

## 2. FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS CONEXIONISTAS

No parece posible entender qué son y cómo funcionan los Sistema Conexionistas sin tener, al menos, un conocimiento somero de cómo es y cómo funciona el sistema nervioso central - en adelante SNC - al que pretenden emular - reproducir tanto en su estructura como en su función -.

Se va a enfocar, en este capítulo, el problema del estudio, desde el punto de vista de los fundamentos naturales, de la estructura y funcionamiento del SN abundando en la multidisciplinaridad dentro de la que se mueven las RNA.

Algunas de las múltiples disciplinas de la Ciencia involucradas en el estudio de los Sistemas Conexionistas se pueden agrupar bajo el título de los fundamentos biológicos de las RNA y, entre ellas, vamos a destacar: la neurología - ciencia encargada del estudio del sistema nervioso, en forma global-, la neurobiología - estudia el sistema nervioso de organismos inferiores y su metabolismo -, la neuroembriología - estudia el desarrollo del SN desde el momento de la concepción hasta el nacimiento -, la neuroanatomía - estudia la disposición física o espacial de los elementos constitutivos del sistema nervioso-, la neurofisiología - rama de la ciencia encargada del estudio del funcionamiento normal de los elementos del sistema nervioso, participa junto con la neurología y la neuroanatomía en el estudio del dispositivo mecánico del sistema nervioso - y la neuropsicología - estudia las conductas adquiridas mediante las que el ser humano mantiene relaciones adaptadas con el mundo exterior que le rodea, incluyendo al resto de los humanos-. Finalmente, se va a citar y reflexionar acerca de una parte del SN que, por la especial importancia que tiene, se tratará como un apartado, y que es el Sistema Glial - en adelante SG-.

Reivindicar, en este punto, la figura del más importante investigador español de todos los tiempos y uno de los más relevantes de la historia de la humanidad, el Premio Nobel Santiago Ramón y Cajal.

Se puede considerar a Cajal como el padre de todos los estudios referentes al SN por sus investigaciones y aportaciones, tanto desde el punto de vista histológico como embriológico y anatómico. Sus teorías y predicciones, realizadas hace más de 100 años, en las que se fundamentan la inmensa

mayoría de los estudios que se realizan actualmente acerca del SN, todavía no han podido ser rebatidas.

## **2.1. Neurología**

Es la rama de la Ciencia encargada del estudio del SN el cual está considerado como la estructura única más compleja del universo. La función principal del SN, junto con el sistema endocrino, es asegurar el control y la comunicación (homeostasis) dentro del organismo.

El SN recibe aproximadamente 10<sup>9</sup> bits/seg de una información heterogéneo tanto por su origen espacial como por su intensidad y significado. De toda esta información sólo se admiten conscientemente 10<sup>2</sup> bits eliminándose, por tanto, un 99% de la información recibida. Por ejemplo, no se es consciente, a menos que se tenga un especial interés por ello en un momento determinado, del contacto de la piel con la ropa o con el aire, o la temperatura en cada célula termo-receptora del epitelio.

La información que llega al SN se codifica y posteriormente se vehiculiza o transmite hasta un destino donde se incorpora a una señal específica que determina la producción de un trabajo intelectual, motor o neurosecretor, como respuesta del sistema a la información que le llega. En última instancia el organismo realiza la integración activa y personal de los estímulos que le llegan, tanto desde el entorno como del propio organismo, para producir una respuesta .

El SN tiene dos tipos de células específicas involucradas en la integración de los estímulos: neuronas y células del SG. Se considera a las neuronas como el elemento funcional fundamental del SN, monopolizándose en ellas el procesamiento de la información en el SN. Desde hace unos pocos años el SG va adquiriendo, gracias a nuevas investigaciones en los laboratorios de neurociencias, más funciones y protagonismo en este procesamiento de la información.

En los vertebrados superiores la neoformación de neuronas cesa, como más tarde, el segundo año de vida y, a partir de este momento, va perdiendo elementos hasta el final de su vida. En el hombre adulto se considera que son decenas de miles de elementos los que se pierden cada día . Gracias a este proceso de muerte neuronal se incrementa el campo dendrítico, zona de

recepción de estímulos de las neuronas, y las relaciones interneuronales se hacen más específicas.

Entre las zonas periféricas y centrales del sistema nervioso existe una correspondencia gracias al idioma único, en código de frecuencia, ofrecido por el "transductor" que actúa después de la recepción, impidiéndose de este modo "ver música u oír imágenes". La información va desde los receptores hasta la corteza cerebral, pasando por estaciones intermedias de la médula espinal, tronco cerebral, cerebelo, etc. Se produce una "filtración primaria" en el propio órgano receptor, existiendo posteriores filtros y reelaboraciones de la información en las estaciones intermedias del SN donde la información se clasifica e integra con las que llegan de otras zonas del SN . Todo este conjunto conforma lo que se conoce como división sensorial del SN.

La división motora se encarga de transmitir las órdenes dirigidas a los órganos efectores o ejecutores, en código de frecuencia mediante 2 vías: "piramidal" o voluntaria y "extrapiramidal" o automática. Las partes encefálicas bajas del SN se corresponden con las respuestas automáticas y las altas con acciones deliberadamente controladas por los procesos cognitivos del SN .

La asociación de las informaciones aferentes da una "imagen total" y se realiza en unas zonas cerebrales que se han dado en llamar los "sistemas de asociación" las cuales se encuentran entre las divisiones sensorial - encargada de recibir los estímulos del entorno - y motora - encargada de enviar al entorno las respuestas elaboradas en el SN -, produciéndose en ellos la función integradora del SN continuando el proceso de "evaluación" de los estímulos, tanto internos como externos, para determinar su importancia para el organismo. Es, en este nivel, donde se alcanzan las más altas cotas de potencialidad neuro-glial: capacidad de abstracción, personalidad, generalización, etc. .

Los sistemas de integración abarcan a la totalidad del cerebro. Sus estructuras están interrelacionadas condicionándose mutuamente en su actividad y siendo característicos los denominados "circuitos circulares" entre las diferentes estructuras o elementos. Los estímulos que reverberan por estos circuitos recuerdan en cierta medida, a la manipulación de algoritmos en las instalaciones de procesos de datos .

La complejidad del SN aumenta, en general, con el nivel alcanzado por el individuo en el desarrollo filogenético. Dicha complejidad incrementa su capacidad de rendimiento y de adaptación a entornos cambiantes, lo cual va a redundar en una mayor probabilidad de supervivencia .

Marr y Poggio del MIT - Instituto Tecnológico de Massachusetts - formulan tres niveles de comprensión en el cerebro :

- **Nivel de computación:** ¿qué tareas puede/debe llevar a cabo el cerebro?. Por ejemplo, la reconstrucción de un objeto en 3 dimensiones a partir de las recepciones en 2 dimensiones retinales.
- **Nivel algorítmico:** ¿qué secuencia de operaciones hace que la información adquiera una característica útil?. Por ejemplo, extraer los datos útiles de las imágenes en 2 dimensiones de la retina.
- **Nivel de mecánica:** ¿cómo puede el aparato disponible ejecutar un algoritmo y realizar por tanto una computación?. Por ejemplo, los circuitos nerviosos que ejecutan el algoritmo obtenido.

Una ilustración de todo esto podría ser: identificar una cara es una computación, educir la forma que la aísla de circunstancias cambiantes - luz, ángulos, etc. -, de forma que se pueda comparar con otros parecidos, es ejecutado con un algoritmo, y los circuitos que ejecutan el algoritmo son el dispositivo mecánico. Si analizamos esta formulación vemos, una vez más, que la función viene determinada por la estructura, puesto que la ejecución de un algoritmo cualquiera está condicionada, en primer lugar, por el dispositivo mecánico del cerebro lo que las neuronas y las células gliales pueden ejecutar y, luego, por la naturaleza de la computación que realiza tal dispositivo mecánico.

Aún en el caso de disponer de un esquema con las conexiones del SNC se encontrarían dificultades para interpretar su mecanismo funcional debido a varios factores entre los que cabe destacar: la elevada complejidad del sistema, la multiplicidad de las entradas y salidas de información de cada neurona, la valoración variable que hay que dar a las entradas sinápticas desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo, temporal y espacial, la influencia mutua ejercida por las informaciones recibidas con las posibles actividades espontáneas que se producen, y los procesos de inhibición post-excitadores y

procesos de excitación post-inhibidores dando, entre ambos, capacidad de adaptación al sistema .

## **2.2. Neurobiología**

Es, hoy en día, una de las disciplinas más dinámicas de las ciencias naturales. Estudia los SN de animales inferiores - virus, bacterias, moluscos, etc.- permitiendo un posterior estudio comparativo con el SN de organismos superiores y, en concreto, de los humanos. Es conveniente resaltar que no es muy seguro que se pueda considerar al SN de los invertebrados como un desarrollo primario de los vertebrados superiores puesto que, bajo el punto de vista de sus rendimientos motores y capacidades sensoriales, pueden incluso superarlos.

Parker descubre, en la boca de ciertas anémonas, el primer circuito neuronal simple, consistente en una línea de conducción de una sola célula y con un funcionamiento predecible por un mecanismo similar a un timbre. Más adelante se descubren en medusas circuitos de dos y más elementos, teniendo esto como significado la necesidad de sinapsis, término utilizado por primera vez por Sherrington en 1887 como una composición del griego "syn" - junto - y "haptain" - unir -. Las sinapsis son las uniones funcionales entre los elementos constituyentes de tales circuitos.

Se considera que el SN se origina cuando un organismo poseyó, por primera vez, una célula o cadena celular que posibilitara la acción intermedia entre los estímulos ambientales y la respuesta del propio organismo. La posterior evolución del organismo exige la aparición de circuitos más complejos .

Salvo en animales poco evolucionados filogenéticamente el sistema nervioso está dividido en: sistema nervioso central - en adelante SNC - y sistema nervioso periférico -en adelante SNP -. El SNC, el que más nos interesa en este campo, está formado por una acumulación compacta de neuronas y células gliales.

Esta acumulación aumenta en dirección del extremo anterior del animal, estando sus zonas de mayor integración y capacidad cognitiva en el polo anterior del cerebro. No existe, en el SN, una minoría selecta de neuronas y mucho menos una célula "presidente". Simula su estructura jerárquica la figura de una pirámide invertida, al revés de lo que ocurre en la sociedad,

estando los diferentes sectores del SNC íntimamente interconectados de forma que se condicionan mutuamente en sus funciones haciendo, a veces, imposible establecer entre ellos una relación jerárquica claramente determinada .

### **2.3. Neuroanatomía**

Debido a la complejidad del SN en su conjunto se considera más apropiado, para su estudio, dividirlo en unidades anatómicas que están específica e inespecíficamente conexiónadas entre sí. No se tendrán en cuenta las estructuras adyacentes que no están implicadas en el procesamiento de información: barrera hematoencefálica, vasos sanguíneos, vasos linfáticos, etc.

#### **2.3.1. Sistema nervioso de una sola neurona e identificación de circuitos neuronales**

Las neuronas no aparecen nunca aisladas en los animales más evolucionados de la escala filogenética sino que siempre conforman estructuras funcionales o circuitos a través de sus prolongaciones y están asociadas a células gliales. Además, es más que probable que los elementos de estos circuitos puedan formar parte de diferentes circuitos simultáneamente .

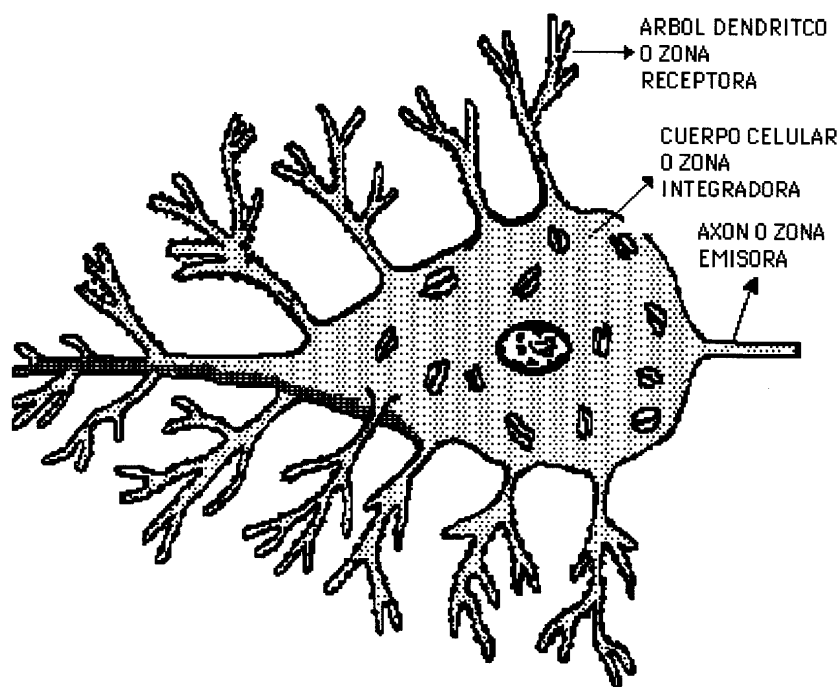
### **2.4. Neurofisiología**

Se encarga del estudio del funcionamiento normal de los elementos constituyentes del SN.

#### **2.4.1. La Neurona**

Es una célula que, a pesar de compartir atributos muy similares al resto de las células como la irritabilidad, se ha diferenciado en la intensidad de respuesta a tres funciones básicas: excitabilidad, conductividad y troficidad, que la convierten en uno de los elementos fundamentales del SN. La neurona constituye, según Cajal, la "unidad morfológica" - Teoría de la Contigüidad de las neuronas -, la "unidad trófica" - sus prolongaciones degeneran si se separan del soma y sólo dicho soma puede regenerarlas-, la "unidad patológica" - su muerte o patología no tiene porque afectar a las células contiguas - y la "unidad funcional" - se consideraba que poseía, hasta el descubrimiento de las nuevas funciones del sistema glial, el monopolio del transporte del influjo nervioso - .

Una neurona típica del SNC (Figura 1) consta de 3 partes bien diferenciadas con una morfología, longitud y tamaño muy variable en cada una de ellas: Cuerpo Celular o Soma, Axón o Neurita y Arbol Dendrítico.



*Figura 1.- Neurona Típica.*

El soma es el centro metabólico de la neurona y contiene, en su interior, las diversas organelas que controlan y mantienen la estructura neuronal. En el soma se forman muchos de los neurotransmisores - en adelante NT - que se transportan hasta la terminal sináptica donde se almacenan para su posterior liberación. El axón o neurita se origina generalmente a partir de una zona cónica que hay en el soma, es liso y cilíndrico, puede llegar a medir en el hombre más de 1,5 metros y en su extremo terminal se divide en numerosas ramificaciones que terminarán, cada una de ellas, en una estructura denominada "botón sináptico" o "botón terminal" que contacta, sin fusionarse, con otras neuronas o con otras células efectoras por medio de las denominadas "sinapsis". El árbol dendrítico se origina del soma, suele estar compuesto por múltiples raíces extremadamente ramificadas que no miden mucho más de unos pocos milímetros y constituyen la porción receptora de estímulos de la membrana, sobre todo en las zonas llamadas "espinas dendríticas" que pueden ser uno de los puntos de localización de los cambios morfológicos que acompañan al aprendizaje.

Cada neurona tiene una especificidad propia que depende de su forma tridimensional, número, naturaleza y modalidades de sus conexiones sinápticas, y de su localización en el SN. A esta especificidad morfológica y topográfico que hace que ninguna neurona pueda ser considerada exactamente equivalente a su vecina en el plano funcional, se le añade una especificidad bioquímica que depende del NT que posea. La estructura funcional de la neurona está diseñada para que cumpla, básicamente, tres misiones parciales con la información que llega a ellas en forma de impulsos procedentes de otras neuronas o receptoras:

- a).- la integran en un código de activación propio,
- b).- la transmiten codificada en forma de frecuencia de impulsos a través de su axón, y
- c).- en sus terminaciones transmiten los impulsos a las neuronas subsiguientes o a las células efectoras.

Así pues, desde un punto de vista funcional, puede dividirse a la neurona en tres partes: superficie receptora o región generadora "soma y dendritas", trayecto de conducción y de distribución "axón", y zona de transmisión "terminales sinápticas" .

#### **2.4.2. Neurotransmisión**

La sorprendente capacidad del SN para recibir, almacenar, procesar y transmitir una enorme cantidad de mensajes simultáneamente, sin que se confundan entre sí, en un breve tiempo y muy limitado espacio, viene dado por varios factores:

- a) el flujo de corriente que es unidireccional e intracelular;
- b) es posible modificar la velocidad de conducción intracelular e intercelular;
- c) hay un alto grado de aislamiento de la membrana que impide el "lenguaje cruzado" erróneo entre las células nerviosas;
- d) hay un significativo número de mensajeros intercelulares diferentes y especializados para que sólo el receptor adecuado traduzca la información apropiada;



- e) hay unos dispositivos químicos especiales destinados a garantizar, no sólo una transmisión rápida y precisa sino también una igualmente rápida y precisa desaparición de la señal;
- f) hay unas sustancias químicas que determinan cambios, de instauración lenta y de larga duración, en la recepción postsináptica que regula los efectos de los neurotransmisores del sistema nervioso; y
- g) cada neurona recibe información de diversos receptores y/o neuronas "principio de convergencia", los integra y los distribuye, luego, a través del axón por sus ramificaciones a una serie de neuronas y/o efectores "efecto de divergencia" .

### **2.4.3. La Sinapsis**

Es el contacto funcional entre las neuronas, está compuesta por un elemento presináptico que pertenece a la neurona que manda el impulso, un elemento postsináptico de la célula que va a recibirlo, y un espacio intersináptico situado entre ambos elementos. En el mundo animal existen básicamente dos tipos de sinapsis:

a) **sinapsis química**, son la mayoría de las sinapsis. En ellas una neurona libera en el espacio intersináptico una sustancia química "neurotransmisor" que actuará sobre los receptores que son proteínas específicas de la membrana postsináptica. Las sinapsis químicas tienen una característica muy importante que las hace convenientes para la transmisión de señales en la mayor parte del SN y es que transmiten siempre las señales en una sola dirección, desde la neurona presináptica hacia la postsináptica lo que permite, entre otras cosas, que se envíen las señales hacia áreas o puntos específicos del SN.

b) **sinapsis eléctrica**, que se caracterizan porque son conductos directos para el paso del impulso eléctrico de una neurona a la siguiente permitiendo, de este modo, el paso del impulso en ambas direcciones. Estas sinapsis eléctricas están constituidas por unas estructuras tubulares proteínicas que se denominan "uniones de intersticio" que permiten el paso de iones libremente desde el interior de una célula a la siguiente. Se encuentran, únicamente y en muy pequeña proporción, en el SNC y en las uniones del SN con el músculo liso y cardíaco. Son bidireccionales y su función es desconocida .

El predominio de las sinapsis químicas puede ser debido a múltiples factores:

- 1) cambio de codificación "eléctrica-química-eléctrica" que va a permitir la integración de informaciones entre sí elaborándose nueva información,
- 2) su superficie de contacto es inferior que en las eléctricas, permitiendo que una sola neurona realice más de 10.000 contactos, en algunos casos, mientras que, en las eléctricas, una neurona sólo está sinaptada con otra,
- 3) la información sólo se transmite en una dirección "efecto válvula",
- 4) el elevado grado de plasticidad de las sinapsis químicas permiten modificar el proceso de transmisión lo que explica la "canalización de las vías neuronales"; es decir, la aparición de procesos de aprendizaje en el sentido más amplio, y
- 5) permiten la intervención externa en los procesos de transmisión y elaboración de la información .

Por todo lo comentado previamente se considera a la sinapsis como un lugar muy ventajoso para el control de la transmisión de señales pues establece su dirección, puede facilitar, inhibir, debilitar, etc., la transmisión de la señal bloqueando, aumentando o diversificando las direcciones. El impulso al llegar a la sinapsis puede quedar bloqueado, cambiarse de impulso único a impulsos repetitivos, ser integrado con impulsos de otras neuronas para crear tipos complejos de impulsos en neuronas sucesivas o ser transmitido directamente, sin integrar con impulsos procedentes de otras neuronas, a la terminal postsináptica .

## **2.5. Neuropsicología**

Estudia específicamente conductas adquiridas mediante las que el hombre mantiene relaciones adaptadas con el mundo exterior que le rodea.

La neuropsicología insiste en el carácter operacional del proceso de la inteligencia, entendida como la facultad de actuar eficazmente ante situaciones nuevas y diversas, lo cual comporta rapidez y originalidad en la actuación. Se considera a un individuo con inteligencia normal cuando es capaz de utilizar sus experiencias antiguas para responder, con una o más conductas adaptadas, a las exigencias de una nueva situación. Este es un

proceso dinámico que permite la confrontación de los datos nacidos en esta nueva situación con los "engramas" o sustratos de experiencias pasadas. Este hecho implica que el individuo ha adquirido y conserva en su cerebro los trazos de estas experiencias que, cuando son conductas elaboradas, se comportan como programas que determinan al tiempo la elección de lo que es aprendido y la elección de la respuesta a esta situación .

### **2.5.1. Adquisición y organización cerebral de los conocimientos.**

El tejido cerebral, conformado por un gran número de neuronas interconexas y su tejido glial correspondiente, sugiere un sistema de redes específicas en su topografía y asociación. Este aparato alcanza su maduración en los alrededores del nacimiento y no serviría de nada, o casi nada, sin la intervención de factores provenientes del medio adquiridos en forma de estímulos que alcanzan los órganos sensoriales. En efecto, el recién nacido no conoce grandes cosas y necesitará un largo aprendizaje incluso para actividades tan simples como coger un objeto o saber mirar.

El niño enriquece progresivamente sus conocimientos bajo el efecto de experiencias vividas, a menudo repetidas y, poco a poco, conocerá a los suyos, aprenderá a andar, reconocerá los objetos corrientes, los denominará, etc. .

De como se inscriben estos aprendizajes en el cerebro únicamente se hacen hipótesis, ante la imposibilidad de aislar o disecar el soporte preciso de tal gesto o tal palabra. Sin embargo, se puede admitir que cuando una situación se repite -la repetición resulta un antiazar-, estimulando de manera idéntica los mismos receptores periféricos y conduciendo a un mismo tipo de respuesta, alguna cosa cambia en el cerebro manifestándose por un nuevo nivel de orden, un nuevo tipo de unión y de organización neuro-glial que puede permitir la emergencia de configuraciones neuro-gliales funcionales que son el soporte de cada una de estas experiencias vividas .

### **2.5.2. Caracteres del engrama específico o metacircuito.**

De los millones de estímulos que llegan de los órganos sensoriales del hombre sólo unos pocos tienen "derecho de asilo" en la memoria del individuo, no quedando inscritos más que pequeños fragmentos de experiencias repetidas y siendo únicamente la repetición capaz de crear y mantener formas nuevas de asociación entre las células nerviosas.

Así, cada nueva experiencia sensorio-afectivo-motora vivida, de manera repetida, conlleva una cierta cohesión funcional en el seno de la constelación neuro-glial que resulte influida iterativamente. Se crea, de esta forma, un lazo entre la situación vivida y el nuevo orden impuesto a las células nerviosas interesadas.

Podemos decir que esta constelación celular es el sustento de cierta situación vivida y del nuevo nivel de orden celular impuesto a las células nerviosas interesadas, estableciéndose entre ambos un código de tipo analógico. La repetición, que ha sido indispensable para fundamentar su individualización, va a asegurar también su perennidad o su difuminación y el denominado "olvido fisiológico". Pero, mientras se conserve como una realidad funcional, este conjunto será, dos horas o veinte años más tarde, la duplicación cerebral de este fragmento específico de conocimiento, de ahí el término de "metacircuito" propuesto en 1.961 por Barbizet .

Es preciso insistir que, en esta concepción, la información que representa dicha experiencia, expresada en un "engrama", no "circula" sino que se "anuncia", es decir, se exterioriza por un comportamiento, en el sentido más amplio del término, cada vez que esta secuencia celular es activada .

### **2.5.3. Metacircuitos primarios y secundarios.**

No parece incorrecto pensar que, al lado de los metacircuitos primarios o "engramas específicos" que representan experiencias sensorio-afectivo-motoras relativamente simples, se pueden crear otros a partir de la integración de experiencias ya adquiridas anteriormente, y que tiene cada uno sus propias constelaciones neurogliales afectadas. A estos los denominamos "metacircuitos secundarios" .

### **2.5.4. Metaestructura.**

Un metacircuito, representación específica de un determinado fragmento de experiencia, no está nunca "aislado" en el cerebro sino que coexiste con otros con los que contrae relación de contigüidad. Dicho de otro modo, tiene "su lugar" en el seno de un número extremadamente alto de otros engramas. Es un elemento integrado en una estructura específica compuesta también por el sustrato de múltiples experiencias pasadas almacenadas en el cerebro del individuo y consideradas en un momento dado de su vida.

Esta metaestructura es el sostén de su capital mnésico" -relativo a la memoria- en la medida en que replica, en el cerebro, al conjunto de las

experiencias retenidas desde su nacimiento. No se trata, por tanto, de un simple "libro" de su pasado sino de un sistema muy complejo de información en el cual cada elemento tiene su lugar y su probabilidad de emergencia en función de la historia de los "repasos" de lo que tiene en la memoria.

Cada elemento contrae todo un gradiente de lazos o fuerzas de unión con los otros elementos. Además, esta "metaestructura" es muy sensible a los acontecimientos vividos y cada día se modifica de una manera sin duda diversa, poco o mucho, aquí o allí, consolidando ciertos aspectos mientras otros se hacen menos accesibles, enriqueciéndose con algunas nuevas adquisiciones, perdiendo algunas características, o mortificándose en algún aspecto de su organización.

#### **2.5.5. El Aprendizaje.**

En el aprendizaje, por repetición de respuestas ante estímulos determinados, se hacen específicos determinados circuitos de SN como substrato físico de sus adquisiciones, alterándose las sinapsis existentes y haciéndose precisas "punto a punto" unas proyecciones que previamente eran difusas y superpuestas, conformándose de este modo los "metacircuitos" y "metaestructuras". Esto, añadido a que cada uno somos responsables en gran medida de lo que introducimos en nuestros cerebros, nos viene a demostrar que podemos cambiarnos a nosotros mismos.

El desarrollo individual del aprendizaje de las habilidades del habla y de la escritura, la conservación a lo largo de la vida de capacidades singulares, de los deseos e inapetencias, de las maneras personales de ser y reaccionar, sugieren que son elaboradas ciertas informaciones funcionales en el cerebro que persisten constituyendo el substrato duradero de estas adquisiciones. La forma y la conexión de las células nerviosas permiten considerar que, bajo el efecto de estímulos repetidos provenientes de los receptores sensoriales, se crean en la corteza cerebral unos circuitos en función de estas experiencias diversas.

El estudio de enfermos afectados de alteraciones de la memoria ha conducido a proponer un modelo de comportamiento "mnésico" que se centra en tres puntos:

a) las experiencias vividas dejan un "trazo", "engrama" o "metacircuito" en el cerebro por el efecto de la repetición, cada uno de los cuales reposa en la constelación neuro-glial que ha funcionado en esa experiencia.

Progresivamente el cerebro adquiere nuevos metacircuitos que se organizan, entre ellos, de una manera específica, constituyendo una metaestructura que es característica del conjunto de estas adquisiciones;

b) las primeras exposiciones se realizan casi exclusivamente bajo el efecto inmediato del mundo exterior y, el sistema, es capaz de autoorganizarse integrándolas con los circuitos congénitos y genéticos;

c) un constante dinamismo interviene en la adquisición, utilización y mantenimiento de estos múltiples metacircuitos bajo el efecto de "diálogo" que se establece, en el cerebro, entre los estímulos que proceden de la experiencia actual y los engramas que representan experiencias antiguas.

Eccles propone una hipótesis, basándose en las investigaciones de Hill, el cual observa como aumentan de tamaño las áreas de contacto sináptico cuando se transmite información repetida un suficiente número de veces, y postula que gracias a estos aumentos de tamaño se facilita el paso del impulso nervioso.