEOCORTEX**

El Neocórtex, la corteza del cerebro, también conocido como el cerebro superior o la MENTE RACIONAL, abarca el conjunto de los hemisferios y algunos grupos neuronales subcorticales. Corresponde al cerebro de los mamíferos superiores como el primate y, por lo tanto, a la especie humana.

El neocórtex recubre los dos cerebros antiguos hace millones de años. Empuja y coloniza a los cerebros reptiliano y límbico, pero está fuertemente interconectado con ellos.

En el hombre el neocórtex toma dos tercios de la masa total del cerebro. Aunque todos los animales también tienen un neocórtex, es relativamente pequeño, con pocos o ningún doblez. Un



ratón sin corteza puede actuar de manera bastante normal, mientras que un ser humano sin una corteza es un autómata.

En la neocorteza se generan los procesos intelectuales superiores: resolución de problemas, análisis y síntesis de información, razonamiento analógico, pensamiento crítico y creativo, y se distinguen amplias zonas asociativas que construyen nuestro mundo lingüístico, cultural y tecnológico.

Mac Lean refiere a la corteza, el tercer cerebro, como "la madre de la invención y padre del pensamiento abstracto", que distingue al hombre del resto de los primates. Controla las actividades conscientes como los lazos con los acontecimientos externos del ambiente. El hombre puede "representar" el mundo, incluso para teorizarlo. Ningún rastro de la emoción emana del neocórtex. No intenta saber cuál es "bueno" o "malo" pero distingue verdad de falsificación.

El córtex se caracteriza por su facultad adaptativa y capacidad de enfrentarse a situaciones inesperadas. Su permanente inestabilidad se genera debido a su continua búsqueda de situaciones que eviten el aburrimiento que le produce la estabilidad y las situaciones esperadas.

Rechaza la rutina y se proyecta hacia el futuro. Imagina, compara, se calla, recuerda, olvida, se equivoca, vuelve atrás. Es capaz de inhibir las reacciones primarias y emotivas del reptiliano y del límbico, permite a los instintos expresarse con educación, sublima la huida en la retirada o en el sueño y la agresividad en la combatividad o la afirmación de sí mismo. De cualquier forma, el córtex amortigua y filtra los automatismos de los cerebros antiguos.

El córtex es siempre imprevisible: según las circunstancias, puede adoptar un papel inhibitor o acelerador de las reacciones de respuesta a los diversos estímulos de la vida cotidiana. Imaginativo, capaz de anticipación, es frágil y dependiente de su juicio, que es relativo y a veces erróneo. Influye de forma positiva o negativa en las reacciones del reptiliano y del límbico: es capaz de elaborar una situación trágica totalmente imaginaria para desencadenar así la agresividad del cerebro arcaico. Puede igualmente subestimar el peligro por una evaluación precipitada o imprecisa e impedir las reacciones de alerta de nuestro sistema de defensa.

El córtex frontal es nuestro moderador y nuestro regulador supremo de la atención. El córtex es el "cerebro frío" o "Yo en el mundo": sus facultades de dominio de la afectividad, del razonamiento frío, del análisis y evaluación de las causas y consecuencias de las posibles reacciones, su capacidad de anticipación, le permiten organizarse con previsión, refrenando las pulsiones del cerebro antiguo.

Se lo reconoce también por la función ejecutiva que realiza, principalmente a través de la corteza frontal, gracias a la cual es la sede de la capacidad de generar hipótesis planear acciones y tomar decisiones para conseguir un objetivo, de focalizar la atención en ello, de analizar los resultados y cambiar de táctica si es preciso, y no entretenerse con estímulos irrelevantes. Según Lezak no se trata de una función cognitiva específica, sino de aquellas capacidades que permiten a una persona llevar a cabo con éxito una conducta con un propósito determinado.



Afirma Sagan en su libro “Los Dragones del Edén”, que el córtex regula el sentido de anticipación del futuro, es el emplazamiento de los sentimientos de inquietud, los centros de la ansiedad y la desazón. Por ello el corte transversal del lóbulo frontal reduce las manifestaciones de la ansiedad. Por otro lado, la lobotomía prefrontal puede mermar en gran manera la capacidad del hombre para comportarse como tal. El precio que pagamos por la previsión del futuro es la desazón que ello engendra.

Nuestra personalidad está determinada en gran medida por nuestra neurobiología, y los trastornos de personalidad, son causados por daños en el cerebro. Los lóbulos frontales tienen más que ver con nuestras “personalidades” que cualquier otra parte del cerebro, y el daño en el lóbulo frontal produce un cambio de personalidad profundo.

La corteza orbitofrontal corresponde a la representación neocortical del sistema límbico y tiene que ver con la adecuación en tiempo, espacio e intensidad, de la conducta en respuesta a un estímulo externo. Las lesiones en esta área parecen desconectar un sistema de vigilancia frontal del sistema límbico y, como resultado, se produce un cambio de personalidad.

Un paciente con este síndrome incurrirá en robos, comportamiento sexualmente agresivo, conducción temeraria, y otras acciones antisociales. Estos pacientes son egoístas, fanfarrones, pueriles, obscenos y sexualmente explícitos, su humor es subido de tono y su verborrea se parece a la de una adolescente borracho.

Alan Schore, de California, propone la hipótesis de que la temprana interacción madre-niño es importante para el desarrollo normal de la corteza orbitofrontal durante los primeros meses de vida. Por otra parte las experiencias estresantes en el inicio de la vida pueden dañar de forma permanente a la corteza orbitofrontal, predisponiendo al individuo a enfermedades psiquiátricas en su vida posterior.

Otra función que se supone corresponde al lóbulo frontal es la que permite adoptar la postura bípeda al hombre. Esta conformación vertical, erecta, del cuerpo no habría sido posible sin el previo desarrollo de los lóbulos frontales. El hecho de asentarnos sobre dos pies liberó nuestras manos y nos permitió manipular con ellas, lo que posteriormente abocaría en un notable acrecentamiento de los rasgos culturales y fisiológicos del hombre. Cabe decir, sin exagerar un ápice, que la civilización tal vez sea producto de la actividad de los lóbulos frontales.

## **DESARROLLO CEREBRAL**

La incesante actividad que se produce en el embrión humano es tan misteriosa como compleja. Las neuronas comienzan a desarrollarse, a lanzar sus axones, (que transmiten las señales) a recorrer el cuerpo humano y a interconectar velozmente sus dendritas (que las reciben),



formando circuitos neurales, patrones y engramas que serán los futuros cofres de la memoria de esa persona.

En un principio axones y dendritas están tan próximos que casi se tocan. Pero mientras las dendritas apenas se mueven de su sitio, los axones recorren distancias enormes, el equivalente microscópico de kilómetros. Los AXONES se deslizan gracias a los llamados "granos-conos", (Growth cones). Lo que los científicos acaban de descubrir es que estos granos conformes van equipados con una especie de sonar o radar molecular, en busca de señales provenientes de proteínas. Algunas de estas proteínas los atraen, otras los repelen. Chad A. Cowan y Mark Henkemeyer, del Centro Médico de la Universidad del Suroeste de Texas, en Dallas, comparó al cerebro con una "supercomputadora extraordinaria", ya que en una computadora normal, un ser humano o una máquina coloca los cables en su lugar, pero el cerebro tiene que construir sus propias conexiones, según Henkemeyer. "Esa supercomputadora se construye a sí misma".

Con la paciencia de múltiples investigadores, la ciencia ha acumulado evidencias que permiten afirmar que la actividad eléctrica de las neuronas da forma a la estructura física del cerebro, como las olas dejan sus marcas en la arena y van descubriendo nuevas formas en la playa, así los impulsos bioeléctricos tallan los circuitos mentales del cerebro del niño. Las redes formadas por las neuronas interconectadas se modifican de acuerdo al tráfico interneuronal, de modo que la capacidad de metabolismo celular se influencia por el uso y desuso, lo que refuerza o debilita las asociaciones de circuitos.

Desde el momento que nacemos, y quizás en la etapa intrauterina, el estímulo sensorial es fundamental para el desarrollo neuronal, sin que sea suficiente la potencialidad genética.

El cerebro no es un ordenador común, ni es la tábula rasa de Aristóteles, comienza a trabajar para formarse mucho antes de estar concluido, sus 100.000 millones de neuronas deben comenzar una loca carrera para intercomunicarse antes que un proceso de apoptosis o poda neuronal elimine todas aquellas que no han quedado correctamente conectadas gracias a la estimulación esperada.

Neurofisiólogos y neuroanatomistas, han realizado estudios que evidencian la relación directa existente entre ambientes estimulantes de interacción individuo-medio y el crecimiento y desarrollo de redes neuronales complejas. Gracias a este dúo de actores: los genes y el ambiente, se va conformando el futuro de la persona, porque al conformarse su cerebro se conforma su destino. Sin embargo, la biología no se moviliza si la crianza no la activa. Natura y Nurture se interactúan la una a la otra, de forma que no hay cerebro si la crianza no lo activa, ni hay estímulo que pueda activar donde las sinapsis han sido ya eliminadas, o no están presentes. Experiencias ricas durante el crecimiento producen cerebros ricos en complejidad. Experiencias pobres disminuyen incluso el tamaño del cerebro hasta en un 20 a un 30%, según los investigadores del Colegio Baylor de Medicina de Houston, Texas.

Los seres humanos no cumplen inexorablemente una programación genética, su futuro no está escrito ni determinado biológicamente. Las microscópicas distancias que separan las



terminales dendríticas y axónicas, y que se crean por las exigencias de respuesta a un estímulo externo, constituye el reducto último donde se gesta la libertad. Éste es el espacio de la libertad. La neurociencia ha ubicado el intersticio concreto donde se aloja la libertad humana. Increíble realidad que no dejaría de asombrar al más profundo de los filósofos que tanta tinta han hecho correr escribiendo sobre ella.

## MODELANDO EL FUTURO

Los científicos afirman que los cerebros jóvenes son más moldeables que los viejos, y conocen la existencia de períodos críticos en la vida de algunos organismos, durante los cuales la experiencia ejerce una influencia especial.

Si se mantiene secuestrado a un gato recién nacido en una habitación cuyas paredes están decoradas con franjas horizontales y verticales, su cerebro adopta disposiciones adecuadas a semejantes situaciones. Después los “gatos horizontales” ignoran las patas de las sillas, como si fueran incapaces de ver verticalmente, mientras que los “gatos verticales” no pueden saltar de una superficie horizontal a otra. Datos recientes de experimentación sugieren que hay ciertas “ventanas de tiempo” en las que un gen presenta una acentuada vulnerabilidad para que influencias ambientales determinen su expresión.

El cerebro humano pasa por su momento más plástico durante la infancia, se puede extraer un hemisferio entero del cerebro de un niño y la otra mitad se reorganizará para cumplir las tareas de las dos mitades.

Estos hallazgos parecen cumplirse en el desarrollo humano en los períodos de mayor cambio estructural en la formación cerebral: infancia temprana (15 meses a 4 años), infancia tardía (6-10 años), pubertad y adolescencia media (Gabbard : 1999, Ornitz : 1996) .

Durante los tres primeros años, se establecerá un número inmenso de conexiones sinápticas, determinadas en primer lugar por el genoma, pero modeladas por la experiencia. Durante la siguiente década, la experiencia creará más conexiones sinápticas a medida que el niño adquiere nuevos conocimientos y habilidades durante el período escolar.

La experiencia es el principal arquitecto del cerebro. “El cerebro no es una máquina en la que cada elemento tiene su papel genéticamente asignado, no es un ordenador digital en el que todas las decisiones ya han sido tomadas. La anatomía basa sus principios en el mapa topográfico del cuerpo grabado sobre la superficie del córtex, establecido e inmutable en los primeros años de vida. Pero el mapa de grano fino no está establecido. La experiencia modifica los detalles, alterando continuamente el mapa o largo de la vida”. Michael Merzenich

Nuestros cerebros están cambiando continuamente en su morfología neuronal y en sus mecanismos neuroquímicos como resultado de nuestras experiencias diarias, contribuyendo así a



la individualidad personal.

La experiencia activa las neuronas, produce la activación que permite la expresión de los genes para que produzcan las proteínas necesarias para modelar la estructura cerebral, es decir que la experiencia modela el funcionamiento neuronal y es la responsable de la estructura en continuo cambio del cerebro humano durante toda su existencia, ya que una vez que se establecen los circuitos o vías encefálicas, como consecuencia de la actividad neuronal, los estímulos del medio ambiente inducen a estas neuronas a generar y modificar nuevas conexiones.

Los genes codifican proteínas que son importantes para el desarrollo, mantenimiento, y regulación de los circuitos nerviosos que subyacen a un comportamiento. La conducta emerge gradualmente, como consecuencia del impacto de los factores medioambientales sobre dichos circuitos en desarrollo. El entorno comienza a ejercer su influencia *in utero*, y alcanza su importancia primordial tras el nacimiento.

Los científicos definen plasticidad como "la capacidad de algunas sustancias de ser moldeadas o conformadas", y definen plasticidad nerviosa o neuroplasticidad como la propiedad que tienen las neuronas de reorganizar sus conexiones sinápticas en respuesta a un estímulo. Este estímulo puede bien ser externo, o interno: agentes humorales o comunicación química intercelular.

En definitiva, nuestro cerebro está estructuralmente determinado por el genoma, pero modelado por la experiencia. El cerebro humano nace muy inmaduro y es moldeado por las recepciones sensoriales que proporcionan información y valores culturales. Los fallos en su nutrición y en su educación pueden producir trastornos irreversibles en las funciones mentales, lo que, por desgracia, sucede en millones de niños. Por ello, se ha comenzado a concienciar a padres, docentes y autoridades políticas, en general, sobre la importancia de una estimulación rica y adecuada desde la más tierna infancia.

Por otra parte, está cada vez más claro que los programas preescolares bien diseñados pueden ayudar a muchos niños a superar déficit que se presenten en su ambiente familiar. Dice Dr. Harry Chugani, de Detroit, que no existe ninguna razón para no aprovechar la energía del ambiente para remodelar el cerebro. "No podemos hacer mucho para cambiar lo que sucede antes del nacimiento, pero podemos cambiar lo que sucede después de que un bebé nazca," observa.

Los factores ambientales y el aprendizaje harán aflorar capacidades específicas, alterando la eficacia o las conexiones anatómicas de las vías ya existentes.

El cerebro y el medio se comunican interactivamente, influenciándose en una manera bidireccional. Los cambios químicos y anatómicos probablemente ocurren a lo largo de toda la vida partiendo desde lo genético y las experiencias del desarrollo, en un complejo interjuego con las fuerzas ambientales y es probable que éstas continúen influenciando en la estructura y función celular, dando a su vez forma a las habilidades y conductas del individuo.



Los cambios necesarios para modular la personalidad, para mejorar el carácter, para moderar un determinado temperamento, no pueden realizarse de modo instantáneo, se realizan únicamente a través de la educación y tras la repetición de actos en un determinado sentido que conllevan la formación de actitudes vitales o virtudes.

Porque el cerebro no es una caja oscura en la que entran determinados datos sensoriales y salen transformados en datos de conducta, sino que es un órgano activo con capacidad de cambio interno y dúctil a la voluntad del sujeto.

Por tanto, la plasticidad neural en el ser humano es fundamental a la hora de las diferencias que condicionan y determinan el aprendizaje. Las redes neuronales desarrollan conexiones diversas según la decisión personal de cada sujeto.

De ahí la enorme dignidad que radica en la persona humana, un ser que elige su destino, sin que esté determinado por condicionamientos genéticos o biológicos. Especie capaz de cambiar el propio sustrato neural de su pensamiento.

**Lic. Beatriz Pizarro de Zulliger**  
**Directora**  
**Neurocentros**