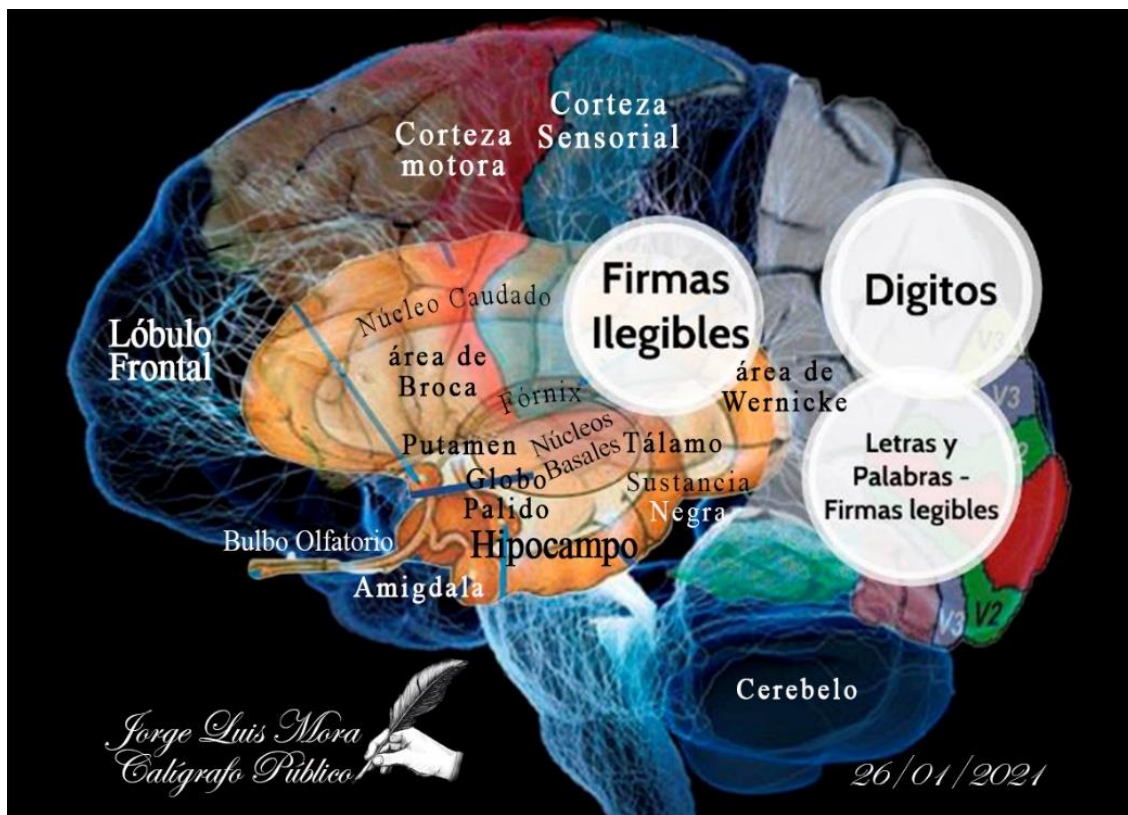




De la importancia de la Plasticidad Neuronal en la Pericia Caligráfica

# EL LUGAR DEL CEREBRO DONDE SE ALOJAN LAS PALABRAS, DIGITOS Y FIRMAS

## CLAVES PARA COMPRENDER LAS VARIACIONES ESCRITURALES



GABINETE

# JORGE LUIS MORA

PERICIA CALIGRÁFICA Y DOCUMENTOLOGÍA FORENSE



De la importancia de la Plasticidad Neuronal en la Pericia Caligráfica

# EL LUGAR DEL CEREBRO DONDE SE ALOJAN LAS PALABRAS, DIGITOS Y FIRMAS

## CLAVES PARA COMPRENDER LAS VARIACIONES ESCRITURALES

### 1. Introducción

Las variaciones que se producen en las escrituras siempre concitan mucho interés por parte de los expertos en análisis de escrituras. Y se torna relevante para el momento en que se debe establecer la autenticidad o no de una signatura o escritura cuestionada.

En la búsqueda por aminorar el impacto negativo que pudieran tener las variaciones, algunos colegas se preguntan:

¿cuál es el límite de las variaciones que pueden tener las escrituras de una misma persona?

¿Cómo considerar si una característica peculiar es una variación de esa escritura?

En mi opinión, en primer lugar, hay que decir que las variaciones escriturales pueden ser infinitas, teniendo en cuenta que el grafismo es el producto de seres humanos que estamos en constante evolución. Cada ser, cada individuo, es una Unidad de Cuerpo, Cerebro, Mente, más el intercambio constante con el Medio Ambiente, dando origen a un fenotipo que es único y, por lo tanto, diferente a todos los demás.

El proceso de esa evolución puede ser más o menos lento en distintas personas, lo que va a generar menores o mayores cambios morfológicos de sus grafías. La redacción de ayer, no es exactamente igual

si comparamos con la escritura de hoy, ni las escrituras realizadas en horas de la mañana son totalmente similares con respecto a las escrituras en horas de la noche.

Distintos autores, han explicado que tampoco es lo mismo la grafía de una persona padeciendo un cuadro clínico de enfermedad comparando con su escritura normal.

Comprendiendo entonces que las variaciones son inherentes a todas las escrituras, debemos tener presente que el estudio minucioso de esas características que difieren en los manuscritos de una misma persona, son interesantes para establecer por ley de contraste, las peculiaridades que se mantienen con mayor constancia, y que ahora sabemos, son las que se encuentran más consolidadas en las redes neuronales.

Las variaciones escriturales tienen su importancia, no por lo que ellas significan para la identificación, sino porque al individualizarlas, nos permiten despejar el camino y llegar a las partes esenciales que representan las huellas más importantes de la escritura. Así mismo, la ubicación y distinción de las variables nos posibilitan analizar con menor dificultad casos de escrituras falsificadas y sus diferencias con las escrituras que reflejan un desorden o perturbación fisiológica producto de alguna enfermedad.

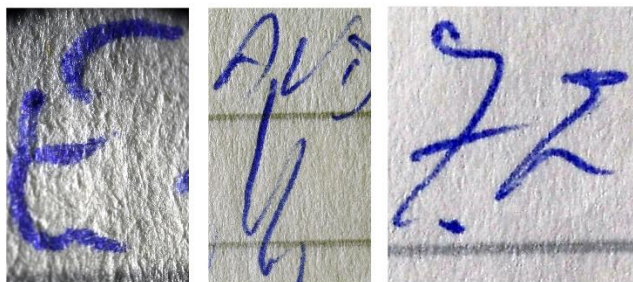
No obstante, vale acotar que las variaciones escriturales son muy importantes cuando debemos realizar una “Historia Gráfica” para establecer si una escritura dubitada fue realizada en un año o época determinada. En estos casos, suele ocurrir que, las variaciones en el transcurso del tiempo se mantienen por un período prolongado en firmas y escritos indubitados, lo que contribuye para individualizar la evolución gráfica y si algunas de esas características se corresponden con el grafismo dubitado, aunque no estén presentes en los cuerpos de escritura actual.

El conocimiento de la neurofisiología del acto de escribir y, sobre todo, la comprensión de cómo funciona la Plasticidad Neuronal, nos permite aclarar estos interrogantes que se pueden presentar en los peritajes documentales.

## 2. ¿Dónde se alojan las escrituras?

Una de las cuestiones que en los últimos años me ha llamado mucho la atención y de la cual he buscado respuestas, es la posibilidad de que las palabras, los dígitos y las firmas ilegibles, se encuentren alojados en distintos “archivos” cerebrales y que esta situación y la plasticidad neuronal, se encuentran relacionadas con las variaciones escriturales.

Fig. 1



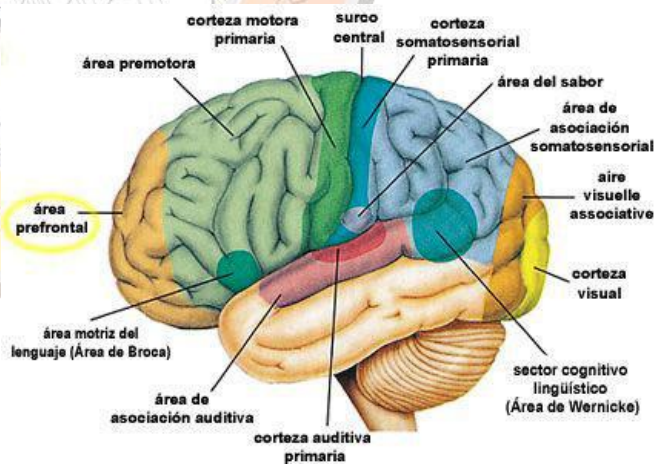
IMPRESA

FIRMA

DIGITOS

A nivel general, el planteamiento de este problema tiene su primera fundamentación, en que todas las estructuras cerebrales parten de una biología similar donde se cumple el principio de que **“la función crea el órgano”**, a lo que Jean Baptiste Lamarck, quien formuló la primera teoría sobre la evolución biológica, agregó: **“la función crea el órgano... y la necesidad crea a la función”**, en relación a que el medio ambiente condiciona la sobrevivencia de un organismo que debe adaptarse o perecer. En esta formulación un organismo vivo puede presentar distintas necesidades a medida que cambia su medio ambiente, por lo que necesita que su organismo se vaya modificando creando una nueva función hasta que se pueda satisfacer la nueva necesidad y adaptarse a un determinado cambio. Actualmente, con respecto a los cambios más profundos del ser humano, se sabe que llevarían un largo proceso, incluso millones de años de evolución, como es el hecho de que las estructuras cerebrales de la actualidad son las mismas que tenían los Homo Sapiens Sapiens hace 140 mil años atrás, por lo que desde esa época nuestros órganos pueden cumplir las mismas funciones.

Fig. 2



Si bien es cierto que no se puede hablar de una clasificación de funciones, sin antes aclarar que nuestro



cerebro actúa de conjunto y en este sentido no habría ningún órgano con una función individual, separada de las demás, también se ha comprobado que hay funciones que definen indudablemente a cada sector.

Por ejemplo, las neuronas de las áreas Auditivas son aptas solamente para esa función. Esas neuronas no podrían estar, por ejemplo, en el bulbo olfatorio. En un área y otra, las funciones las hacen diferentes y de acuerdo a la utilidad del órgano que, en un caso es reconocer los sonidos, y en otro reconocer los aromas. Lo mismo sucede con otras neuronas que cumplen funciones especiales en codificar los sentimientos de alegría, tristeza, amor, odio y/o estados emocionales que se encuentran en el sistema amigdalino, y son diferentes funcionalmente, por ejemplo, a las que se encuentran en los lóbulos frontales especializadas en codificar funciones cognitivas como planificar, discernir entre lo bueno, lo malo, etc.

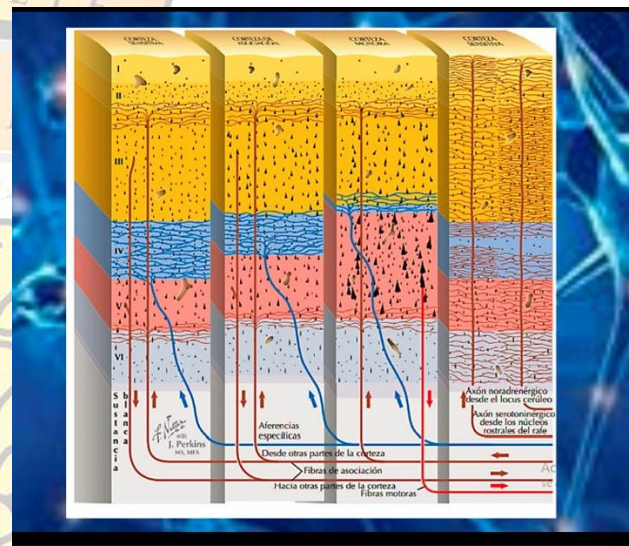
Lo mismo podemos observar en el homúnculo de Penfield, donde cada parte del cuerpo tiene asignada su región en la corteza, tanto para los movimientos como para la sensibilidad.

Las redes neuronales que tienen la función de mover la laringe son distintas funcionalmente a las redes neuronales que mueven los dedos de las manos o de las neuronas que codifican las formas en el sistema visual. Aunque alguien podría contradecir esto, diciendo que todas las neuronas son similares (lo cual no es exacto) la especialización en una función determinada, las hace diferentes.

Recordemos el caso de las neuronas especializadas en hacer mover los músculos extensores y otras, distintas, que hacen mover los músculos flexores. Así, a pesar de los complejos circuitos del cuerpo humano, en general se observa un funcionamiento increíblemente organizado.

Casi 100 mil millones de neuronas conforman las estructuras cerebrales y cada una de esas neuronas puede hacer contacto sináptico con otros 10.000 millones de neuronas, dando un resultado increíble de billones de comunicaciones, que hasta la fecha no han podido ser emuladas ni con la utilización del más potente de los procesadores actuales.

Fig. 3

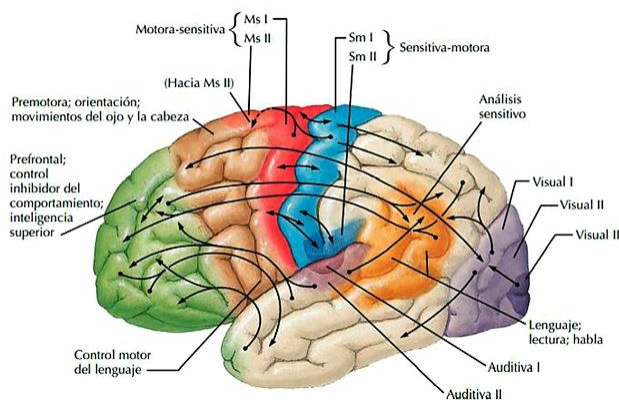


Funcionalmente las neuronas no se mezclan ni interfieren entre sí, aunque haya casos muy excepcionales. Para mantener esta organización, las neuronas de la neocorteza, se agrupan hasta una cierta cantidad de miles y miles de neuronas que forman una cierta cantidad de redes que se agrupan en bloques o micro módulos, que sirven de contención para otra cierta cantidad de circuitos neuronales.

Es de esta forma que las células nerviosas cumplen con su función, desde el momento que activan la expresión génica inscrita en el ADN de cada célula.

Esta especialización ha permitido a los neurocientíficos estudiar el funcionamiento del cerebro como se ha demostrado a lo largo de la historia.

Fig. 4



Así pasó con el Dr. Korbinian Brodmann cuando pudo diferenciar las neuronas agrupadas en áreas específicas de la corteza cerebral. Lo mismo con el Dr. Broca distinguiendo los centros especiales que se ocupan del lenguaje hablado o los descubrimientos del Dr. Wernicke, definiendo las zonas donde se encuentran las neuronas especializadas en la comprensión del lenguaje.

Por esto, las neuronas de los lóbulos frontales, Parietal, Temporal y Occipital, se encuentran en lugares específicos agrupadas en pequeñas áreas donde cumplen una determinada función. En el caso del Occipital, algunas neuronas están especializadas en el reconocimiento de caras, otras para el reconocimiento de objetos, casas, etc. que nos lleva a las siguientes preguntas:

¿Las letras, palabras, números y firmas, también tienen asignada una zona especial del cerebro para su alojamiento a largo plazo?

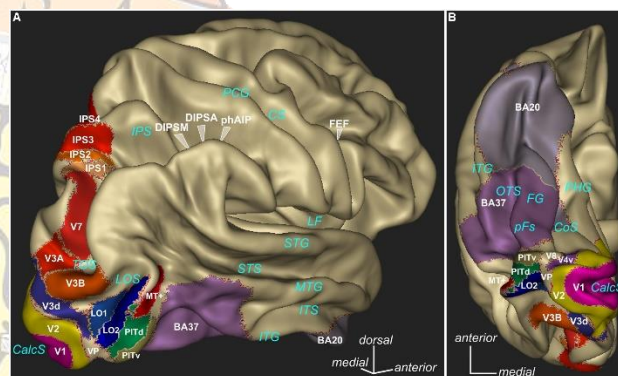
¿Existen neuronas especializadas en codificar letras, palabras, números y firmas?

### 3. El lóbulo Occipital y su función visual

En la imagen siguiente (Fig. 5) se puede observar el Lóbulo Occipital, con la división de varias áreas de función visual.

Esta estructura es fundamental y gracias a ella podemos reconocer y diferenciar todo lo que nos rodea. Básicamente esta zona se encarga de recibir información a través de nuestra vista recorriendo dos caminos paralelos concretos que se distribuyen por el sistema nervioso, para después, ser conducidas hasta el lóbulo frontal para que este emita una respuesta.

Fig. 5



LOBULO OCCIPITAL. De Joly O and Frankó E - Joly O and Frankó E (2014) Neuroimaging of amblyopia and binocular vision: a review. Front. Integr. Neurosci. 8:62. doi: 10.3389/fnint.2014.00062 (!)

Las dos vías son conocidas como “*centro consciente*” y “*centro inconsciente*”. El primero recorre desde el nervio óptico al centro procesamiento primario de la información que es el núcleo geniculado lateral y desde ahí a la corteza primaria (lóbulo Occipital). El segundo, se dirige al colículo superior del tallo cerebral donde se encuentran los centros inconscientes.

La vía “*consciente*” que llega a la corteza primaria se subdivide en una vía ventral que se dirige hacia el lóbulo temporal y otra dorsal que se dirige al lóbulo parietal.



La vía ventral tiene por objeto dar la respuesta del “*qué*” (por dar las respuestas a lo que se ve) comenzando en V1, pasa a V2 y, a través de V4, estas dos últimas áreas visuales corticales extraestriadas junto V3 y V5. Estas vías temporales responden en forma selectiva al reconocimiento de objetos, discriminación de las ondas del espectro magnético para diferenciar los colores, reconocimiento de formas, texturas y los rostros.

La vía dorsal que se dirige hacia el lóbulo parietal, se encarga de dar una respuesta al “*dónde*” que relaciona la ubicación de los objetos, así como las funciones espaciales, como, por ejemplo, agarrar algo o la navegación espacial. En el caso de la escritura participa en la ubicación del espacio, control de la ubicación de la hoja, agarre del bolígrafo y desplazamientos. Esta zona de la corteza parietal es muy importante recibiendo comunicación somatosensorial y visual que, a través de señales del sistema motor, controla el movimiento de las manos, de los brazos, así como de los ojos, lo que, en conjunto, nos permite realizar gran cantidad de actos rutinarios. Es por ello, que cuando hay una lesión en V5 se puede producir acinetopsia o ceguera al movimiento.

#### **4. Memoria Explícita y Memoria Implícita en el acto de escribir**

A la importancia del órgano de la visión debemos sumar la posibilidad de nuestro cerebro de aprender y ello tiene implícito poner en funcionamiento las memorias. Sin memoria no habría recuerdos y por lo tanto tampoco habría aprendizaje.

Es cierto que, cuando se aprenden las letras/palabras, dígitos y firmas, al iniciarse el proceso mnésico, en los tres casos se comparten algunas estructuras, pero una vez conseguida la potenciación a largo plazo, es decir, la consolidación de la memoria,

cada una de las tres expresiones escriturales, son remitidas a diferentes zonas del cerebro.

Como hemos visto en neurofisiología del acto de escribir, el hipocampo es una de las principales estructuras donde se produce aprendizaje, gracias a la plasticidad neuronal de esta zona que, posibilita modificar un esquema mental y crear una nueva conducta que luego se reconoce como un nuevo aprendizaje.

En algunos casos, los aprendizajes quedan guardados por un tiempo en esta zona del hipocampo que, algunos científicos dicen que es de unos 6 meses, y luego la nueva información consolidada, se remite hacia el lugar específico donde van a quedar resguardadas definitivamente.

Por ejemplo, las imágenes percibidas por la vista se guardan en el lóbulo occipital, las voces se memorizan y se guardan en las áreas auditivas del lóbulo temporal, las emociones en el sistema límbico, los movimientos en las áreas motrices, etc.

Si bien toda nuestra información resguardada en nuestro cerebro se encuentra, en la mayoría de los casos, muy arraigada, con fuertes redes neuronales que tienen gran cantidad de robustas dendritas, hay informaciones sostenidas por redes neuronales menos consolidadas que, se pueden modificar o incluso, se pueden crear nuevas redes para sostener una nueva información.

Todo nuevo aprendizaje puede ser retenido gracias al papel fundamental de las memorias. Por esta razón se dice que APRENDIZAJE y MEMORIA, son dos caras de una misma moneda. Van juntas, son inseparables.

Así, en el acto de escribir, en primer momento, intervienen los dos tipos de memorias: Memoria



Explícita y Memoria Implícita. Las dos pueden pasar a la memoria de largo plazo.

Cuando la persona logra incorporar el conocimiento de la escritura, transforma su cerebro al crear una nueva conducta.

La escritura se guarda en áreas especiales del cerebro y puede ser evocada en forma explícita, es decir voluntaria, pero apenas el manuscrittante comienza a desarrollar la escritura en el papel, el acto queda bajo la influencia de la memoria Implícita, con alternancias de algunos momentos, en que se vuelve a manifestar la memoria Explícita.

De acuerdo al psicólogo Endel Tulving, quien fue el primero en postular que las diferencias entre la memoria Explícita y la memoria Implícita, implicaba que cada una de ellas se aloja en estructuras cerebrales diferentes, hace la siguiente clasificación.

**Memoria Explícita.** Se subdivide en:

1. Episódica o autobiográfica, relacionadas acontecimientos y la experiencia personal, como pueden ser los recuerdos de fechas, aniversarios, acontecimientos históricos personales, reconocimiento de personas, lugares, etc.

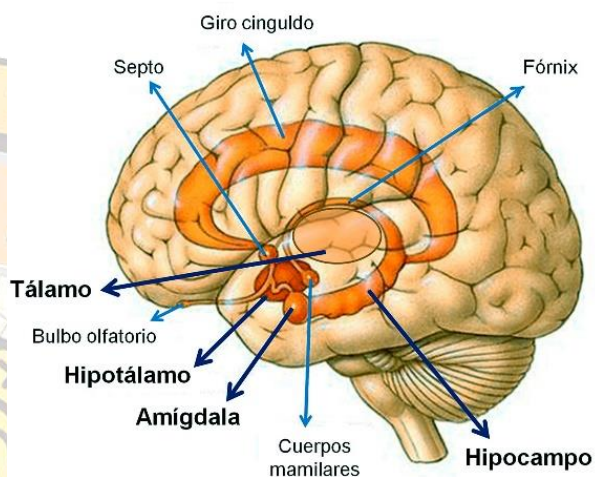
2. Semántica para los hechos, el conocimiento objetivo, como el tipo de conocimiento que adquirimos en el colegio y por medio de los libros.

Las estructuras anatómicas que intervienen en este tipo de memoria, que también se denomina declarativa, porque se puede verbalizar, son las siguientes:

Áreas de asociación prefrontal, límbica, y parietooccipitotemporal de la neocorteza que pueden codificar la información visual, auditiva y semántica. Desde estas estructuras, la información se transporta a las áreas internas parahipocámpicas y perirrinal, luego a la circunvolución dentada, el

hipocampo, el subículo y la corteza entorrinal. Desde aquí la información es devuelta hacia el hipocampo y la zona perirrinal, para finalmente volver a las áreas de asociación específica de la neocorteza.

Fig. 6



**Memoria Implícita.** Por su parte, la memoria Implícita, es la memoria procedimental. No se puede verbalizar porque no depende directamente de procesos conscientes ni su recuerdo requiere la búsqueda consciente de una información (ii)

Se construye lentamente, a través de la repetición, y se evidencia en la ejecución, no en las palabras. Ejemplos de la memoria implícita son las capacidades motoras, y el aprendizaje de ciertos procedimientos y reglas, como lo es la escritura.

En el acto de escribir, la memoria implícita nos permite ir incorporando las distintas fases del aprendizaje sin que nos demos cuenta de ello. Los movimientos se van guardando y sin percibirlo, también los vamos corrigiendo.

Estudios realizados con pacientes amnésicos, han comprobado que la memoria Implícita nos permite



rememorar movimientos que hemos guardado inconscientemente, posibilitando mejorar en los nuevos intentos.

Es lo que ayuda a un deportista a mejorar sus actuaciones; a estabilizar el equilibrio al andar en bicicleta, o en el aprendizaje de la escritura, cuando inconscientemente guardamos en esa memoria, hasta la forma en que hemos sujetado el bolígrafo, posibilitando ir mejorando ese agarre para tener un mejor control de la dirección que le queremos dar al trazado.

Al principio, el seguimiento de un conjunto de reglas más todas las incumbencias del acto, requiere de una atención casi exclusiva que, luego se va disipando, cuando se alcanzan niveles óptimos de automatización.

Esto se debe a que, en primera instancia, esas actividades son realizadas con la activación de la Memoria de Trabajo, que tiene un límite en su capacidad de retener varias funciones en el mismo momento. Recordemos que el cerebro debe retener las reglas de la escritura, al mismo tiempo que se tienen activas otras estructuras como la facultad viso espacial, que supervisa la ubicación del lugar, los útiles, etc., lo que lógicamente hace difícil responder a otros estímulos del entorno que no tengan que ver con el propio acto de escribir.

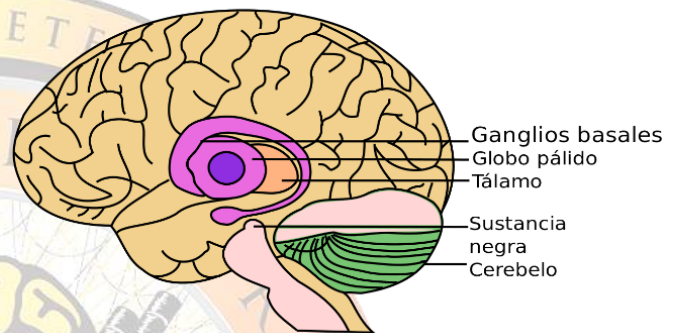
Pero luego, con la práctica, la conducta se hace mucho más fluida, hasta poder ejecutar la escritura automáticamente, con las consabidas alternaciones entre una mayor y menor presencia de actos conscientes e inconscientes.

Las estructuras que intervienen en la memoria **Implícita** son el **hipocampo** que se activa para retener cada aprendizaje, pasando de la memoria de corto plazo a la memoria de largo plazo.

Los **núcleos basales**, que reciben información de los estímulos y respuestas que se están ejecutando, en una acción controlada con las áreas motrices, el tálamo y el **cerebelo**.

Fig. 7

Ganglios basales y estructuras cerebrales relacionadas



A medida que el acto de escribir se repite una y otra vez, los **núcleos basales** tienen una mayor injerencia de todos los detalles, liberando a otras estructuras para que puedan cumplir otras funciones.

En ese momento, cuando ya no necesitamos pensar en lo que estamos haciendo. El movimiento ha pasado del hipocampo a los núcleos basales y principalmente al **neostriado**. Aquí, el núcleo caudado y el putamen, en contactos con el tálamo, son las estructuras donde se guardan definitivamente los movimientos de la memoria Implícita. Estas estructuras también reciben información de todas las regiones de la neocorteza y del cerebelo, y dirigen información al globo pálido, mientras que, en todo momento, reciben información de los lóbulos frontales respecto a los movimientos que se han planificado o están en curso desde las áreas motrices.

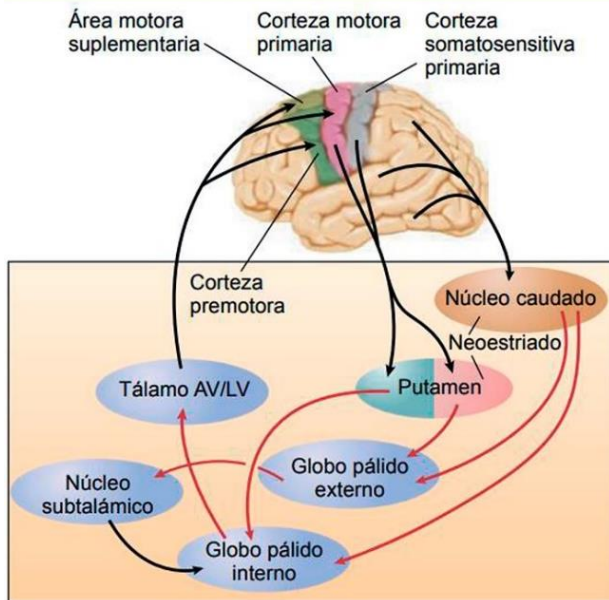
De aquí, salen informaciones que se transmiten a la corteza frontal, a las áreas premotora y motora suplementaria, donde se planifican los movimientos, y



finalmente al área motora primaria, desde donde se ejecuta el movimiento del acto de escribir.

Fig. 8

Figura 8.23 ▶ Núcleos basales y sus conexiones



En todo este recorrido intervienen áreas asociativas que intercambian información constantemente dado que en el acto de escribir se deben agregar los movimientos aprendidos y también la comunicación previa con los centros léxicos, semánticos y fonológicos.

Finalmente, una vez consolidado el aprendizaje, se puede escribir casi sin pensar en cómo se hacen las letras o palabras, lo que nos permite concentrarnos en otras cuestiones como darle mayor atención al mensaje que queremos comunicar.

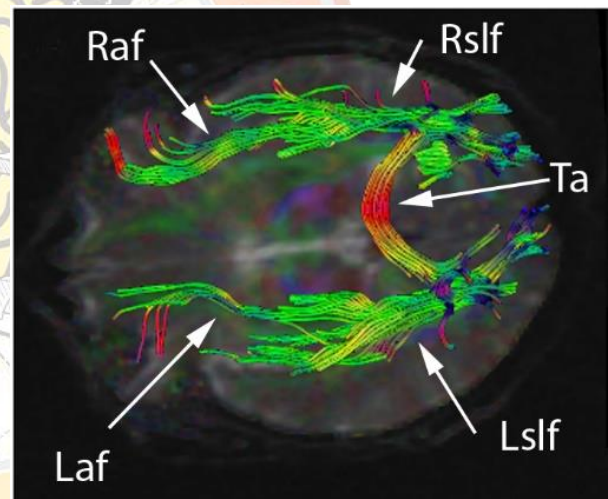
Luego volveremos a retomar este conocimiento en referencia al papel que juega el movimiento en el acto de escribir.

## 5. El recorrido de hablar, leer y escribir.

Sin pretender traer aquí la interesante historia de cómo los seres humanos adquirimos el conocimiento de la escritura, es importante hacer un breve recorrido sobre el desarrollo y las relaciones que se encuentran entre las facultades de hablar, leer y escribir.

No hacen muchos años que se ha podido comprobar que las tres funciones se encuentran conectadas por los fascículos arqueados que comunican estas áreas, incluyendo los dos hemisferios por medio de la conexión con el cuerpo calloso, al que cada día se le reconocen nuevas funciones. (En la Fig. 9, ver "Ta", señalando el Tapetum).

Fig. 9



Fascículos arqueados derecho e izquierdo (Raf y Laf). También se aprecian los fascículos longitudinales superiores derecho e izquierdo (Rslf y Lslf) y el tapetum del cuerpo calloso:

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7753233>

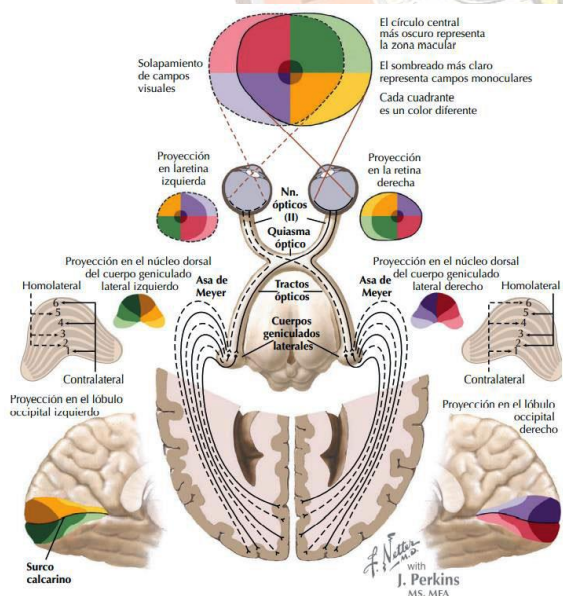
En la primera etapa del desarrollo, nuestra organización cerebral nos permite codificar los sonidos en palabras. Luego, en una etapa posterior con la maduración de nuestra organización visual podemos

codificar las letras y cadenas de letras, y finalmente, podemos adquirir la habilidad de escribir.

El crecimiento de las estructuras cerebrales de los primeros años de vida, son extremadamente sensibles a la plasticidad, y por tanto a la incorporación de una enorme cantidad de conocimientos. En este desarrollo, la mielinización de los axones es fundamental para el mejoramiento sustancial de las comunicaciones neuronales, que se hacen más rápidas y eficientes. Es por ello, que un bebe de tan sólo un año puede comenzar a balbucear los primeros sonidos que pasaran luego a una etapa donde se expresaran simples fonemas, luego grafemas y posteriormente, llegará a pronunciar palabras con significado semántico.

Gran cantidad de investigaciones confirman que, en la primera edad, se desarrolla la organización visual. En los primeros meses del bebe, este sistema ya es lo suficientemente sofisticado para analizar la escena visual en objetos y seguirla cuando se mueven, incluso si se esconden brevemente en algún momento (Kellman y Spelke, 1983).

Fig. 10

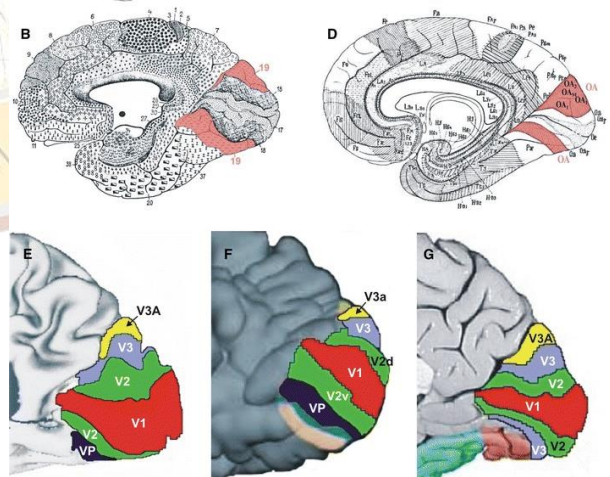


Paulatinamente los centros corticales se van especializando en codificar rostros, lugares y objetos y como dice el Dr. Dehaene: “... a una edad cercana a los cinco o seis años, cuando un niño comienza a leer, el proceso clave del reconocimiento visual invariante ya está funcionando, aunque todavía tiene una plasticidad máxima. Este período resulta particularmente propicio para la adquisición de formas visuales nuevas como las letras y las palabras.” (iii)

Desde la vista, pasando por los nervios ópticos, se llega al lóbulo occipital donde las distintas áreas ventrales codifican toda la información para descomponer en primer lugar las distintas longitudes de onda del espectro visible y reconocer los colores, el volumen y las formas de objetos (fig. 10). Así ocurre con las caras, los espacios y movimientos que luego son derivados a otras áreas de asociación y centros neurales donde se continúan con otros importantes procesamientos.

En el caso de la lectura y la escritura, se ponen en funcionamiento algunas estructuras comunes, y otras diferentes, que son más específicas de cada actividad.

Fig. 11





Luego del reconocimiento inicial de letras y palabras, sigue una vía por medio de los fascículos arqueados, hacia la zona del área de Wernicke donde se codifica el significado. Este lugar tiene su importancia porque descodifica el mensaje y se logra comprender el contenido. Cuando hay una lesión en esta zona, se produce una “*afasia sensorial*” o “*afasia de Wernicke*” donde el paciente puede hablar en forma fluida pero no puede entender lo que otra persona le dice.

Casi en simultáneo, se sigue una vía cortical al lóbulo temporal, donde el área auditiva se encarga del reconocimiento fonético. En esta tarea intervienen también la corteza parietal y frontal que junto con la temporal son necesarias para ensamblar fonemas en morfemas imprescindibles para la vocalización.

Posteriormente en el caso de la lectura se sigue una vía dirigida a las zonas motoras, específicamente al área de Broca, donde se ponen en funcionamiento mecanismos motores para producir el habla.

Aquí se codifican todas las instrucciones para efectuar los movimientos involucrados en la expresión oral, desde los finos movimientos de las fibras musculares de la laringe a los movimientos sincronizados de la lengua y la boca, no solamente para poder emitir la voz sino también lograr una correcta coordinación y expresión gramatical.

Dado que ésta área es independiente del área de Wernicke, una lesión como la “*afasia sensorial*” nombrada anteriormente, no repercute en el área de Broca, por tal razón, aunque el paciente no tenga comprensión de lo que se le dice, puede expresarse por medio del habla.

Lo mismo ocurre en el caso inverso, cuando ocurre una lesión en el área de Broca, mientras que el área de Wernicke se encuentra intacta. En este caso, en la “*afasia de Broca*”, el paciente queda

prácticamente imposibilitado de hablar, aunque pueda comprender e interpretar los mensajes orales que está recibiendo.

Tanto en el caso de la lectura como en la escritura, los lóbulos frontales se encargan de iniciar toda la actividad y de mantenerla durante el tiempo que se esté expresando utilizando la memoria de trabajo.

## 6. “Caja de Letras del Cerebro”

Habiendo resumido algunos aspectos del funcionamiento del cerebro que están relacionados con la actividad de leer y escribir, comenzamos a dar respuesta a las preguntas que motivan esta investigación:

¿Las letras, palabras, números y firmas, también tienen asignada una zona especial del cerebro para su alojamiento a largo plazo?

¿Existen neuronas especializadas en codificar letras, palabras, números y firmas?

El Dr. Stanislas Dehaene, es uno de los neurocientíficos cognitivos de mayor reconocimiento en el estudio de las funciones intelectuales humanas, ha realizado destacados aportes sobre investigaciones de las funciones cognitivas, como la memoria y el aprendizaje. Su trayectoria y una vasta cantidad de documentos científicos realizados por él mismo y un selecto equipo en su Laboratorio de Análisis Cognitivo con asiento en Francia, lo hacen un referente tan distinguido como necesario.

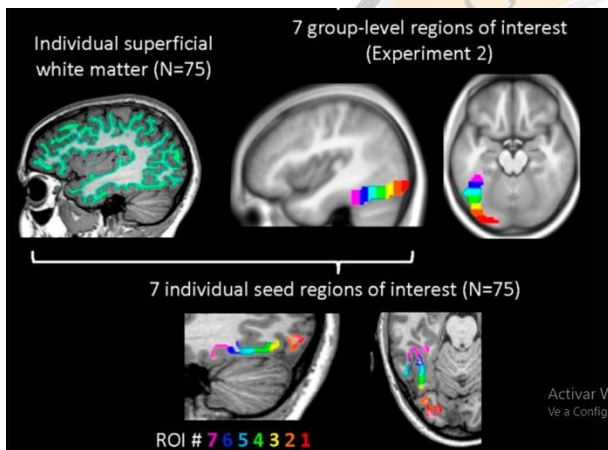
En el libro “*El Cerebro Lector*” el Dr. Dehaene presenta una investigación completa de todos los mecanismos involucrados en la lectura y es él quien **describe el lugar del cerebro donde se alojan las letras y palabras.**



Esta zona denominada **“Caja de Letras del Cerebro”**, se encuentra en la región témporo-occipital ventral izquierda. Más precisamente en la confluencia de la parte inferior del lóbulo temporal, donde encuentra el límite con la zona inferior del lóbulo Occipital, dentro de un surco llamado **“témporo-occipital lateral”**.

Si bien esta zona había sido identificada por el neurocientifico Joseph Jules Dejer ne, distintos estudios actuales han confirmado la localización precisa que ha postulado el Dr. Dehaene.

Fig. 12



El Dr. Dehaene y el Dr. Laurent la llamaron **“ rea de la forma visual de las palabras”**, que tiene el **“...papel crucial en la identificación rápida de la cadena de letras y su transmisión a las áreas más altas que computan la pronunciación y el significado.”**<sup>iv</sup>

Imagen de Conexiones anatómicas del área de la caja de palabra por los Dres. Florence Bouhali, Michel Thiebaut de Schotten, Philippe Pinel, Cyril Poupon, Jean-François Mangin, Stanislas Dehaene y Laurent Cohen <sup>v</sup>

Gracias a los estudios de Resonancia Magnética Funcional (IRMf) se ha comprobado que este lugar no cambia su función, independientemente de la nacionalidad y el alfabeto utilizado. Aunque la persona sea de Asia, de Europa, de África o América, en todos los casos, la Caja de Letras se encuentra en el mismo

lugar y cumple las mismas funciones de reconocimiento visual de las formas de las letras y palabras.

Fig. 13

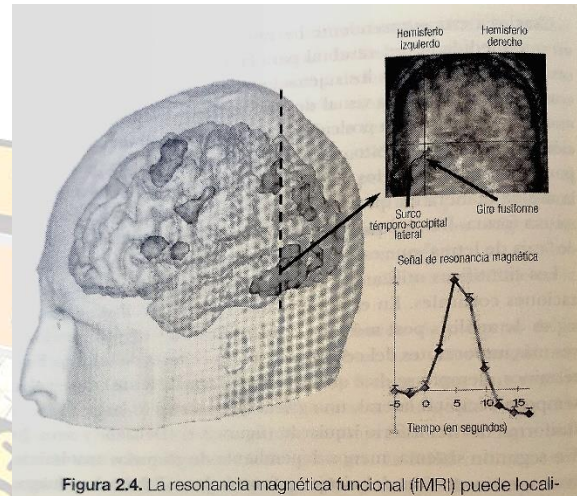


Figura 2.4. La resonancia magnética funcional (fMRI) puede localizar la

Caja de Letras en el surco T mporo – Occipital Ventral Izquierda.

En su momento, antes de las imágenes IRMf, los pacientes con alexia pura, fueron los que aportaron pruebas determinantes para corroborar las zonas involucradas. Las lesiones en las regiones de la **“caja de letras”**, impedían a los pacientes reconocer visualmente todas las letras de una palabra en forma simultánea, demostrando que el cerebro destina este pequeño lugar para llevar adelante esa función.

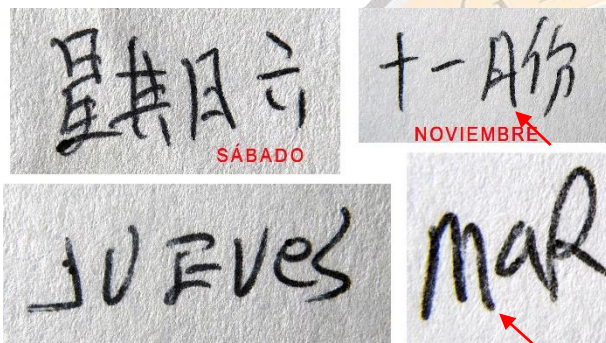
Investigaciones para comprobar cómo se asocian las redes neuronales involucradas en el reconocimiento de las letras, han generado nuevos datos y el avance hacia otras investigaciones. Los cientificos han notado una gran similitud de cada letra con el resto de un alfabeto de un mismo idioma que, en los casos de deterioros por alexia, la lectura se hace cada vez más difıcil.

Esta complicación crece en la medida de que el paciente pasa de leer letra por letra, a palabras

completas, donde se le van sumando mayor cantidad de grafemas.<sup>(vi)</sup>

En estos casos, los neurocientíficos suponen que el paciente ha perdido un código neural aprendido que se encarga de amplificar las minúsculas diferencias entre letras. Por consiguiente, la pérdida de este control, lleva a no poder distinguir una letra con otra. Explican que todo se reduce a una situación parecida a la que se genera cuando una persona observa los caracteres chinos y al no conocer el idioma, ve todos los signos parecidos.

Fig. 14



Cuerpo de escritura a una persona de origen chino, a la cual se le solicitó que escriba en chino y español. Ver similitud del trazo descendente levemente curvo y punto final “redondo” de “Noviembre” y en “M” de Marzo.

Es importante subrayar estas conclusiones de los científicos, porque haciendo un parangón con nuestros análisis, ellos ponen de manifiesto que, las redes neuronales que sostienen la información de la forma visual de una letra, puede estar asociada con otra red neuronal y por lo tanto sostener una similar información de otra letra. Los científicos han podido comprobar estas conclusiones mediante la observación “interna” del cerebro, mientras que nosotros podemos comprobarlo al observar las producciones “externas” de esas escrituras.

En el caso del ejemplo que se agrega (Fig. 14 y Fig. 15), es evidente que los dos tipos de escrituras, chino y español, una vez aprendidos por la misma persona, se alojan en la pequeña zona de la corteza cerebral, llamada “Caja visual de Letras”. Y por lo tanto las redes neuronales que sostienen la información de la forma visual de los signos chinos pueden utilizar parte de esas redes neuronales para sostener la información de las letras del idioma español.

Fig. 15



Se observan varias similitudes entre la escritura en idioma chino cotejando con la escritura del idioma español. Se observa similitud en los bucles de la zona basal, con rasgo final, levemente curvo y punto final en forma de “punta”. Rasgos finales curvos, con movimientos sinestrógiros, con final puntiagudo y lábil.

Lo que para los científicos son: “...minúsculas diferencias entre letras” o, que existe una importante



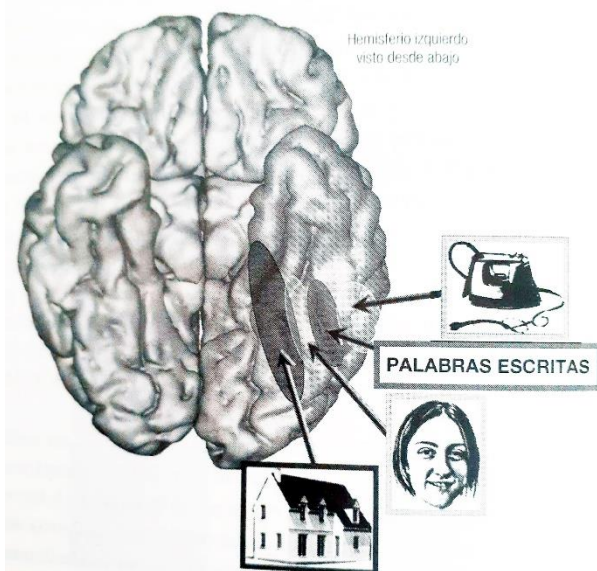
“similitud de cada letra con el resto de un alfabeto de un mismo idioma”, es lo que nosotros apreciamos en un cuerpo de escritura, cuando seleccionamos los elementos que componen el Gesto Gráfico, sobre la base de que **las características que se mantienen más arraigadas en la corteza cerebral son las de mayor valor identificativo.**

¿La Caja de Letras también detecta las formas visuales de las caras o de objetos?

Es increíble, pero las neuronas que se encuentran en la zona cerebral denominada Caja de Letras, no codifican otras formas que no sean letras.

Aunque en la misma zona cerebral se encuentren otros centros neurales de la visión, cada sector se encuentra en una franja bastante delimitada, sin superponerse unas con otras. Primero la franja que decodifica construcciones y casas; luego, una franja que codifica las caras, posteriormente la franja que codifica las letras/palabras y luego una franja que codifica los objetos.

Fig. 16



De acuerdo a los estudios con Resonancia Magnética Funcional se ha permitido detectar *“...un mosaico de neuronas, cada una especializada en determinada categoría de formas. Las neuronas con preferencias similares tienden a formar haces, aunque suelen estar un poco entremezcladas, y crean zonas de preferencia parcial. Distintas zonas, prefieren rostros, objetos, dígitos o letras.”* (vii)

Tal como se ha podido establecer con el conocimiento de la plasticidad neuronal, el confinamiento de distintas letras y palabras en un mismo lugar, trae implícito la utilización de redes neuronales que, ante la proximidad de un circuito con otro, pueden conectarse y asociarse entre ellas para sostener la información que da origen a similares estructuras morfológicas (Ver principios de Hebb).

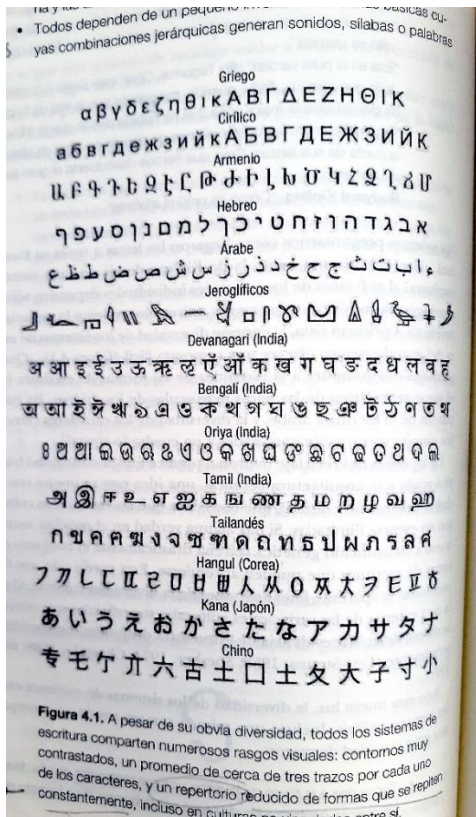
Esto es una confirmación de que, en la captación visual de una determinada forma, hay neuronas que se pueden utilizar para conformar distintas letras que, finalmente tienen una conformación muy similar.

Sobre este aspecto, hace unos años hice una investigación donde llegaba a la conclusión de que en toda escritura existe una Figura Base(viii). Como en el caso de los dibujantes, primero realizan un boceto, un “esqueleto” donde van a quedar asentadas las líneas que van a dar forma definitiva al dibujo.

En la escritura, en la materia Caligrafía, se utilizaba la “Figura Base”, para generar un molde similar a los de dibujo, logrando que todas las letras queden uniformes.

Aunque la materia Caligrafía ya no se da en las escuelas, todas las personas tenemos una “Figura Base” que va a estar constituida por un trazado particular con una forma repetida para la mayoría de las letras y que, en el caso de nuestro alfabeto considero que es el ovalo.

Fig. 17



En el mismo libro “El Cerebro Lector” del Dr. Dehaene se llama la atención sobre algunas formas muy parecidas que tienen los distintos alfabetos.

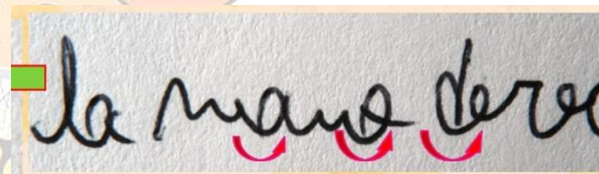
Algo como la “Figura Base” que he señalado anteriormente, pero para todos los alfabetos: *“A pesar de su obvia diversidad, todos los sistemas de escritura comparten numerosos rasgos visuales: contornos muy contrastados, un promedio de cerca de tres trazos por cada uno de los caracteres, y un repertorio reducido de formas que se repiten constantemente, incluso en culturas no vinculantes entre sí”.* (ix)

Sobre este aspecto, el neurólogo Marc Changizi descubrió un rasgo importante que es común a todos los sistemas de escritura del mundo. *“En todos ellos las disposiciones o configuraciones de los trazos individuales tienden a ser los mismos. Su frecuencia*

*sigue una distribución universal que está en un paralelo cercano con la de los rasgos de los escenarios naturales”* (Changizi, Zhang, Ye y Shimojo, 2006).

En nuestro caso, la similitud quedaría constituida por una red neuronal que sostiene la información de una particularidad gráfica, por ejemplo, el caso de un segmento curvo ubicado en la base de la letra “a”; que se repite en otra letra “a”, o en una letra “o”, o en una letra “d”, como se muestra en Fig. 18.

Fig. 18



Es importante señalar que estas observaciones también valen para las escrituras que no están realizadas con el mismo estilo o diseño. Como lo demuestra el caso de la escritura en chino y en español, y también, cuando una persona escribe con letras de tipo imprenta o de tipo cursiva. Lo mismo habrá algunas características que se pueden comparar en el caso de escrituras en mayúscula o minúscula y de firmas semilegibles comparando con palabras.

Teniendo en cuenta estos fundamentos, en distintos ejercicios realizados con 50 alumnos de la materia Documentología, en la Carrera de Criminalística, hemos podido comprobar que, aunque las escrituras no sean homologas, es decir, aunque no estén realizadas con el mismo diseño, o tipo, se pueden comparar en busca de similitudes.

Así como lo ocurrido con los alumnos del Instituto, se han llegado a las mismas conclusiones en trabajos prácticos de 67 peritos, provenientes de 10 países diferentes, quienes participaron en un Curso sobre La Importancia de la Plasticidad Neuronal en la Pericia Caligráfica, con exhaustivos análisis

demonstraron la existencia de elementos comparables entre escrituras de distintos tipos y diseños, como así también en análisis de escrituras comparando con firmas, cuando estas son semilegibles.

Fig. 19

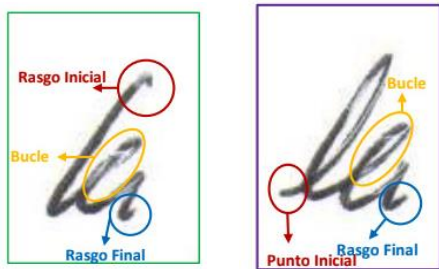
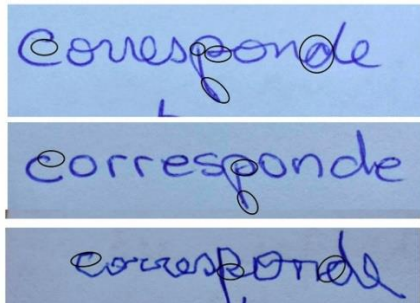
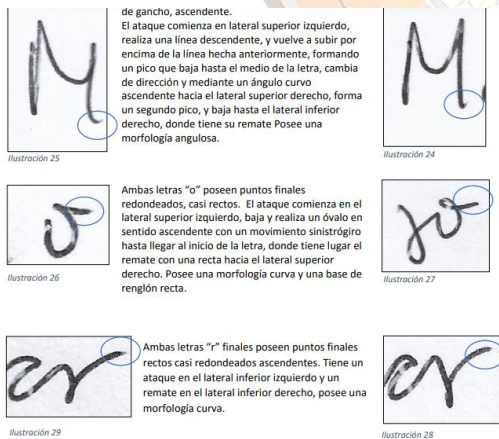


Fig. 20



Letras de tipo cursiva, imprenta y mano izquierda.

Fig. 21



Cotejos de letras de tipo imprenta con tipo cursivas  
[www.peritomora.com](http://www.peritomora.com)

## 8. La Expresión del Movimiento

Como hemos visto hasta aquí, las letras y palabras se encuentran alojadas en una zona especial del cerebro, pero esto es solamente la parte de la imagen visual de las formas. Posteriormente, el aprendizaje de las letras y palabras se puede exteriorizar de dos maneras: Una, por medio de la voz y la otra, por medio de la escritura.

En el caso de la voz, cuando las letras y palabras son expresadas mediante el habla, interviene la zona motora que comprende el área de Broca. Allí se programan y organizan todos los comandos que finalmente permiten mover articulaciones para exteriorizar el mensaje hablado.

Al efectuar esta actividad, el cerebro agrega un movimiento a la imagen visual. En este caso el movimiento articulado que se “acopla” a la forma visual, es el que produce los sonidos.

De la misma forma, las letras y palabras se pueden expresar por medio de la escritura y para ello, el movimiento articulado por las estructuras motoras, los ganglios basales, núcleos estriados, tálamo, cerebelo, se “acopla” a la imagen visual de la forma de la letra y juntos recorren el camino hacia el papel.

Con el aprendizaje, se pueden modular los sonidos de la voz y también los movimientos escriturales. Cada uno, desde su lugar en el cerebro, le pone su contenido que finalmente se expone al exterior del organismo como si fuera una sola pieza. Tan es así, que, ésta coordinación repercute en que cuando tenemos un error ortográfico, lo “vemos” mal en la imagen visual; equivocamos la expresión fonética y lo redactamos mal en la expresión escrita.

No obstante, cada uno tiene su impronta, su particularidad que debe a un origen neuronal diferente. Es lógico entonces que, las neuronas de la Caja de





Letras que codifican las formas visuales no son las mismas que las neuronas piramidales que, desde la corteza motora primaria terminar ejecutando el impulso motor, ni de las neuronas que planifican y ponen en marcha los movimientos para el acto de hablar.

Al ser una actividad conjunta, sincronizada como hemos visto, las neuronas del sistema motor llevan a la práctica el producto tal cual se ha informado desde las neuronas que visualizan las formas de las letras que se encuentran alojadas en la memoria de largo plazo en la Caja de Letras.

Si separamos el movimiento de músculos de la imagen visual de la forma, para realizar cada letra, trazos, rasgos o puntos, este movimiento es tal cual cada persona lo ha guardado en su memoria de largo plazo que, en este caso, siendo que dicho movimiento es aprendizaje implícito, se guarda en los ganglios basales y núcleos estriados, especialmente el Putamen.

Recordemos entonces que el sistema motor interviene para acoplar dos tipos de movimientos a esa imagen visual que tenemos de una letra. Un movimiento, es para producir el sonido, por ejemplo, de un fonema. Y en el otro caso, para acoplar a la imagen visual, un movimiento para producir la escritura en el papel.

Como se puede ver la imagen visual está separada de la voz y de la expresión escrita, entonces en cada caso rige un centro neuronal especial para que se realice la función que, como ya vimos en algunos casos incumben estructuras comunes.

El recorrido es complejo e intervienen distintas estructuras. Si quisiéramos hacer un circuito rápido y que más o menos incluya gran parte de esas áreas, estructuras y sistemas, deberíamos tener en cuenta que tanto para hablar o escribir entran en funcionamiento: lóbulo frontal: idea de hablar o

escribir – sistema límbico: implicancias de las emociones - sistema visual – discriminación y reconocimiento de caracteres - lóbulo occipital – identificación del significado léxico semántico – área de Wernicke – lóbulo temporal - sistema auditivo – grafema/fonema – lóbulo temporal – área de Broca – ganglios Basales - áreas motoras - producción del movimiento hablado - ganglios Basales – Núcleos estriados – Tálamo – Cerebelo - Globo Pálido – Putamen – áreas motoras suplementarias y primaria – Tálamo – sistema reticular – sistema nervioso piramidal y extrapiramidal – hombros – brazos – manos y producción gráfica.

Toda una completa coordinación se pone en funcionamiento con el lento aprendizaje del acto de escribir donde las complejas estructuras van afinando su participación, en un ir y venir de comunicación generadas por ejercicios que terminan activando la potenciación a largo plazo, es decir que la imagen visual quede guardada en la Caja de Letras; que los movimientos queden guardados en los Ganglios Basales, y principalmente en los Núcleos Estriados, Putamen; que los significados semánticos queden guardados en el parietal; que los sonidos emitidos por la voz queden guardados en las áreas de asociación auditiva. Tal cual hemos visto, en algunos casos con intervención de memoria explícita (que se puede evocar) y en otros, con memoria implícita (que se activa por asociación o automáticamente).

Cada lugar en el cerebro tiene su función y guarda en la memoria de largo plazo lo que le toca codificar. Es por esto mismo que las lesiones cerebrales en un determinado lugar pueden afectar a un “archivo” mnémico, pero no a otros.

En todo este proceso, para nuestros análisis periciales, debemos tener en cuenta que el movimiento no es todo.



Hay una constante retroalimentación entre la forma visual del grafismo y el movimiento, que lentamente (o notablemente según las circunstancias) se van modificando, produciendo variaciones que, al estar integradas, repercuten en las dos partes.

Es equivocado pensar que tenemos una parte estática referida a la forma y otra dinámica, referida al movimiento que da origen a la forma. Ambas son dinámicas, tanto es así que están originadas en redes neuronales que producto de la plasticidad pueden sufrir algunas modificaciones, y es así como se produce la evolución de la escritura. Entonces en realidad, es un circuito que se retroalimenta el uno del otro:

Forma → movimiento → movimiento → nueva forma → nueva forma → nuevo movimiento.

La retroalimentación con la participación visomotora va produciendo el cambio paulatino de la escritura. No se ha visto nunca una escritura donde el “movimiento” se ha mantenido indemne mientras la forma ha cambiado.

Por esto es tan relevante, analizar la escritura integralmente. Tanto en la forma, como el movimiento. Cada componente nos sirve para obtener datos que juntos, nos permiten identificar el gesto gráfico.

## 9. Las neuronas para Dígitos.

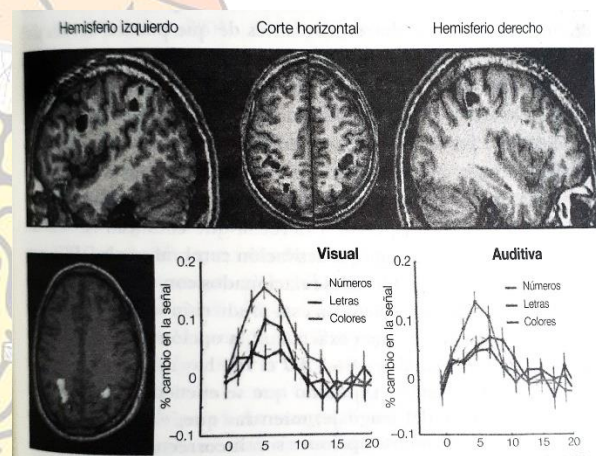
Hemos visto que la Caja de Letras se ubica en un estrecho lugar, entre la zona de reconocimiento visual de las caras y del reconocimiento visual de los objetos, en el lóbulo temporo-occipital izquierdo.

En el caso de los dígitos se ha podido comprobar que tienen un alojamiento en un lugar distinto al que tienen las letras y palabras.

De acuerdo a los estudios realizados por el equipo de científicos del Laboratorio UNICOG de

Francia, se dice: “Los resultados de todos estos experimentos confirman que hay una franja estrecha y específica de la corteza que realiza un aporte especial al procesamiento numérico (Dehaene, Piazza, Pinel y Cohen, 2003). Se encuentra en la profundidad de un espacio localizado en la parte posterior del cerebro – en los lóbulos parietales izquierdo y derecho y se lo conoce como surco intraparietal, pero mis colegas y yo lo llamamos “región hIPS”, debido a las iniciales de “parte horizontal del surco intraparietal” en inglés.”(\*)

Fig. 22



Esta localización del lugar donde se guardan los números ha sido confirmada por otros estudios, como aquel donde se demostró que se “... confirma que la hIPS está involucrada exclusivamente con el concepto del número: su activación no cambia si los números son hablados o escritos” (Dehaene, 2014)

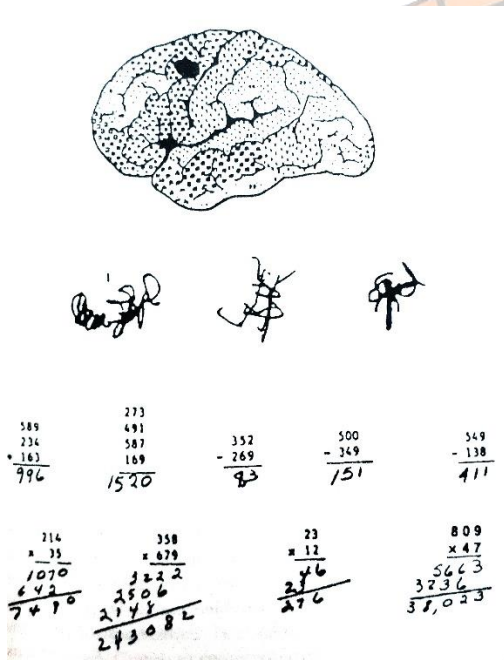
En el caso de los números también se debe tener en cuenta que se encuentran implicados en una gran variedad de actividades que llevan a que se activen otras zonas del cerebro de acuerdo al procesamiento numérico que se esté llevando adelante.

Por ejemplo, en los casos de la memoria aritmética como es aprender las tablas, su recuerdo,

activa las zonas de los Ganglios Basales Izquierdo y el Tálamo.

Por otra parte, ambos hemisferios pueden manipular los números arábigos y las cantidades numéricas, pero sólo el hemisferio izquierdo tiene acceso a una representación lingüística de los números y a una memoria verbal de las tablas aritméticas (Dehaene y Cohen, 1995). –

Fig. 23 (“El Cerebro Matemático”)



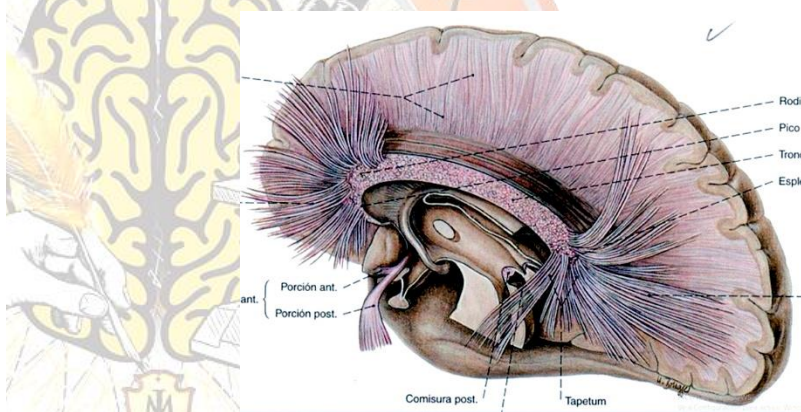
Así mismo, los estudio con pacientes, han confirmado las distintas localizaciones del lugar donde se alojan los dígitos con respecto a las letras y palabras.

Tal es el caso de un paciente que se había vuelto incapaz de leer o escribir luego de que una pequeña lesión destruyera parte de su corteza premotora izquierda. Cuando se le pidió que escribiera su nombre o la palabra “perro”, todo lo que podía producir eran trazos informes e ilegibles. Sin embargo, la lectura y la escritura de números arábigos permanecían intactas. El paciente podía resolver

problemas aritméticos complejos con la misma caligrafía esmerada, prolija y limpia que tenía antes de la lesión (Steven Anderson y Antonio y Hannah Damasio, 1990). (Ver Fig. 23)

Otro dato muy importante, tanto para números como para palabras y firmas, que ya veremos, es la participación fundamental del Cuerpo Caloso. Como sabemos esta estructura que comunica los dos hemisferios es de vital importancia para la consolidación de la memoria. En el Cuerpo Caloso no se procesa información, ya que esto es una actividad de los núcleos grises, pero su importancia es reconocida cada día por nuevos descubrimientos sobre su contribución con distintas funciones. (Ver Fig. 24).

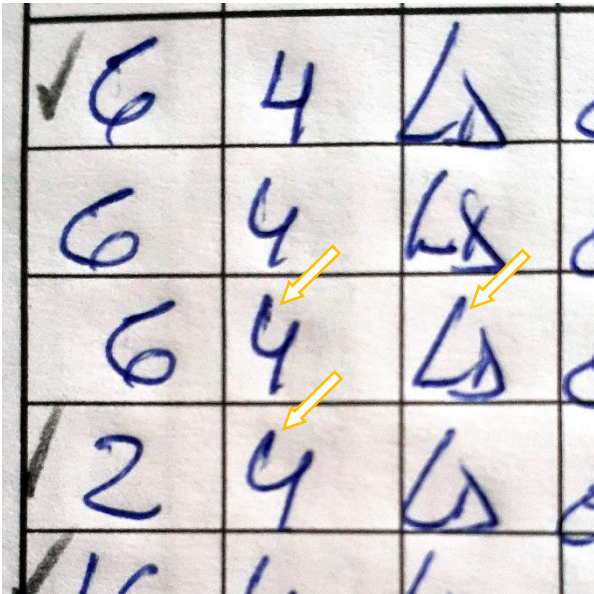
Fig. 24



Cuerpo Caloso

El hecho de que los archivos de la forma visual de los dígitos se encuentren en una zona diferente a la que se localizan las formas visuales de las letras y palabras, repercute en que en algunas ocasiones sea más costoso establecer las características similares comparando los números con letras y palabras, aunque al tratarse de una misma persona, claro está, que surgirán particularidades que indiquen la misma correspondencia gráfica (Ver Fig. 24)

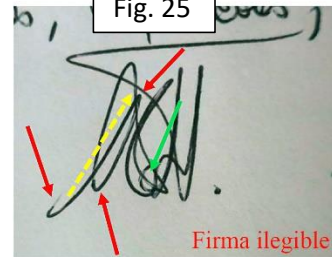
Fig. 24



escrituras de tipo cursiva o de imprenta, con firmas semilegibles, se pueden localizar características similares entre esos diferentes diseños.

En las imágenes siguientes se muestra parte de un ejercicio realizado por uno de los peritos participantes al Curso sobre Plasticidad Neuronal en la Pericia Caligráfica, quien nos ilustra sobre las características similares entre letras/palabras cotejando con la firma, incluyendo firmas realizadas con mano opuesta a la habitual (Ver Fig. 25, 26 – Agradecido al Perito Rosendo Chinchay Ticia, de Perú).

Fig. 25



### 10. Las firmas ilegibles en el Putamen de los Núcleos Estriados

Con respecto a las firmas es importante tener en cuenta que, estas tienen una fisonomía propia que, incluso, se pueden distinguir de las propias letras y palabras del firmante.

Las firmas pueden ser legibles o semilegibles, cuando toda o parte de ella se escribe con nombres y apellidos de su autor. O ilegibles cuando el nombre y apellido han sido reemplazados por simples trazos sin expresión literal alguna.

Teniendo en cuenta las explicaciones de este texto, es evidente que con respecto a las firmas legibles o semilegibles, su localización la vamos a tener donde se alojan las letras y palabras, es decir, en el lóbulo temporo-occipital izquierdo.

De la misma forma que se ha podido observar con letras y palabras, en distintos análisis cotejando

Escritura Cursiva

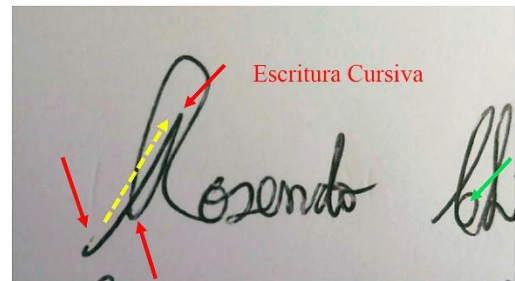
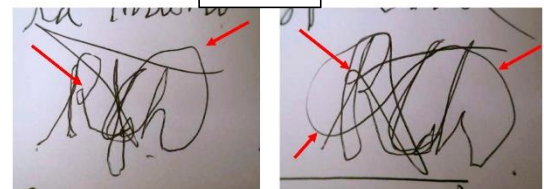


Fig. 26



FIRMAS CON LA MANO IZQUIERDA SIN PRÁCTICA (24-11-2020)



FIRMA MANO DERECHA DEL 02-02-1984



En la imagen “Fig. 25” se puede observar que la firma es ilegible y sólo con un estudio posterior podríamos darle un significado literal. Esto es así, aunque para un observador externo, la firma es ilegible, pero, en realidad se encuentran las iniciales del nombre y apellido del firmante. Entonces, algo que puede ser ilegible puede tener significado y no ser un simple “garabato”.

El cotejo de esas firmas con letras y palabras, permite establecer que en realidad se encuentran varias características similares que, por formar parte del léxico son formas que también se guardan en la “Caja de letras” del cerebro.

Un estudio más profundo del Perito Chinchay, lo lleva a comparar firmas realizadas con su mano izquierda con una firma suya realizada 36 años atrás, observando que las firmas realizadas con mano izquierda rememoran las firmas “genuinas”, demostrando los principios miokinéticos del Dr. Emilio Mira López quien sostenía, que la utilización de la mano izquierda, cuando habitualmente no es la que se utiliza para escribir, influye una mejor evocación de imágenes guardadas primigeniamente.

En la firma del año 1984 las letras “R” y “Ch” que se observan bien definidas, pero con el paso del tiempo, se han ido modificando con notorias variaciones hasta llegar a las actuales firmas prácticamente ilegibles.

El ejemplo demuestra que se nos pueden presentar para analizar firmas ilegibles, que pueden tener un sentido literal, aunque al principio, en los primeros análisis, no identifiquemos su significado.

Por tal razón, no hay que descartar esta posibilidad, sin haber analizado todas las firmas y escrituras involucradas.

Por otra parte, las firmas ilegibles sin ningún sentido literario, cuando responden solamente a

trazos, mixtos, curvos o rectos, en forma de garabato, estilizado o complicado, es muy probable que no se encuentre en la “Caja de letras”.

No debemos olvidar que las formas visuales de la Caja de Letras, tienen un significado léxico y semántico, que se identifica cuando la información se dirige al área de Wernicke y luego, al área de asociación auditiva, donde el grafema se convierte en fonema.

En toda la situación debemos tener en cuenta que, los números no se encuentran en la Caja de Letras, al igual que los objetos, como las herramientas o los útiles como una plancha, son codificados en otras áreas visuales.

Entonces, las firmas ilegibles, que no tienen significado literal, ni fonético, ni representan un objeto, no necesitarían pasar por todas las áreas de reconocimientos que nombramos anteriormente, ni por el área de Wernicke para descifrar su significado ni por el área auditiva, ni por el área de Broca para la expresión verbal. Siendo de esta forma, las firmas ilegibles, se incorporan al cerebro por medio del hipocampo, y se mantienen en los ganglios basales, especialmente en el putamen del núcleo estriado, donde quedará guardada como memoria implícita de largo plazo, con gran participación del cerebelo, tálamo y las fibras de conexión del Cuerpo Calloso.

Esta localización de las firmas ilegibles, alojadas lejos de la Caja de Letras, aunque en algún momento necesiten ser registradas visualmente por esas áreas visuales, repercute en las dificultades para comparar elementos que son sostenidos por redes neuronales diferentes y situadas en estructuras cerebrales alejadas entre sí.

En el caso de las firmas ilegibles, donde prevalece la acción del movimiento, se repiten características donde prima la velocidad, la espontaneidad, diseños y formas constantes que, por lo



general, no presentan tropiezos, temblores ni escitaciones en su recorrido habitual.

En conclusión, las variaciones escriturales responden a toda escritura natural, con menor o mayor incidencia sobre la evolución del grafismo. La ubicación de las áreas para las letras y palabras; para los dígitos y para las firmas ilegibles, son datos que permiten tener un panorama que sirva para el trabajo pericial.

Es un aporte con la esperanza de encontrar respuestas a los interrogantes que diariamente nos planteamos en nuestra actividad pericial. Sostengo la

importancia de compartir estas investigaciones con otros colegas, ya que nos da la oportunidad a todos de seguir creciendo, intercambiando opiniones y realizando nuevas investigaciones.

Por último, todos los estudios requieren el aporte de los profesionales que son especialistas en éstas áreas, como son los neurocientíficos, por tal razón anhelo que en un futuro cercano se puedan intercambiar opiniones interdisciplinarias, lo que seguramente redundará en beneficio de todas las profesiones participantes. -

#### REFERENCIAS:

<sup>i</sup><http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnint.2014.00062/full>, CC BY 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43388984>

<sup>iii</sup> Pág. 240 - “El Cerebro Lector” de Stanislas Dehaene.

<sup>iv</sup> Pág. 87 – “El Cerebro Lector” de Stanislas Dehaene – octubre 2014 – Siglo XXI – Buenos Aires.

<sup>v</sup> Journal of Neuroscience 12 de November de 2014, 34 (46) 15402-15414; DOI:

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4918-13.2014>

<sup>vi</sup> Florence Bouhali, Michel Thiebaut de Schotten, Philippe Pinel, Cyril Poupon, Jean-François Mangin, Stanislas Dehaene y Laurent Cohen

<sup>vii</sup> Pág. 102 – “El Cerebro Lector” – Octubre 2014 – Siglo XXI – Bs. As.

<sup>viii</sup> Texto “La importancia de la Figura Base” – Texto propio.

<sup>ix</sup> Pág. 214 – “El Cerebro Lector” – Octubre 2014 – Siglo XXI – Bs. As.

<sup>x</sup> Pág. 337 – “El Cerebro Matemático” de Stanislas Dehaene

#### LIBROS:

. “El Cerebro Lector” de Stanislas Dehaene – Octubre 2014 – Siglo XXI – Bs. As.

. “EL MAPA DEL CEREBRO” de Inmaculada Pereda Pérez.

. “Aprender a Leer” de Stanislas Dehaene – 2015 – Siglo XXI – Bs. As.

. “El Cerebro Matemático” de Stanislas Dehaene – Marzo 2016 – Siglo XXI – Bs. As.

. “Principios de Anatomía y Fisiología” de Tortora – Derrickson – 15ª Edición – 2018 – Editorial Panamericana

. “La Mano y su Lenguaje” de Charlotte Wolff – 1950 – Editor Luis Miracle – Barcelona.

. “Aprender, Recordar y Olvidar” de Ignacio Morgado – Abril de 2019 – Editorial Ariel – España.

. “La Nueva Biología de la Mente” de Eric R. Kandel – Marzo 2019 – Editorial Paidós – España.

. “Genética y Aprendizaje” de Kathryn Asbury – Robert Plomin – Junio 2015 – Editorial Paidós – Bs. As.