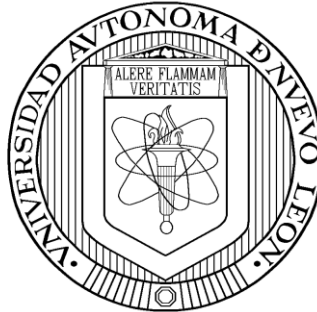


Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Psicología



**Cambios a través de la edad en la Inhibición
Cognoscitiva y en la Flexibilidad Cognoscitiva**

T E S I S

Que para obtener el para obtener el grado de
Maestría en Ciencias con Opción en Cognición y Educación

Presenta:

Teodoro Hernández Cedeño

Monterrey, N. L., México, febrero de 2026

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Psicología

Subdirección de Posgrado e Investigación

Maestría en Ciencias con Opción en Cognición y Educación

La presente tesis titulada "Cambios a través de la edad en la inhibición cognoscitiva y en la flexibilidad cognoscitiva" presentada por Teodoro Hernández Cedeño ha sido aprobada por el comité de tesis.

Dr. Pablo Valdez Ramírez
Director de tesis

Dr. Jorge Benjamín Borrani Valdés
Revisor

Dra. Minerva Aída García García
Revisor

Monterrey, N. L., México, febrero de 2026

Dedicatoria

Este trabajo quiero dedicarlo a mis padres, a mis hermanas, a mis sobrinos y a mi familia fuera de Monterrey, por su apoyo incondicional.

A todos los que forman y formaron parte del laboratorio de Psicofisiología de la UANL.

A todas las personas que están y estuvieron en el continuo proceso del entendimiento del comportamiento.

“De no ser
Psicología sería
Astronomía, como sea yo
ya encontré mi universo, el
cerebro”.

THC

Agradecimientos

A las personas que estuvieron conmigo en este proceso:

A Pablo Valdez, Candelaria Ramírez, Hugo Tirado, Aída García y a todos los que forman y formaron parte el laboratorio de Psicofisiología, porque siempre aportaron un punto de vista crítico con el único objetivo de enriquecer, dar claridad y solidez a mi trabajo.

A los maestros del posgrado que con su paciencia y comentarios hicieron que pudiera explicar de mejor manera mis ideas.

A mis sinodales que con sus observaciones enriquecieron el contenido de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que sin el apoyo brindado este trabajo hubiera sido muy complicado de llevar a cabo.

A todos los participantes que formaron parte de la muestra, su participación y contribución es invaluable.

Resumen

El presente estudio determina los cambios en la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva en función de la edad, utilizando una prueba tipo Stroop. Estos procesos son componentes de las funciones ejecutivas y son fundamentales para la resolución de problemas, el autocontrol y la conducta adaptativa. La inhibición cognoscitiva se refiere a la capacidad de suprimir respuestas automáticas o irrelevantes, mientras que la flexibilidad cognoscitiva es la habilidad para modificar estrategias de respuesta ante demandas cambiantes. La muestra estuvo conformada por 1319 participantes con edades comprendidas entre los 8 y los 87 años, distribuidos en 22 grupos etarios. Se empleó una prueba tipo Stroop compuesta por 48 estímulos distribuidos en cuatro columnas de 12 palabras cada una. Seis palabras de cada columna estaban marcadas con un punto en el lado izquierdo. Las palabras correspondían a nombres de colores (ROJO, VERDE, CAFÉ, AZUL) impresos en tinta de color incongruente al nombre escrito. Por ejemplo, la palabra "ROJO" podía estar impresa en color verde, café o azul. Los participantes realizaron cuatro tareas: en la primera debían leer todas las palabras; en la segunda debían indicar el color de la tinta de cada palabra; en la tercera debían leer las palabras marcadas con un punto y nombrar el color de la tinta en las que no estaban marcadas; en la cuarta debían nombrar el color de la tinta en las palabras marcadas y leer las que no estaban marcadas. En todas las tareas se instruyó a los participantes a responder con la mayor rapidez y precisión posible. La inhibición cognoscitiva se determinó mediante el tiempo de respuesta y la cantidad de errores en la tarea de nombrar el color. La flexibilidad cognoscitiva se midió con los tiempos de ejecución y los tipos de errores cometidos en la tercera y cuarta tareas. Se observaron diferencias en los indicadores de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva en función de la edad. Los resultados revelaron un patrón en forma de "U", producto de una disminución progresiva en los tiempos de respuesta y errores durante la infancia y pubertad. Se registró una ejecución estable durante la adultez y a partir de los 50 años se evidenció un incremento gradual en ambos indicadores, siendo las personas de 84 a 87 años las que presentaron la ejecución más deficiente en términos de velocidad y precisión. También se compararon los indicadores de la muestra por sexo. No se encontró un efecto contundente en la ejecución por sexo.

Palabras clave: Inhibición cognoscitiva, flexibilidad cognoscitiva, tarea Stroop.

Abstract

The present study determined changes in cognitive inhibition and cognitive flexibility across age using a Stroop-type task. These processes are components of executive functions and are fundamental to problem-solving, self-control, and adaptive behavior. Cognitive inhibition refers to the ability to suppress automatic or irrelevant responses, while cognitive flexibility is the ability to modify response strategies in the face of changing demands. The sample consisted of 1319 participants, ranging in age from 8 to 87 years, divided into 22 age groups. A Stroop-type test was used, consisting of 48 stimuli distributed in four columns of 12 words each. Six words in each column were marked with a dot on the left side. The words corresponded to color names (RED, GREEN, BROWN, BLUE) printed in ink of an incongruent color with the written name. For example, the word "RED" could be printed in green, brown, or blue. Participants performed four tasks: in the first, they had to read all the words; in the second, they had to indicate the ink color of each word; in the third, they had to read the words marked with a dot and name the ink color in those not marked; in the fourth, they had to name the ink color in the marked words and read the unmarked words. In all tasks, participants were instructed to respond as quickly and accurately as possible. Cognitive inhibition was determined by response time and the number of errors in the color-naming task. Cognitive flexibility was measured by performance times and types of errors in the third and fourth tasks. Differences were observed in indicators of cognitive inhibition and cognitive flexibility based on age. The results revealed a U-shaped pattern resulting from a progressive decline in response times and errors during childhood and puberty. Performance remained stable throughout adulthood, and a gradual increase in both indicators was evident from the age of 50 onward, with individuals aged 84 to 87 showing the poorest performance in terms of speed and accuracy. The sample indicators were also compared by sex. No significant effect on performance was found by sex.

Keywords: Cognoscitive Inhibition, Cognoscitive Flexibility, Stroop Task.

Índice

Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Índice	7
Índice de Figuras.....	10
Índice de Tablas.....	12
Capítulo I. Introducción	13
Problema de investigación.....	17
Justificación	17
Objetivo General.....	18
Objetivos específicos.....	18
Hipótesis.....	19
Limitaciones y Delimitaciones.....	19
Capítulo II. Marco Teórico	20
Antecedentes del estudio del funcionamiento cerebral	22
Neuroanatomía y Neuropsicología de lóbulos frontales del cerebro	26
Funciones de las cortezas prefrontales	29
Funciones Ejecutivas.....	33
Componentes de las Funciones Ejecutivas	33
Planeación.....	34
Inhibición Cognoscitiva	34
Áreas cerebrales que participan en la Inhibición Cognoscitiva	35
Flexibilidad Cognoscitiva	36
Áreas cerebrales que participan en la Flexibilidad Cognoscitiva	37
Funciones ejecutivas y comportamiento.....	37
Desarrollo Cerebral, Frontal y de las Funciones Ejecutivas	38
Cambios con la edad en los procesos psicológicos	40
Tareas para evaluar la Inhibición Cognoscitiva	42

Tarea Stroop.....	44
Tarea Stroop en el desarrollo	47
Tareas para evaluar la Flexibilidad Cognoscitiva	50
Aportaciones del presente estudio	54
Capítulo III. Método.....	56
Diseño de investigación.....	56
Participantes.....	56
Criterios de inclusión	57
Instrumentos y aparatos	58
Procedimiento.....	59
Variables estudiadas	60
Análisis de datos	61
Capítulo IV. Resultados	62
Indicadores por grupos de edad.....	62
Tarea de leer las palabras	62
Tiempo en tarea de leer las palabras	62
Errores de decir el color en la tarea de leer las palabras	63
Tarea de nombrar el color	65
Tiempo en tarea de nombrar el color.....	65
Errores de leer en la tarea de nombrar el color	66
Tarea de Punto Palabra	68
Tiempo en tarea de punto palabra.....	68
Errores de cambio en tarea de punto palabra	69
Tarea de punto color	71
Tiempo en tarea de punto color.....	71
Errores de cambio en la tarea de punto color.....	72
Indicadores por sexo	74
Tarea de punto palabra	74
Tarea de leer las palabras	75
Tarea de nombrar el color	76
Capitulo V. Discusión y conclusiones.....	79

Discusión	79
Validez y confiabilidad	84
Conclusiones	87
Referencias	89

Índice de Figuras

Figura. 1. Lóbulos de la corteza cerebral.....	26
Figura. 2. Superficies frontales.	27
Figura. 3. Corteza Prefrontal.....	28
Figura. 4. Tiempo en tarea de leer las palabras. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 12 a los 64 años.....	63
Figura. 5. Errores de decir el color en la tarea de leer las palabras. Los datos muestran a los promedios con sus respectivos errores estándar. El incremento en la cantidad de estos errores se observó en las personas de 84 a 87 años.	64
Figura. 6. Tiempo en tarea de nombrar el color. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 16 a los 59 años.....	66
Figura. 7. Errores de leer la tarea de nombrar el color. Se muestran los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que la menor cantidad de errores la cometieron las personas de entre 18 y 59 años.	67
Figura. 8. Tiempo en tarea de punto palabra. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 14 a los 55 años.	69
Figura. 9. Errores de cambio en la tarea de punto palabra. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que la menor cantidad de errores la cometieron las personas de entre 18 y 59 años.	70

- Figura. 10. Tiempo en tarea de punto color. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 14 a los 50 años. 72
- Figura. 11. Errores de cambio en la tarea de punto color. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que la menor cantidad de errores la cometieron las personas de entre 18 y 50 años. 73
- Figura. 12. Errores de cambio en la tarea de punto palabra en el total de mujeres y hombres de la muestra. Los datos corresponden al promedio de los errores con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres cometieron menos errores de cambio. 74
- Figura. 13. Tiempo en la tarea de leer las palabras en los participantes de 60 a 63 años. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres fueron más rápidos para completar la tarea..... 75
- Figura. 14. Errores al decir el color en la tarea de leer en las personas de 80 a 83 años. Los datos corresponden al promedio de los errores con sus respectivos errores estándar. Se observó que las mujeres cometieron menos errores. 76
- Figura. 15. Tiempo en la tarea de nombrar el color en los participantes de 16 y 17 años. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres fueron más rápidos para completar la tarea..... 77
- Figura. 16. Errores al decir el color en la tarea de leer en las personas de 80 a 83 años. Los datos corresponden al promedio de los errores con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres cometieron menos errores. 78

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de la muestra por grupos de edad.....	57
Tabla 2. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey del tiempo en la tarea de leer las palabras para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001).....	62
Tabla 3. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey de los errores de decir el color en la tarea de leer las palabras para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001).....	64
Tabla 4. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey del tiempo en la tarea de nombrar el color para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001).....	65
Tabla 5. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey de los errores de leer en tarea de nombrar el color para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01,*** p < 0.001).	67
Tabla 6. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc del tiempo en la tarea de punto palabra para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001).....	68
Tabla 7. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey de los errores de cambio en la tarea de punto palabra para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001)....	70
Tabla 8. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc del tiempo en la tarea de punto color para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001).....	71
Tabla 9. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey de los errores de cambio en la tarea de punto color para muestras de “N” diferente entre cada grupo de edad (** p <.01, *** p <.001).....	73

Capítulo I. Introducción

A lo largo del ciclo vital, los seres humanos mantienen una constante interacción con los estímulos del entorno, mientras que, los órganos y sistemas del cuerpo van desarrollándose, haciendo posible esa interacción y adaptación al ambiente.

Uno de los órganos cruciales en esa interacción es el cerebro, ya que se encarga de la codificación de los estímulos del ambiente, así como de las acciones que son ejecutadas ante una situación determinada (Guyton, 1994). Este órgano forma parte del sistema nervioso central y como sucede con otras estructuras del cuerpo, se desarrolla con la edad (Jiang & Nardelli, 2016; Rice, 1997).

El desarrollo cerebral queda evidente en su acelerado crecimiento al aumentar cuatro veces su tamaño en las primeras dos décadas de vida (Rosenzweig & Leiman, 1992). Después, alrededor de la quinta década de vida el cerebro presenta una pérdida gradual de su volumen (Courchesne et al., 2000).

Este aumento de volumen se debe al crecimiento axónico y dendrítico de las neuronas, así como a la proliferación de conexiones sinápticas y al incremento en los niveles de mielinización (Cafiero et al., 2019; Fletcher et al., 2021). La mielinización se refiere al proceso mediante el cual las prolongaciones axónicas son recubiertas casi en su totalidad con una sustancia grasa llamada mielina (Rosenzweig & Leiman, 1992). La mielina es producida por las células de Schwann, en el sistema nervioso periférico o bien por los oligodendrocitos, en el sistema nervioso central (Kolb & Whishaw, 2017); y es la responsable de la rápida transmisión de los impulsos eléctricos entre las neuronas (Miller et al., 2012).

Los cambios encefálicos observados con la edad se corresponden con la adquisición de nuevas habilidades por parte de las personas en su interacción con el entorno (Baraban et al., 2016). Con el paso del tiempo se van diferenciando los estímulos, se desarrollan habilidades motoras y cognoscitivas como la marcha, la lectura y la escritura. Sin embargo, para que las interacciones con el entorno sean eficientes y adaptativas, es preciso controlar las funciones psicológicas y el comportamiento.

En neuropsicología, a los procesos responsables de controlar el comportamiento enfocado en la resolución de problemas se les denomina funciones ejecutivas (Ardila, 2008; Diamond, 2013; Grafman & Litvan, 1999; Zelazo, 2020). De acuerdo con algunos autores las funciones ejecutivas tienen varios componentes, entre ellos se encuentran: la iniciativa, la verificación y regulación del comportamiento (Lezak, 1982); así como la inhibición y la flexibilidad cognoscitiva (Miyake et al., 2000). En este trabajo se abordarán la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva.

La inhibición cognoscitiva se refiere a la capacidad de suprimir la tendencia o predisposición para ejecutar acciones irrelevantes respecto a un objetivo y llevar a cabo aquellas que resultan apropiadas para el logro de este (Aron et al., 2014; Harnishfeger, 1995; Logan, 1985; Nigg, 2000). Por su parte, la flexibilidad cognoscitiva se refiere a la capacidad de ajustar y cambiar el tipo de respuestas a partir de los requerimientos del contexto enfocados en un objetivo (Davidson et al., 2006).

Las funciones ejecutivas tienen su sustrato anatómico en las cortezas prefrontales localizadas en las regiones anteriores de la corteza cerebral (Ardila, 2019; Stuss, 2011). Esto se sabe a raíz de experimentos de lesión y estimulación de las regiones anteriores del neocórtex en animales así como del análisis de casos de pacientes con alteraciones prefrontales (Lezak et al., 2012).

Cuando hay una lesión en las áreas prefrontales del cerebro puede alterarse la capacidad de inhibir el comportamiento, de tal forma, que la persona actúa de manera impulsiva y desinhibida, por ejemplo, en una situación en la que se requiera que una persona interactúe socialmente, esta persona lo hará de manera imprudente e incluso irrespetuosa (Valdez et al., 2005).

Las lesiones prefrontales también pueden resultar en alteraciones en la flexibilidad cognoscitiva. En estos casos, si el paciente intenta una solución y esta no da resultado, la persona se vuelve incapaz de ajustar su comportamiento e intentará la misma solución en repetidas ocasiones, lo que resulta en una conducta perseverante (Luria, 2011), es decir, se le dificultará ajustar las respuestas que esté llevando a cabo para aplicarlas según los requerimientos del medio.

El funcionamiento de la inhibición cognoscitiva y de la flexibilidad cognoscitiva puede registrarse mediante la ejecución de pruebas y tareas que inserten a las personas en situaciones en las que requieran suprimir una conducta irrelevante (en el caso del proceso de inhibición cognoscitiva) o bien, en tareas donde las personas tengan que cambiar una ejecución por otra en función de las condiciones del entorno y del objetivo (en el caso de la flexibilidad cognoscitiva).

Una de las tareas más utilizadas para medir y analizar el proceso de la inhibición cognoscitiva es la tarea Stroop (1935). Mientras que la flexibilidad cognoscitiva se ha abordado a partir de tareas en las que los participantes requieren cambiar entre distintas respuestas de ejecución. Dentro de estas últimas se pueden mencionar los estudios sobre el *Set Mental y Cambio* (1927) de Jersild y los aportes de la *Tarea de Clasificación Tarjetas Wisconsin* (Berg, 1948; Grant & Berg, 1948).

Además del impacto en la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva producto de alteraciones en las cortezas prefrontales, se han reportado cambios en estos procesos en función de la edad (Leon-Carrión et al., 2004; Zelazo et al., 2004); sin embargo, no se han documentado desde los niños hasta los adultos mayores, ya que los estudios se enfocan en poblaciones específicas, ya sea de niños y adolescentes o de adolescentes y adultos (Dibbets & Jolles, 2006; Lamm et al., 2006). Para registrar el desarrollo de estos procesos se requiere del diseño de estudios que incluyan a personas cuyas edades comprendan desde la infancia hasta los adultos mayores.

En este estudio, para medir los procesos de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva se utilizará una versión modificada de la prueba Stroop (1935) la cual consta de cuatro tareas. En la primera se registra la velocidad de los participantes para leer las palabras estímulo. En la segunda deberán inhibir su comportamiento al suprimir la acción facilitada de leer y en lugar de eso nombrar los colores de las palabras; de esta ejecución se obtendrán indicadores de la inhibición cognoscitiva. Las últimas dos tareas son de criterios cambiantes y los participantes deberán de alternar su ejecución entre leer y decir colores a partir de una señal. Esto último proporcionará indicadores del proceso de flexibilidad cognoscitiva.

Para determinar la evolución de la inhibición cognoscitiva y de la flexibilidad en el ciclo vital se analizará el desempeño de los participantes en la prueba tomando en cuenta la rapidez y la precisión de su ejecución, con lo que se conocerá la forma en cómo cambian estos procesos neuropsicológicos con la edad a partir de los tiempos para completar cada tarea de la prueba, así como por los tipos de errores cometidos.

Problema de investigación

Con el paso del tiempo el ser humano presenta cambios anatómicos y fisiológicos, por lo que el cerebro y los procesos neuropsicológicos también cambian con la edad.

Algunos estudios han demostrado que el funcionamiento de procesos como la memoria, la atención y las funciones ejecutivas cambian con la edad, sin embargo, las muestras en esos estudios no incluyen a personas cuyas edades abarquen desde la niñez hasta la vejez.

En este estudio se busca analizar los cambios que ocurren a través de la edad en los procesos la inhibición cognoscitiva y en la flexibilidad cognoscitiva en una población que incluye participantes de 8 hasta los 87 años.

El problema en este trabajo se puede formular en la siguiente pregunta ¿Existen cambios con la edad en los procesos de inhibición cognoscitiva y de la flexibilidad cognoscitiva?

Justificación

Con los resultados de este trabajo se podrá conocer como es el desarrollo de la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva, a qué edad son más eficientes, cuánto tiempo se mantiene el nivel óptimo de ejecución, así como la edad en la que estos mecanismos neuropsicológicos comienza a deteriorarse y cuándo alcanzan su eficiencia más baja.

En el ámbito clínico, el estudio de la evolución de los procesos cognoscitivos con la edad facilitará la identificación de alteraciones como el trastorno por déficit de atención o el trastorno del espectro autista, lo que contribuirá a un diagnóstico fidedigno y en una mejor calidad de vida para el paciente.

En el ámbito educativo, conocer la trayectoria de la inhibición cognoscitiva y de la flexibilidad cognoscitiva contribuirá a la adecuación y optimización de las herramientas pedagógicas en función del nivel de desarrollo cognoscitivo, que puede incidir en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el caso de los adultos mayores, el conocimiento sobre el desarrollo cognoscitivo facilitará la identificación de condiciones normales o patológicas del deterioro psicológico.

Otro aspecto importante, es que los estudios de los cambios en la inhibición cognoscitiva y en la flexibilidad cognoscitiva se han hecho de manera independiente con distintas tareas. En este estudio los cambios se determinarán utilizando una tarea conformada por cuatro condiciones a partir de las cuales se obtendrán los indicadores de ambos procesos.

Objetivo General

Analizar los cambios con la edad en los procesos de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva.

Objetivos específicos

- Identificar los cambios en la inhibición cognoscitiva entre diferentes grupos de edad.
- Identificar los cambios en la flexibilidad cognoscitiva entre diferentes grupos de edad.

Hipótesis

- Se espera que el funcionamiento de la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva mejoren a medida que los niños van creciendo.
- Se espera un deterioro en el funcionamiento de la inhibición cognoscitiva y en la flexibilidad cognoscitiva en los adultos mayores.

Limitaciones y Delimitaciones

Con los resultados de este trabajo se analizarán los cambios en la inhibición cognoscitiva y en la flexibilidad cognoscitiva en personas de ocho años en adelante y sin antecedentes de daño cerebral.

Se prescindió la participación de niños más pequeños ya que presentaron dificultades importantes en la lectura de la prueba, así como de personas que reportaron padecer o haber padecido algún evento que comprometiera estructuras o el funcionamiento del sistema nervioso central, con el fin de prevenir la influencia de agentes extraños en la ejecución de la prueba.

Con base en lo anterior, las conclusiones a las que se llegue en este estudio se limitarán a explicar el fenómeno del desarrollo de dos procesos neuropsicológicos en las edades comprendidas en la muestra y en personas sin antecedentes de alteraciones anatómicas ni fisiológicas del sistema nervioso.

Capítulo II. Marco Teórico

El cuerpo humano es una máquina formidable. Equipado con un conjunto de órganos y sistemas, el organismo cuenta con la facultad de adaptarse a las distintas y cambiantes variables de la naturaleza, mientras conserva un *milieu intérieur* (Bernard, 1915); puede defenderse de agentes patógenos, oxigenar las células de sus tejidos, obtener nutrientes de los alimentos e incluso, es capaz de reproducirse.

Aquí se abordarán aspectos funcionales del sistema nervioso encargados de regular lo que las personas piensan, proyectan y hacen; y que resultan fundamentales, sin afán de menoscabo hacia el resto de la economía fisiológica humana, en la incesante interacción con el mundo que las rodea.

El sistema nervioso se clasifica anatómicamente en central y en periférico. El sistema nervioso central está conformado por el cerebro; un órgano de aproximadamente 1.5 kg alojado en la cavidad craneal y por la médula espinal, un cordón de tejido nervioso que se dispone por dentro de la columna vertebral. El sistema nervioso periférico está constituido por los nervios procedentes del cerebro (nervios craneales) y de los que se nacen en la médula espinal (nervios espinales) (Guyton, 1994).

En conjunto, el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico actúan como un puente de ida y de vuelta que conecta al exterior con el organismo. Puede decirse que esa conexión con el ambiente tiene su origen en las terminaciones nerviosas distales donde se ubican los receptores sensoriales, que son neuronas especializadas y sensibles a un umbral de las propiedades físicas o químicas de los estímulos, como la intensidad de la luz; el volumen y el tono de los sonidos; los químicos volátiles o los disueltos en la cavidad oral, por mencionar algunos (Carlson, 2014).

Cuando un estímulo entra en contacto con un receptor sensorial y resulta ser lo suficientemente potente para modificar la bioquímica fuera y dentro de la célula nerviosa y se alcanza el umbral de voltaje, se producirá el potencial de acción, un fenómeno bioeléctrico que marca el inicio del circuito de activación nerviosa aferente-eferente (Rosenzweig & Leiman, 1992), el primero se refiere al que viaja de los receptores hacia el cerebro y el segundo es el que se transmite desde el cerebro hacia efectores motores.

En síntesis, en la interacción entre el organismo y el entorno, los impulsos nerviosos originados en los receptores sensoriales llegan al cerebro y desde ahí, se orchestra la reacción cognoscitiva y motora en función de lo que se siente y se percibe (Fuster, 2022; Gazzaniga et al., 2014; Uexküll., 1926).

Además de los procesos de detección y reconocimiento de estímulos (sensación y percepción respectivamente), y de las subsiguientes reacciones motoras, hay funciones neuropsicológicas encargadas de mantener y evocar información; enfocar los sentidos en estímulos específicos y otros relacionados con el control del comportamiento (Kolb & Whishaw, 2016).

En este trabajo se determinarán los cambios con la edad de dos procesos neuropsicológicos relacionados con el control del comportamiento que son la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva, los cuales se han vinculado al funcionamiento de las cortezas prefrontales del cerebro.

En los próximos apartados se describirán de manera breve, los antecedentes del estudio de las estructuras nerviosas y sus funciones, con el propósito de conocer algunos puntos de vista y abordajes de su funcionamiento. Se revisarán también los aspectos anatómicos, fisiológicos y del desarrollo de los lóbulos frontales; pues se considera de capital importancia contar con nociones claras de la estructura para entrar en detalle al estudio de sus funciones (Churchland, 1986).

Antecedentes del estudio del funcionamiento cerebral

Los fenómenos psicológicos y su relación con el cerebro han sido estudiados desde hace miles de años. La evidencia más antigua de ello es el Papiro Quirúrgico de Edwin Smith que data del siglo XVII a.C. (van Middendorp et al., 2010). En este documento se describen casos de pacientes a los que intervenían con asepsias y trepanaciones y destaca la observación hecha en un hombre con lesión cervical, el cual presentaba parálisis general y alteraciones del habla, del que se dedujo una relación neurológica-funcional (Breasted, 1930).

Siglos más tarde, en la antigua Grecia se debatía si las funciones intelectuales se asentaban en el cerebro o en el corazón; posturas adoptadas a partir de las observaciones hechas en disecciones en animales y en pacientes con trastornos neurológicos como la epilepsia (Panegyres & Panegyres, 2016; Tsagkaris et al., 2021; Zanchin, 1992).

Hipócrates (460 a.C.-370 a.C.) sentenciaba:

“Conviene que la gente sepa que nuestros placeres, gozos, risas y juegos no proceden de otro lugar sino del cerebro, y lo mismo las penas y amarguras, sinsabores y llantos. Y por él precisamente, razonamos e intuimos, y vemos y oímos y distinguimos lo feo, lo bello, lo bueno, lo malo, lo agradable y lo desagradable, distinguiendo unas cosas de acuerdo con la norma acostumbrada, y percibiendo otras cosas de acuerdo con la conveniencia; y por eso al distinguir los placeres y los desagradados según los momentos oportunos no nos gustan siempre las mismas cosas. También por su causa enloquecemos y deliramos. Y todas estas cosas las padecemos a partir del cerebro, cuando este no está sano, sino que se pone más caliente de lo natural o bien más frío, más húmedo o más seco, o sufre alguna otra afección contraria a su naturaleza a la que no estaba acostumbrado” (García et al., 1983).

Galeno (130-200 d.C.) demostró la relación entre estructuras nerviosas y la función de sonidos vocales cuando seccionó los nervios recurrentes en el cuello de un cerdo provocando el cese del chillido del animal (Karenberg, 2009).

Si bien Galeno sostenía que el cerebro era el responsable de las funciones intelectuales, él no se refería al parénquima cerebral, sino a los ventrículos cerebrales, que son cavidades dentro de los hemisferios del cerebro por donde circula el líquido cefalorraquídeo; la idea de Galeno se mantuvo durante gran parte de la edad media.

El interés para determinar el papel de la corteza cerebral en las funciones intelectuales cobró relevancia con la *Schädellehre* o doctrina del cráneo, conocida tiempo después como Frenología, planteada por Franz J. Gall y Johann Spurzheim (García-Molina & Peña-Casanova, 2024). Los autores proponían que las facultades intelectuales se ubicaban en secciones delimitadas de la corteza y que el dominio que se tuviera en alguna capacidad se vería reflejado en el aumento de tamaño de esas áreas, lo que produciría cambios morfológicos en la bóveda del cráneo (Gall & Spurzheim, 1810).

Pierre Flourens en su trabajo *Examen de la phrénologie* (1845) critica la postura frenológica y la refuta al reportar procedimientos en los que extirpaba partes de la corteza cerebral de animales sin observarse las supuestas consecuencias que defendían los frenólogos. Flourens sostenía que las funciones del cerebro no se circunscriben en áreas corticales delimitadas, en lugar de eso, proponía un principio de equipotencialidad en la corteza (Flourens, 1824).

“Los hemisferios cerebrales contribuyen, por tanto, en su conjunto al pleno ejercicio de la inteligencia. Tan pronto como se pierde una sensación, se pierden todas; tan pronto como desaparece una facultad, desaparecen todas. Por lo tanto, no hay sedes diferentes para las diversas facultades, ni para las diversas sensaciones. La facultad de sentir, jugar y desear una cosa reside en el mismo lugar que la de sentir, jugar y desear otra; y, en consecuencia, esta facultad, esencialmente una, reside esencialmente en un solo órgano. La inteligencia es, por lo tanto, una”. (Flourens, 1845).

En 1861 Paul Pierre Broca aportó evidencia de la localización cortical del habla al relacionar una lesión en la corteza frontal izquierda en un paciente, con la alteración en la producción del lenguaje, manteniendo conservada la comprensión (Broca, 1861).

Las aportaciones de Broca y los avances en el campo de la neurofisiología sobre la naturaleza bioeléctrica de los impulsos nerviosos instigaron el interés por conocer más sobre la localización de otras funciones en la corteza. Los trabajos de Fritsch y Hitzig (2009) dieron cuenta de ello en sus experimentos de estimulación eléctrica en cortezas cerebrales de perros.

A las crecientes aportaciones neurofisiológicas se suma el trabajo de Carl Wernicke, en el que describe casos de lesiones en las regiones anteriores y posteriores de la corteza cerebral e identifica un trastorno del lenguaje distinto al de Broca, en los que los pacientes presentaban alteraciones en la comprensión del lenguaje y una conservada capacidad de producción del habla (Wernicke, 1874). Con estas evidencias toma fuerza una perspectiva Localizacionista de los procesos intelectuales del hombre.

En contraparte a la postura localizacionista, John Hughlings Jackson sostenía que en el cerebro había un orden jerárquico anatómico y funcional. Jackson formuló el principio de *Disolución*, donde explicaba que en caso de haber una lesión cortical motora primaria, las funciones resultantes corresponderían a un movimiento evolutivamente inferior, como el de un movimiento reflejo o automático. A esa involución se refería la Disolución (Jackson, 1887).

La perspectiva funcional jerárquica en la que se considera el involucramiento y la actividad de todas las regiones y estructuras encefálicas (Holista) y que se contrapone al localizacionismo es puntualizada por A.R. Luria con su modelo de Sistemas Funcionales (Luria, 1970), donde explicaba la

concomitancia entre los aspectos neuroanatómicos y los procesos psicológicos.

Luria enunció tres sistemas funcionales. El primero es el que regula el nivel de actividad cerebral y la vigilia; las estructuras cerebrales encargadas de estas funciones se encuentran en el tallo cerebral (formación reticular, bulbo raquídeo, protuberancia); el segundo sistema funcional es el que recibe, codifica y almacena la información, las áreas cerebrales relacionadas con estas funciones son las cortezas parietales, temporales y occipitales; y por último, el tercer sistema funcional, que es el encargado del control y autorregulación del comportamiento, la región cerebral relacionada con estas funciones son los lóbulos frontales del cerebro, específicamente la región prefrontal (Alexandr Romanovich Luria, 1973).

Cuando se presentan trastornos en las estructuras del primer sistema funcional (tallo cerebral) se altera la regulación del nivel de activación cerebral; cuando ocurren trastornos en el segundo sistema funcional (cortezas parietal, occipital y temporal) se alteran las funciones relacionadas con la recepción y codificación de información sensorial (Luria, 1970); cuando ocurre un trastornos en el tercer sistema funcional (lóbulos frontales) el paciente presenta alteraciones en su capacidad para programar, iniciar, supervisar y controlar su comportamiento (Lezak et al., 2012).

Las teorías y la evidencia sobre el funcionamiento cerebral y sus implicaciones cognoscitivas resultaron en el surgimiento de la neuropsicología, cuya aportación fundamental es el análisis de las funciones cerebrales y su relación con el comportamiento (Lezak et al., 2012; Luria, 1973; Stuss & Levine, 2002). Este campo de estudio integra la neurología, la fisiología y la psicología para estudiar la naturaleza del comportamiento del ser humano, el proceso de su desarrollo, así como la etiología de sus alteraciones y las consecuencias de estas.

Neuroanatomía y Neuropsicología de lóbulos frontales del cerebro

El cerebro se divide en hemisferios izquierdo y derecho. La parte externa de cada hemisferio corresponde a la corteza cerebral y se divide en cuatro lóbulos: occipitales, parietales, temporales y frontales.

Para ubicar los lóbulos en una vista lateral pueden tomarse como referencia la cisura central o de Rolando y la cisura lateral o de Silvio. De esta forma, los lóbulos temporales los encontramos por debajo de la cisura de Silvio, mientras que los lóbulos parietales y los occipitales se disponen por detrás de la cisura de Rolando. Por último, los lóbulos frontales se ubican por delante de la cisura de Rolando y por encima de la de Silvio. Ver Fig.1.

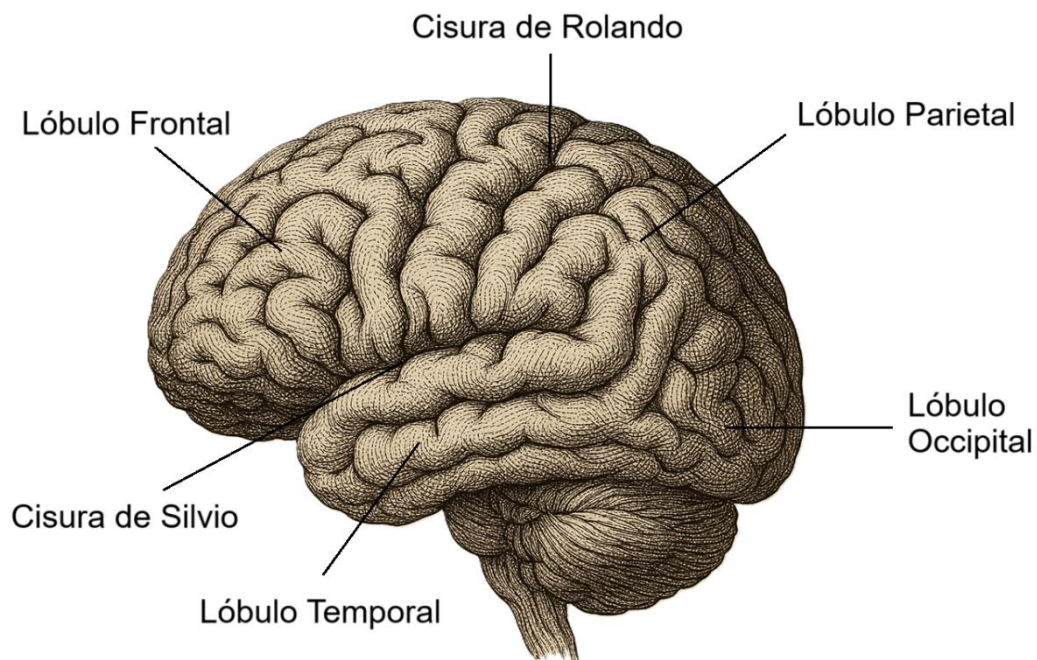


Figura. 1. Lóbulos de la corteza cerebral.

Cubriendo alrededor del 30% de toda la corteza (Brodmann, 2006), los lóbulos frontales se disponen en forma de pirámides de tres lados cuyo vértice se orienta hacia el polo anterior del cerebro (Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008). Las funciones de los lóbulos frontales se centran en el control motor, donde intervienen las áreas motoras primarias y las premotoras, así como en la regulación del comportamiento, donde las regiones prefrontales tienen un rol crucial (Mesulam, 2000; Petrides et al., 2012). Ver Fig. 2.

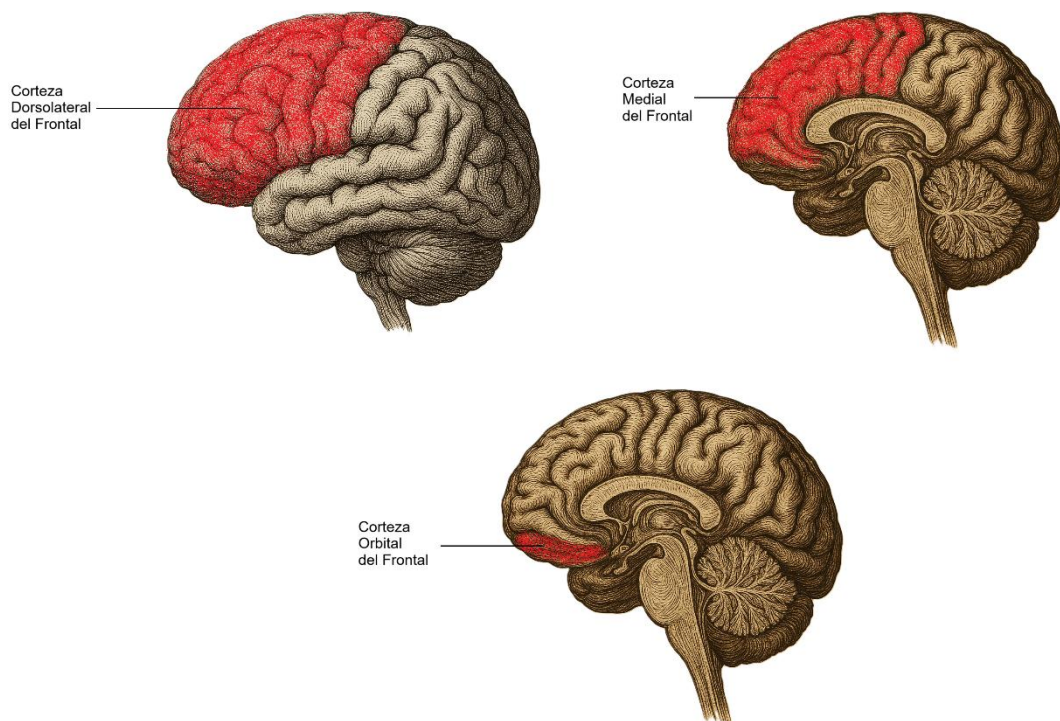


Figura. 2. Superficies frontales.

Las cortezas prefrontales representan las áreas de asociación frontales y se ubica justo por delante de las cortezas motoras primarias, premotoras y de la corteza motora suplementaria y sus superficies son la dorsolateral, la orbital y la medial (Jacobsen, 1935; Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008). Ver Fig. 3.

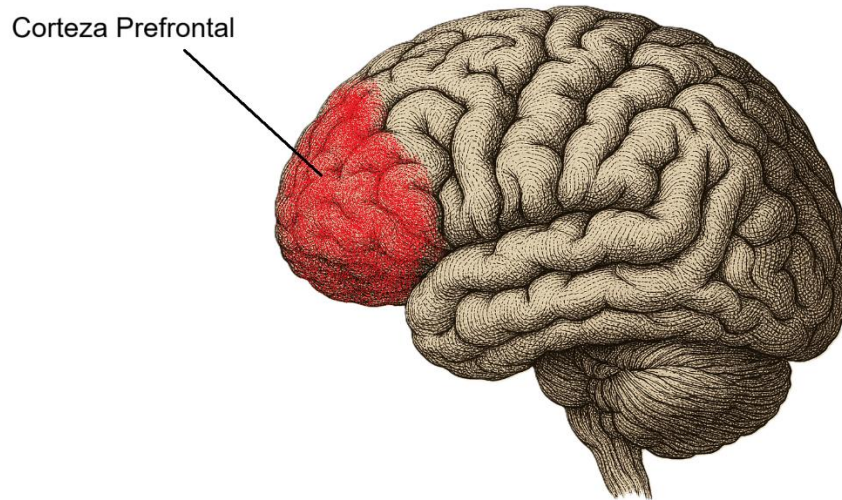


Figura. 3. Corteza Prefrontal.

Las funciones prefrontales pueden interpretarse como la última parte de una secuencia jerárquica (Essen & Maunsell, 1983) de fenómenos psicofisiológicos que inicia en los receptores sensoriales cuya activación genera impulsos nerviosos que pasan por los nervios periféricos; luego por la médula espinal y por las estructuras subcorticales; hasta llegar a las cortezas de proyección primero y las cortezas de asociación después (Pandya et al., 1996); donde el polo anterior de la corteza prefrontal representa lo más alto de la jerarquía haciéndose cargo de los procesos psicológicos más avanzados (Mesulam, 1986), como dar la dirección a los procesos cognoscitivos (Stuss & Levine, 2002), interviniendo en la activación nerviosa de prácticamente todas las áreas encefálicas (Barbas, 2015). Esto se sabe a partir de estudios de activación cortical (Risberg & Ingvar, 1973) y a las observaciones en pacientes con lesiones frontales (Owen et al., 1990).

Funciones de las cortezas prefrontales

Las cortezas prefrontales son las áreas cerebrales que supervisan las acciones (Malloy & Richardson, 1994), las mantienen en curso (Frith & Dolan, 1996), las adaptan a los requerimientos del entorno y suprimen las que son irrelevantes (Ardila, 2019; Siddiqui et al., 2008), activan la memoria de trabajo (Levy & Goldman-Rakic, 2000) y permiten el aprendizaje (Malloy & Richardson, 1994). Es la parte de corteza cerebral donde se establecen los patrones y secuencias de ejecución de una acción a partir de la activación recibida de diferentes circuitos nerviosos, que luego pasan a las cortezas premotoras y motoras primarias, siendo estas últimas las encargadas de la activación motora necesaria para la ejecución de las acciones planeadas (Fuster, 1993).

A diferencia de otras áreas cerebrales, las cortezas prefrontales se destacan por su grado de conectividad nerviosa (Mesulam, 2002). Reciben y envían proyecciones nerviosas a las cortezas orbitofrontales, a las cortezas asociativas parietales, temporales y occipitales; además, proyectan y reciben fibras nerviosas del giro cingulado, la corteza parahipocámpica, el núcleo caudado, el tálamo y la sustancia nigra del cerebro medio (Cummings, 1995; Mesulam, 2000).

La profusa conectividad nerviosa que guardan las cortezas frontales con los otros lóbulos y con estructuras subcorticales (Barbas, 2015; Du et al., 2020; Friedman & Robbins, 2022) explica su papel en la regulación de la actividad cortical en función de la ejecución de una tarea (Miller & Cohen, 2001; Ridderinkhof et al., 2004), así como en los niveles de activación encefálica desde el tallo cerebral (Goldman-Rakic, 1984; Alexandr Romanovich Luria, 1973); pues al ejecutar acciones enfocadas en la solución de problemas se requiere controlar y supervisar lo que se hace, retroalimentar los resultados y modificar las acciones si es necesario.

En la anatomía de las cortezas prefrontales se describen las regiones o áreas orbitales, mediales y laterales (Fuster, 2015).

La corteza orbitofrontal está estrechamente vinculada con las emociones, el reforzamiento, el aprendizaje en función del aspecto afectivo de la experiencia (Rolls & Grabenhorst, 2008) y la toma de decisiones (Kringelbach & Rolls, 2004) y el reconocimiento de las emociones a partir de la expresión facial y la voz (Hornak et al., 1996). Tienen conexiones con estructuras del sistema límbico (Öngür & Price, 2000) y reciben aferencias somatosensoriales del gusto y el olfato (Rolls, 2004). Además, presentan conexiones con la corteza frontal dorsolateral, mesencéfalo, núcleos del rafe, tálamo y corteza prefrontal (Cummings, 1995).

La corteza medial del lóbulo frontal está relacionada con la autorregulación del comportamiento (Stuss & Levine, 2002) al determinar el valor de la recompensa objetivo y establecer la secuencia de acciones para alcanzarla (Rushworth et al., 2011). Se describen diferentes funciones de acuerdo con las regiones prefrontales ventromediales y dorsomediales (Baetens et al., 2017; Simon et al., 2021). Por un lado, las regiones ventromediales se asocian a la toma de decisiones en función de las emociones y la evaluación de consecuencias (Bechara et al., 2000) y al monitoreo de la acción a partir de la recompensa (Ridderinkhof et al., 2004).

Por otro, la región dorsomedial del lóbulo frontal se relaciona con la elaboración de juicios de los estados mentales (Baetens et al., 2017), permite identificar posibles errores en la ejecución de la acción (Modirrousta & Fellows, 2008) y contribuye en la toma de decisiones y la selección de las acciones a ejecutarse en una tarea (Rushworth et al., 2007). También se le ha asociado con la toma de decisiones en función del costo asociado a la adquisición de información social que guíe las decisiones de las acciones (Ridderinkhof et al., 2007; Rushworth et al., 2004).

La corteza medial del prefrontal tiene aferencias provenientes de la corteza frontal dorsolateral, sistema límbico, área tegmental ventral, núcleo accumbens, hipotálamo, sustancia nigra y corteza entorrinal y envía eferencias hacia el septum, la sustancia gris periacueductal, el núcleo medial del hipotálamo y a la corteza frontal dorsolateral (Cummings, 1995).

Ya que las regiones orbitales y las mediales del prefrontal reciben aferencias de estructuras límbicas como la amígdala (Barbas et al., 2011) y el hipocampo (Cavada et al., 2000), es preciso diferenciar que rol juegan cada una de ellas, en el comportamiento. En el trabajo de Bouret y Richmond (2010), los autores plantearon un estudio para analizar la premisa de si la motivación para llevar a cabo una acción que predisponga acceder a una recompensa está en función de factores externos (que se detectan con los sentidos) o bien, a variables fisiológicas internas como la saciedad. Para ello, se trabajó con monos y se registró la actividad neuronal entre las regiones límbicas y las regiones prefrontales, antes mencionadas, mientras se manipulaban variables internas y externas.

Los autores encontraron que la actividad de la corteza orbital del prefrontal se relaciona con los procesos motivacionales ante factores externos, lo que se explicaría por la conectividad que tiene con las cortezas sensoriales y con la amígdala; mientras que la actividad de corteza medial prefrontal se relaciona con los elementos fisiológicos internos, al parecer, debido a las conexiones nerviosas existentes con la amígdala y algunos con núcleos hipotalámicos que lo vincula a procesos fisiológicos autónomos.

La región prefrontal lateral presenta una organización funcional en dos regiones que se definen como corteza prefrontal ventrolateral y corteza prefrontal dorsolateral (Petrides & Pandya, 2002). La corteza prefrontal dorsolateral se asocia al monitoreo de la información sensorial (Petrides, 2005), atención selectiva (Mesulam, 1981), la memoria de trabajo y la elaboración del

plan motor (Miller & Cohen, 2001; Tan et al., 2023), mientras que, la corteza prefrontal ventrolateral se encarga de evaluar la información sensorial (Longe et al., 2009) principalmente visual, auditiva y somática; también se relaciona con la inhibición y la toma de decisiones (Sakagami & Pan, 2007). Tienen aferencias de las cortezas sensitivas (Barbas & Mesulam, 1981; Carmichael & Price, 1995), así como del cerebelo (Glickstein & Doron, 2008).

Cuando una lesión cerebral compromete a las áreas prefrontales del cerebro es probable que se altere la organización de acciones para solucionar problemas (Luria, 2011; Milner & Petrides, 1984), que los pacientes se vuelvan desinhibidos, apáticos, sin iniciativa, ni espontaneidad (Mesulam, 1986); no corrigen los errores y se muestran indiferentes (Tucker et al., 1995). Cabe señalar que los pacientes con daño frontal no siempre presentarán dificultades en el lenguaje o en las funciones motoras (Jouandet & Gazzaniga, 1979). Ningún caso de daño cerebral es igual a otro y las alteraciones dependerán del tipo y área afectada en cada paciente.

Del estudio y análisis de los efectos de las lesiones en las regiones frontales del cerebro se entiende que las acciones voluntarias para resolver un problema son antecedidas por la intención, el plan y el inicio de la ejecución. Una vez que se opta por un plan (set de acciones) se activa su ejecución con carácter prioritario y es función de los procesos neuropsicológicos mantenerlo y supervisarlos para determinar si se sigue llevando a cabo de la misma forma o si requiere algún ajuste o modificación. De tal forma, se evidencia la interacción entre los procesos cognoscitivos que se ponen en marcha para organizar el comportamiento y orientarlo de manera eficiente al logro de un objetivo.

En neuropsicología, los procesos cognoscitivos relacionados con el comportamiento organizado para la solución de problemas se definen como funciones ejecutivas (Fernandez-Duque et al., 2000) y su correlato anatómico

son las cortezas prefrontales (Burgess & Stuss, 2017; Carpenter et al., 2000; Catani, 2019; Fuster, 2019; Goldman-Rakic et al., 1997; Luria, 1973).

Funciones Ejecutivas

Al analizar los efectos de lesión prefrontal, Luria (1973b, 1973a) destacó las alteraciones para ejecutar la organización de estrategias, así como para llevar a cabo planes de acción intencionados dirigidos a una meta. Pribram (1973) por su parte, señaló a las cortezas prefrontales la responsabilidad de implementar programas ejecutivos que resultaban en una conducta.

Alrededor de una década más tarde, Lezak (1982) definió a las funciones ejecutivas como “las capacidades mentales necesarias para formular metas, planear cómo alcanzarlas y llevar a cabo ese plan de manera eficiente”. Es decir, son los procesos psicológicos (Stuss & Alexander, 2000), que controlan y regulan el comportamiento dirigido a una meta (Lezak et al., 2012) o bien para la solución de problemas (Godefroy, 2003). En este trabajo se conceptualiza a las funciones ejecutivas como los procesos cognoscitivos que hacen posible la toma de decisiones, la auto regulación y la solución de problemas (Valdez et al., 2005).

Componentes de las Funciones Ejecutivas

Las funciones ejecutivas se refieren a los procesos cognoscitivos que se activan de manera simultánea para identificar un problema y organizar el comportamiento orientado a una solución. El consenso para determinar de forma definitiva de qué procesos se trata sigue siendo materia de estudio.

En el presente trabajo, se consideran como componentes de las funciones ejecutivas a la planeación, control inhibitorio y la flexibilidad cognoscitiva (Luria, 2011). El adecuado funcionamiento y la activación de estos procesos hace

posible iniciar un comportamiento, ejecutarlo de acuerdo con un plan, preponderarlo sobre otros estímulos, supervisar las acciones y adaptarlas para resolver un problema (Anderson et al., 2002; Miyake et al., 2000; Stuss, 1992).

Planeación

Considerado como un proceso psicológico de alto orden (Grafman, 1994), la planeación se refiere a la capacidad de para organizar funciones cognoscitivas y del comportamiento en el tiempo y el espacio en función de una meta, solución u objetivo (Owen, 1997).

Algunas de las tareas utilizadas para estudiar la capacidad de planeación son la Torre de Hanoi y la Torre de Londres (Shallice, 1982); sin embargo, Goel y Grafman (1995) afirman que esas pruebas no son las idóneas para tal propósito, ya que las fallas en su ejecución por parte de los pacientes frontales, se deben a deficiencias en la memoria de trabajo y en la capacidad de inhibición, más que en las de hacer un plan.

Las fallas en la planeación se han documentado en pacientes con lesiones frontales (Owen et al., 1996), no obstante, existe evidencia de que daños en estructuras subcorticales como los ganglios basales (Robbins et al., 1992) o el cerebelo (Grafman et al., 1992), también producen alteraciones en la planeación; lo que indica que se trata de una función en la que intervienen otros procesos cognoscitivos y motores.

Inhibición Cognoscitiva

La capacidad de bloquear pensamientos y acciones que no son relevantes para los objetivos establecidos es clave para regular el comportamiento (Logan, 1985). La inhibición cognoscitiva es el proceso que se encarga de suprimir la

tendencia o predisposición para ejecutar acciones irrelevantes y llevar a cabo aquellas que resultan apropiadas para el logro del mismo (Barkley, 1997; Bjorklund & Harnishfeger, 1995; Diamond, 2011; Friedman & Miyake, 2004; Luria, 2011; Wright et al., 2003).

La influencia de la inhibición en el control del comportamiento se explica, por un lado, a partir de la interacción con procesos como la memoria, atención y emociones (Diamond, 2014; Watson & Bell, 2013) y por otro, en relación con el control sobre la supresión de respuestas motoras (Logan & Cowan, 1984).

De acuerdo con Diamond (2020), el proceso inhibitorio es el responsable de suprimir la tendencia o el impulso para responder de una forma y en su lugar, hacer algo distinto, en función de una meta. Un ejemplo de lo anterior es el fenómeno observado en la tarea Stroop, cuando se solicita a una persona que diga el color de la tinta de una palabra impresa, que corresponde al nombre de un color incongruente a la tinta (nombrar la tinta verde en una palabra que dice azul). En este caso, la persona deberá inhibir la tendencia de leer la palabra y en lugar de eso decir el color de la tinta.

Áreas cerebrales que participan en la Inhibición Cognoscitiva

Estudios de neuroimagen funcional han documentado la relación entre el funcionamiento de la inhibición cognoscitiva y las cortezas prefrontales dorsolaterales (CPF DL) y las ventrolaterales (CPF VL), así como la región anterior de la corteza cingulada; donde la CPF VL presenta un incremento de actividad cuando se requiere una respuesta motora automatizada; mientras que la CPF DL lo hace ante comportamientos impulsivos (Aron, 2007; Aron et al., 2004). Por otro lado, un estudio hecho por Garavan (1999) reportó la lateralización derecha de la activación de las cortezas dorsales y ventrales del frontal al realizar una tarea de inhibición.

La activación de diferentes áreas frontales, así como la de estructuras límbicas, sugiere que los mecanismos de inhibición se activan en las diferentes fases del procesamiento de información, que va desde la activación cortical al detectar un estímulo hasta el involucramiento de los aspectos motivacionales del control cognoscitivo (Horn et al., 2003).

Flexibilidad Cognoscitiva

*"En los mismos ríos entramos y no entramos,
somos y no somos".*

Heráclito, "el Oscuro" de Éfeso.

Para sobrevivir, las especies se adaptan al medio ambiente. Sin embargo, el entorno no es estático y cambia constantemente; por lo que los organismos requieren regular el comportamiento para hacer frente de manera eficiente a las situaciones cotidianas emergentes.

La flexibilidad cognoscitiva se refiere a la capacidad de las personas para adaptar el funcionamiento psicológico (Ionescu, 2012) y las acciones a partir de las nuevas situaciones o requerimientos del contexto de forma eficiente (Braem & Egner, 2018; Eslinger & Grattan, 1993; Hohl & Dolcos, s. f.; Akira Miyake et al., 2000; Monsell, 2003; Steinke & Kopp, 2020).

Uno de los estudios pioneros sobre la capacidad de las personas para adaptar el funcionamiento cognoscitivo fue llevado a cabo por Arthur Jersild (1927). En su trabajo "Mental Set and Shift", Jersild pedía a los participantes que completaran una lista de reactivos en la que debían hacer un solo tipo de operación aritmética, ya sea de adición o de sustracción y posteriormente, se les pedía que ejecutaran una tarea en la que debían alternar operaciones aritméticas de adición y sustracción de forma simultánea.

De ese trabajo se obtuvo información sobre la ejecución y el tiempo que requiere llevar a cabo una tarea de actividades alternantes (Coste de cambio). A este formato para registrar la flexibilidad cognoscitiva se le denomina Tareas de Cambio (Task Switching) (Monsell, 2003).

Áreas cerebrales que participan en la Flexibilidad Cognoscitiva

Estudios de Imagen por Resonancia Magnética Funcional han mostrado incrementos de la actividad de la Corteza Dorsolateral del lóbulo Frontal cuando se ejecutan tareas que requieren cambio del set mental (Monchi et al., 2001). Además se ha documentado el involucramiento de la corteza orbitofrontal en la evaluación de las respuestas en relación al cambio y a las consecuencias de este (Rolls, 2004).

También se ha reportado la contribución de la región anterior de la Corteza cingulada anterior como la parte del cerebro encargada de intervenir en el monitoreo del conflicto en una tarea y de la detección de errores (Botvinick et al., 2001); así como en la evaluación del costo-beneficio en la eficiencia del comportamiento y su recompensa en situaciones cambiantes (Shenhav et al., 2013).

Funciones ejecutivas y comportamiento

Para organizar el comportamiento y dirigirlo de manera eficiente hacia el logro de una meta, se requiere de la interacción funcional de una serie de procesos cognoscitivos, a partir de la cual se determinan los elementos de una situación a resolverse; se seleccionan factores ambientales y se prescinde de otros; se establece un set de acción, se monitorea la ejecución y se adapta en caso de ser necesario. De tal interacción se conforma un plan de acciones que han de ejecutarse, siendo ese plan la variable en torno de la cual, procesos

como la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva entran en acción para un desempeño exitoso y adaptativo.

Desarrollo Cerebral, Frontal y de las Funciones Ejecutivas

El cerebro al igual que otros órganos del cuerpo presenta cambios con el paso del tiempo (Rosch & Mostofsky, 2019). Su desarrollo comienza alrededor de la cuarta semana de gestación cuando, de la placa neural se forma el tubo neural, resultante de la neurulación embrionaria (Sadler, 2019).

En las semanas cinco y seis de gestación, y con la influencia de factores epigenéticos, ocurre la proliferación y diferenciación neuronal (Ghashghaei et al., 2007); alrededor de la semana ocho comienza la migración celular (Galakhova et al., 2022; Kornack & Rakic, 1995) manteniéndose durante 20 semanas más (Gupta et al., 2005); posterior a la migración celular, inicia la arborización dendrítica y la organización laminar de la corteza cerebral, hasta conformarse al final del tercer trimestre de gestación (Kostović et al., 1995); en ese mismo período, la sinaptogénesis alcanza su pico más alto, superando las 40,000 conexiones por segundo (Tau & Peterson, 2010), y finalmente, en el lapso perinatal, aparece la poda sináptica (Kolk & Rakic, 2022).

En la corteza cerebral, los cuerpos de las neuronas se organizan en seis capas conformando la sustancia gris y los axones son proyectados hacia la parte interna del encéfalo integrando la sustancia blanca, cuyo aspecto blanquecino se debe a la mielina de los oligodendrocitos que recubre a las prolongaciones axónicas (Schmahmann et al., 2008; Schoenberg et al., 2011). La mielinización de los axones comienza desde las etapas tempranas del desarrollo intrauterino (Fletcher et al., 2021) y finaliza hacia los 22 años de vida (St. James-Roberts, 1979); por su parte, la arborización dendrítica y la poda sináptica se continúan después del nacimiento (Bourgeois, 1997; Levitt, 2003);

al igual que el desarrollo de la corteza cerebral, que prosigue hasta la pubertad (Thatcher, 1992).

Con respecto a las cortezas prefrontales, estas áreas cerebrales presentan varios picos de desarrollo: a los dos años (Thatcher, 1991), de los seis a los nueve años (Romine & Reynolds, 2005) y de los 16 a los 21 años (Hudspeth & Pribram, 1990). En este período se incrementa el grosor de la sustancia gris y de la sustancia blanca (Sung et al., 2021), y la conectividad con otras áreas encefálicas, corticales y subcorticales (Cummings, 1995). Los cambios que ocurren durante el desarrollo de las cortezas frontales se corresponden con una mejor interacción entre las personas y sus entornos (Craig & Bialystok, 2006; Greenough et al., 2002; Rosenzweig & Bennett, 1996).

En la etapa adulta, la corteza prefrontal mantiene una relativa estabilidad estructural (Huttenlocher, 1979); sin embargo, a partir de los 35 años aparecen cambios en su citoarquitectura, como son la disminución del grosor cortical (Salat et al., 2004), producto de la pérdida gradual de las materias gris y sustancia blanca (Bartzokis et al., 2001); además de un decremento en la densidad de las conexiones con otras cortezas de asociación (Tisserand et al., 2002). Estos cambios se van produciendo de forma gradual y crónica (Hedman et al., 2012).

Hacia los 70 años, las cortezas prefrontales muestran una clara degeneración histológica (de Brabander et al., 1998); al parecer por una deficiencia en el proceso de transcripción genética (Erraji-Benchekroun et al., 2005). De tal forma que alrededor de los 90 años el cerebro ha disminuido entre un 10%-15% del peso que tenía en la edad adulta (Dekaban & Sadowsky, 1978); donde el córtex prefrontal, medial del temporal y occipital son los más afectados en cuanto a la disminución del tejido nervioso (Gordon et al., 2008).

En resumen, la relación entre la edad y la degeneración neuronal es directa, a más edad, mayor es el índice de pérdida de tejido cerebral (Raz et al., 1997) por lo que no es de extrañar que en los adultos mayores haya un deterioro en el funcionamiento de procesos como la memoria y la toma de decisiones (Fuster, 2015; Zanto & Gazzaley, 2019).

Cambios con la edad en los procesos psicológicos

Para determinar el grado de control que las personas tienen sobre sus acciones, es pertinente considerar el desarrollo estructural que acontece en las estructuras nerviosas (Anderson, 1998), así como diseñar tareas neuropsicológicas para someter a las personas a situaciones en las que se requiera retener información, atender a uno o varios estímulos de forma simultánea; cambiar de estrategias de acción o suprimir acciones y cogniciones para lograr una meta.

Los cambios histológicos y fisiológicos del tejido nervioso ocurren a partir de las experiencias que tengan las personas con el entorno (DiNuzzo et al., 2022; Li et al., 2023; Pileckyte & Soto-Faraco, 2024) en las que ocurre una constante recepción de estímulos, generación de impulsos nerviosos y reacciones del sistema nervioso en desarrollo.

En esa interacción, las personas van desarrollando la capacidad de prever, reflexionar, crear y resolver (Gottlieb et al., 2006). Esto es posible, ya que el cerebro presenta un patrón de organización jerárquico y funcional mediante el cual las personas se adaptan de forma natural al ambiente (Fuster, 2017; Pribram & Ramírez, 1995).

Un modelo de organización jerárquica de la actividad cognoscitiva fue propuesto por Luria (1973), quien sugirió la acción de tres bloques funcionales y sus respectivos correlatos anatómicos, para explicar la interacción adaptativa

de las personas con el entorno. El primer bloque se conforma por estructuras del tronco encefálico y es el que regula el nivel de actividad cerebral; el segundo bloque corresponde a las cortezas parietales, occipitales y frontales, cuya función es la recepción y codificación sensorial. Por último, el autor ubica al tercer bloque en los lóbulos frontales y en las cortezas prefrontales, siendo estas últimas las regiones corticales responsables del procesamiento cognoscitivo necesario para planear y ejecutar el comportamiento dirigido a una meta (Catani, 2019; Friedman & Robbins, 2022).

Estudios sobre el desarrollo cognitivo indican que la regulación del comportamiento presenta una evolución acelerada en la niñez particularmente a partir de los cinco años (Hodel, 2018), y que se alcanza un desarrollo adulto hacia 12 a los 15 años (De Luca et al., 2003; Luciana & Nelson, 2002). Algunos autores señalan que los procesos neuropsicológicos involucrados en el control del comportamiento no tienen el mismo curso de desarrollo, como es el caso de la atención, ya que es necesario un adecuado funcionamiento atencional para un eficiente control de la flexibilidad y de la inhibición (Anderson, 2002). Lo anterior sugiere que para que haya un pleno control de las funciones psicológicas como el que se presenta en la edad adulta, deben primero desarrollarse funciones “básicas” sobre las cuales van desarrollándose otras de “alto orden” como la planeación.

Una de las funciones clave en el control del comportamiento es la inhibición cognoscitiva, que es un proceso neuropsicológico que consiste en la capacidad de suprimir la tendencia o predisposición para ejecutar acciones irrelevantes respecto a un objetivo y llevar a cabo aquellas que resultan apropiadas para el logro de este (Harnishfeger, 1995; Nigg, 2000). De acuerdo con algunos autores, la inhibición cognoscitiva interactúa con la memoria y la atención (Carlson & Moses, 2001; Harnishfeger & Bjorklund, 1993); su desarrollo inicia a los 3 años (Kochanska et al., 1996) y se continúa en la adolescencia (Luria, 1961).

Tareas para evaluar la Inhibición Cognoscitiva

La inhibición cognoscitiva se ha estudiado en diferentes grupos de edad mediante diferentes procedimientos experimentales tales como el *Tapping Test*, *Tarea Go/No-Go*, *Tarea Stop Signal*, (Christ et al., 2001); así como la *Tarea Stroop*.

En un estudio hecho por Denckla (1973), se evaluaron los cambios con la edad en la velocidad de los movimientos finos en una muestra 237 de niños de 5 a 8 años utilizando el *Tapping Test* en dos modalidades: Tarea de movimientos repetitivos y Tarea de movimientos sucesivos. En ese estudio la autora aportó información sobre el aumento en la velocidad de respuesta con la edad, dominancia hemisférica en la ejecución de las tareas y diferencias por sexo.

En la *Tarea Go/No-Go* se le presentan una serie de estímulos visuales o auditivos a los pacientes o participantes y se les pide que ejecuten una respuesta rápida (por ejemplo, presionar un botón) para ciertos estímulos denominados "Go", mientras que deben suprimirlas cuando aparece un estímulo diferente, denominado No-Go. En esas tareas se genera una respuesta preponderante a favor de las señales "Go" lo que condiciona a suprimir la tendencia automática cuando se presenta un estímulo No-Go (Christ et al., 2001).

Estudios donde se ha utilizado la *Tarea Go/No Go*, han mostrado una mejora con la edad con una mayor cantidad de errores en la edad infantil (Durston et al., 2002); mejorando en la adolescencia (Casey et al., 1997); hasta alcanzar el pico de eficiencia en la adultez y presentar un deterioro de la función inhibitoria en los adultos mayores (Williams et al., 1999).

Sin embargo, la *Tarea Go/No Go* es un instrumento poco sensible a la inhibición cognitiva, pues los dos criterios presentados en la prueba (Go-No go) pueden ser considerados como indicadores de la inhibición, dado que en su aplicación la expectativa del estímulo por aparecer genera incertidumbre y se debe suprimir la tendencia de responder, de forma que no aísla el fenómeno inhibitorio, sino que entran en acción otras funciones cognitivas como la atención y la toma de decisiones. Cabe señalar que tampoco queda claro si se aborda la inhibición cognitiva o la inhibición del comportamiento. Por otro lado, en su aplicación hay una baja frecuencia de estímulos “no-go”, lo que representa un sesgo en el índice de respuestas pues la cantidad de errores cambia en función de la cantidad de reactivos “go” o “no go” en la prueba. En caso de pretender evaluar la inhibición cognitiva con este tipo de tarea, deberá considerarse la posibilidad de usar otras pruebas cuya certeza para determinar los indicadores la inhibición cognitiva tenga validez y así tener la posibilidad de contrastar los resultados de cada una.

Un paradigma similar al Go/No Go es el *Tarea Stop Signal*, propuesto por Logan y Cowan (1984). En su modelo, los autores explican los procesos neuropsicológicos como una competencia entre la ejecución de una acción o cognición y la inhibición en función de una señal. A partir de esta conceptualización proponen la Stop-Signal Task para medir la capacidad de suprimir la tendencia para ejecutar acciones que pueden ser automáticas o sobre aprendidas. En el paradigma Stop-Signal Task se pide a los participantes que responda lo más rápido posible a un estímulo (por ejemplo, presionar una tecla cuando aparece un símbolo en una pantalla) y deberán inhibir esa ejecución en caso de que aparezca una señal, como un sonido, después del estímulo.

Al igual que ocurre con la tarea *Go/No-go*, la *Tarea Stop Signal* no mide inhibición de manera aislada, pues en su ejecución intervienen aspectos como la detección de señales estímulo lo que requiere la implementación de

funciones perceptivas y de la atención, no sólo de la inhibición. En el ámbito clínico, su confiabilidad es limitada pues tiene baja fiabilidad test-retest; además, por su diseño, es posible que se generen estrategias de respuesta, lo que influye en los resultados y en su rendimiento.

Tarea Stroop

En contraste con los instrumentos antes mencionados para estudiar el fenómeno de la inhibición cognoscitiva, la *Tarea Stroop Palabra-Color* (1935) se caracteriza por su alta sensibilidad a la interferencia y permite medir la capacidad para suprimir respuestas automáticas, es decir, proporciona indicadores claros del proceso inhibitorio. Además, su aplicación es breve y sencilla, lo que facilita su uso en los ámbitos clínicos y de laboratorio. Cuenta con una amplia evidencia empírica y diagnóstica y se han desarrollado diferentes versiones en distintos idiomas, así como con estímulos numéricos, no verbales.

En el estudio original, el autor diseñó experimentos para analizar los tiempos de reacción y la interferencia que se presenta cuando se les pide a las personas que lean una serie de nombres de colores y cuando se les pide que nombren el color de la tinta de una palabra que nombra un color incongruente.

En el primer experimento que llamó *Experiment I: The Effect of Interfering Color Stimuli Upon Reading Names of Colors Serially*, se registraron los tiempos que les llevó a las personas leer una serie de 100 palabras que eran nombres de colores (rojo, azul, café y verde) impresos en tinta negra y los tiempos que les llevó leer los 100 estímulos que correspondían a nombres de los colores (rojo, azul, café y verde), pero que estaban impresos en un color incongruente al nombre del color escrito, es decir, si la palabra era rojo, podía estar impreso en tinta azul, verde o café. En los resultados se observó que los participantes del estudio tardaron poco más de 2 segundos en promedio para

leer los nombres de los colores impresos en una tinta incongruente, en comparación con la lectura de los colores impresos en tinta negra.

El principal hallazgo de ese estudio se observaría en el experimento 2: *The Effect of Interfering Word Stimuli upon Naming Colors Serially*. Aquí se registraron los tiempos para nombrar los colores (rojo, azul, café y verde) de 100 recuadros y para decir el color de la tinta (rojo, azul, café y verde) de 100 palabras que nombraban un color incongruente al color de la tinta.

Se encontró un aumento importante en el tiempo que requirió la muestra para completar la tarea de decir el color de la tinta en palabras que nombraban colores incongruentes con respecto al resto de todas las tareas del experimento 1 y 2. Hubo una diferencia de 69.3 s. con respecto a la tarea de leer los nombres de los colores en tinta negra; una diferencia de 67 s. con respecto a la tarea de leer las palabras impresas en diferentes colores y una diferencia de 47 s. con respecto a la tarea de decir el color de los recuadros.

En la tarea Stroop se considera como indicador de la inhibición cognoscitiva a la capacidad para controlar la interferencia y suprimir la respuesta automática de leer y en su lugar nombrar el color en el que están impresas las palabras (Archibald & Kerns, 1999). Al fenómeno de interferencia en esta tarea se le conoce como efecto Stroop (Bugg et al., 2007; MacLeod, 2014).

Una modalidad de la tarea Stroop es la *Tarea Stroop Reverse*, el cual está enfocado en el estudio de la interferencia. En este paradigma se pide a los participantes que lean nombres de colores (por ejemplo, "azul"), ignorando el color de la tinta (por ejemplo, verde). En teoría, dado que la lectura es un proceso automatizado, no debería haber interferencia (Durgin, 2000).

Investigaciones han demostrado que puede haber interferencia en función del método de respuesta requerido. Cuando se utilizan métodos de respuesta como el seguimiento del ratón o señalar con el dedo, se ha observado que los colores incongruentes ralentizan la lectura de las palabras, lo que indica una forma de interferencia (Yamamoto et al., 2016).

Cabe señalar que existen algunas limitaciones para el uso generalizado de la *Tarea Stroop Reverse*. Una de las principales es que hay mayor efecto de interferencia cuando se requiere de respuestas motoras, como el uso de un ratón de computadora; esto limita la generalización del efecto buscado si se solicitan distintas respuestas. En otras palabras, los resultados de su aplicación están en función del contexto experimental. Además, la teoría y la evidencia como herramienta diagnóstica y experimental orientado en el estudio de la inhibición cognoscitiva son escasas.

La *Tarea Stroop de Criterios cambiantes* (Borrani et al., 2015; Ramírez et al., 2012), es una prueba diseñada para proporcionar indicadores de la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva. En esta versión de la prueba Stroop, se presentan cuatro columnas de 12 palabras cada una sobre un fondo blanco y la mitad de las palabras de cada columna está señalada con un punto negro de lado izquierdo. Las palabras corresponden a los nombres de cuatro colores que son: ROJO, VERDE, AZUL y CAFÉ y están escritas en un color incongruente al que nombran, por ejemplo, la palabra "AZUL" está en color en verde, rojo o café. La disposición de las palabras, de los colores y de los puntos es aleatoria y se consideró que las palabras estímulo fueran de dos sílabas.

En esta prueba los participantes deben ejecutar cuatro tareas: En la primera deben leer todas las palabras, en la segunda deben nombrar el color en el que están las palabras, en la tercera deben leer las palabras que tienen un punto de lado izquierdo y nombrar el color que no lo tienen y en la cuarta

tarea deben nombrar el color de las palabras señaladas con un punto y leer las que no lo tengan. En la tarea de leer las palabras, los tiempos y los errores en la ejecución son indicadores de la habilidad de la articulación verbal. Los tiempos y errores en la tarea de nombrar los colores arroja indicadores de la inhibición cognoscitiva. Las últimas dos tareas, referentes a los criterios de cambio proporcionan indicadores de la flexibilidad cognoscitiva.

La prueba ha sido empleada para registrar patrones circadianos en los componentes de las funciones ejecutivas y en poblaciones de menores de edad en conflicto con la ley.

En el trabajo de Ramírez et al., (2012), los autores reportaron variaciones en la inhibición durante el día y una correlación entre el tiempo de ejecución y la temperatura rectal de los participantes.

En el trabajo de Borrani et al., (2015), la prueba se aplicó a 81 varones menores de edad distribuidos en tres grupos: un grupo delincuentes juveniles en internamiento; un grupo emparejado por edad y otro grupo emparejado por edad y escolaridad. Los autores encontraron que los tiempos y errores en la tarea de nombrar el color (indicadores de la inhibición cognoscitiva) fueron más altos en los menores infractores y en el grupo emparejado por edad y escolaridad.

Tarea Stroop en el desarrollo

En cuanto al uso de la tarea Stroop en la investigación del desarrollo de procesos neuropsicológicos, la prueba se ha empleado en grupos de personas de diferentes edades. Uno de los primeros estudios que abordó el efecto de la edad sobre el rendimiento en la prueba fue el de Comalli, Wapner y Werner (1962). Ese estudio incluía a 235 personas de entre 7 y 80 años, quienes debían leer una lista de 100 palabras que nombraban los colores azul, verde y rojo,

luego debían nombrar el color (azul verde o rojo) en 100 recuadros y finalmente debían nombrar el color en que estaba impresa la palabra que nombraba un color incongruente al color de la tinta. Se midieron los tiempos para completar cada una de las tres tareas y se observó que la ejecución era más rápida con el aumento de la edad de la muestra, la velocidad se volvía estable en la edad adulta y se volvía a incrementar en la edad avanzada.

Ampliando estos hallazgos, Uttl y Graf (1997) analizaron el desempeño de la tarea Stroop en una muestra de 337 personas entre 12 y 83 años. Los autores observaron que la interferencia Stroop aumenta gradualmente a partir del grupo de 30 a 39 años, lo que sugiere un deterioro específico en el control inhibitorio asociado con el envejecimiento.

En los trabajos de Comalli, Wapner y Werner (1962) y de Uttl y Graf (1997) a pesar de aplicarse la prueba Stroop a poblaciones con un amplio rango de edades, las muestras son de 235 y 310 participantes, respectivamente y los grupos de edad en el estudio de Comalli y colegas, los rangos de edad presentan diferentes variaciones según las edades de los participantes las cuales van desde un año en la población más pequeña, hasta 15 años en la población más longeva, lo cual puede incidir en el análisis del desarrollo cognitivo debido al rango elevado de años en cada grupo, pues valdría la pena tener información más detallada sobre los cambios en la ejecución en la población de adultos jóvenes y los adultos mayores. Por su parte, en el trabajo de Uttl y Graf, la muestra comprende a una población a partir de los 12 años y los rangos de edades entre los grupos son de ocho y nueve años, por un lado, los autores prescinden de niños de edad escolar, omitiendo parte fundamental de la información si se pretende abordar el desarrollo de las funciones neuropsicológicas y por otro, como en el caso de Comalli y colegas, con el amplio rango de edades en los grupos, se pierde información sobre lo que ocurre con el desarrollo cognitivo entre las diferentes etapas de la vida.

En el trabajo de León-Carrión y colegas (2004) para estudiar el proceso de la inhibición cognoscitiva en niños y adolescentes, se registró la ejecución con una versión computarizada de la prueba Stroop de 99 participantes (51 mujeres y 48 hombres) de entre 6 y 17 años. Las variables que se midieron fueron los tiempos de respuesta y los porcentajes de errores en cada condición. Los autores encontraron que no hubo efectos relacionados con el sexo en las variables estudiadas y que la edad está relacionada con los tiempos de lectura y en la cantidad de errores al decir los colores. Con incrementos en la edad, los tiempos de respuesta y la cantidad de errores disminuyeron. Los autores concluyeron que inhibición cognoscitiva mejora durante la adolescencia y que ésta no difiere entre sexos. El estudio proporciona información de los cambios del proceso de IC pero sólo hasta la adolescencia.

Bugg, DeLosh, Davalos y Davis (2007) investigaron la relación entre el envejecimiento y la inhibición en la prueba Stroop a partir del análisis de las diferencias observadas entre adultos jóvenes y adultos mayores. La muestra de este trabajo fue de 938 participantes entre 20 y 89 años. Se utilizó la prueba Stroop, la de Clasificación de Tarjetas Wisconsin y una tarea de tiempo de reacción. Los autores encontraron un aumento de la interferencia con la edad ya que conforme se incrementaba la edad de la muestra mayor era la latencia en la condición incongruente de la tarea Stroop.

Con la tarea *Stroop Switching Card* (SSCT) Belghali y colaboradores (2022), se enfocaron en estudiar la eficiencia de los componentes de las funciones ejecutivas a lo largo del ciclo vital en una muestra de 103 participantes entre 15 y 75 años. Los autores encontraron un decremento en el funcionamiento de la inhibición y la flexibilidad a partir de los 60 años en adelante al registrar la capacidad de suprimir una respuesta automatizada (leer la palabra) y en lugar de eso, nombrar el color; la habilidad para seleccionar la información relevante cuando el estímulo es incongruente; el ajuste de

respuesta cuando un reactivo congruente va seguido de uno incongruente y la capacidad de cambiar la ejecución en criterios alternantes.

Los trabajos antes mencionados aportan evidencia sobre la evolución de la inhibición cognoscitiva a lo largo del ciclo vital a partir de la implementación de instrumentos de medición neuropsicológica. En este punto, cabe mencionar que ya sea con propósitos clínicos, diagnósticos, correlación neurofisiológica o del desarrollo neuropsicológico; en el empleo de tareas neuropsicológicas es crucial considerar aspectos como la postura teórica de su planteamiento; comunicar las instrucciones de ejecución de forma clara y sencilla para prevenir confusiones o contaminación del fenómeno neuropsicológico objetivo, y definir de manera precisa los indicadores a registrarse y su respectiva medición.

Considerar esos factores aportará solidez y certeza al trabajo de investigar, analizar e interpretar los resultados de la ejecución de las personas en pruebas neuropsicológicas.

Tareas para evaluar la Flexibilidad Cognoscitiva

Imagine que debe cruzar una transitada avenida para llegar a tiempo a un establecimiento que está a punto de cerrar. Quedan sólo un par de minutos, la luz del semáforo peatonal acaba de cambiar a roja y el tráfico fluye con intensidad. Si había otras cosas por hacer, ahora la atención está ocupada en la tarea que se tiene por delante; los demás asuntos pasan a “segundo plano”. Debe decidirse qué hacer lo antes posible o no se logrará el objetivo. Lo más probable es que no se contemple sólo una opción de solución, pueden contemplarse dos, tres o más. Puede reflexionarse: “Si A no resulta, se intenta B y si esa también falla, se sigue con C” y así sucesivamente. Incluso si se ha puesto en marcha una opción de solución, pueden hacerse ajustes a la idea original en la forma en que se considere conveniente. A la capacidad de las personas para adaptar el funcionamiento psicológico (Ionescu, 2012) y las

acciones a partir de las nuevas situaciones o requerimientos del contexto de forma eficiente (Braem & Egner, 2018; Hohl & Dolcos, 2024; Miyake et al., 2000; Monsell, 2003; Steinke & Kopp, 2020) se le define como flexibilidad cognoscitiva y es crucial para llevar a cabo comportamientos eficientes enfocados en el logro de objetivos y la solución de problemas (Kiesel et al., 2010; Kupis & Uddin, 2023).

En cuanto al abordaje experimental de la flexibilidad cognoscitiva, esta función neuropsicológica se ha estudiado y evaluado a partir de la implementación de algunos de los siguientes recursos de medición neuropsicológica.

En la *Task Switching* o Tareas de Cambio se le pide a los participantes alternar sus respuestas en varias modalidades de acuerdo a una instrucción inicial (Monsell, 2003). Estudios que han utilizado este tipo de Tareas han reportado diferencias en los tiempos de ejecución entre la forma alternante y no alternante de respuestas (Allport et al., 1994; Jersild, 1927; Spector & Biederman, 1976).

Otra modalidad de estudiar la flexibilidad cognoscitiva es la Tarea de Clasificación de Tarjetas de Cambio Dimensional, está orientada a infantes de edad preescolar y en ella se les pide a los niños que clasifiquen tarjetas de prueba según una dimensión (p. ej., color) y después que lo hagan en una segunda dimensión (p. ej., forma) (Zelazo, 2006).

En la aplicación de esta tarea, se ha encontrado que los niños de 3 años perseveran en la clasificación de las tarjetas justo después del cambio de criterio de clasificación efectuando el criterio inmediato anterior, lo que sugiere una ausencia de desarrollo de la flexibilidad cognoscitiva (Jacques et al., 1999; Zelazo et al., 2003).

La *Tarea de Clasificación de Tarjetas Wisconsin (WCST)* consta de un mazo de cartas en las cuales cada una incluye diferentes combinaciones de criterios: pueden tener de una a cuatro figuras y estar impresas en uno de cuatro colores. Las figuras son estrellas, cruces, triángulos y círculos y los colores son rojo, azul, verde y amarillo. Al inicio de la prueba se le presentan cuatro tarjetas, una al lado de otra formando una fila horizontal delante del participante en las cuales no se repite ningún criterio de forma, número ni color. El mazo con el resto de las tarjetas queda en posesión del examinador y se le indica al participante que se le irán mostrando las tarjetas del mazo una por una y que deberá emparejarla con alguna de las cuatro tarjetas de la fila frente a él según el criterio que considere correcto. El experimentador, por su parte, lleva una hoja de respuestas con el orden de presentación de los criterios de clasificación, así como con la indicación del momento en que se deben cambiar los criterios, ya sea por número, cantidad o color y deberá verbalizar solamente “correcto” o incorrecto” según sea el caso (Berg, 1948).

La WCST es una de las pruebas más empleadas en neuropsicología para estudiar procesos cognoscitivos como la FC (Pennington & Ozonoff, 1996; Ridderinkhof et al., 2002) y ha sido empleada para diferenciar las características de las alteraciones en pacientes con lesiones frontales focalizadas (Anderson et al., 1991; Barceló & Knight, 2002).

La *Tarea Stroop de Criterios cambiantes* (Borrani et al., 2015; Ramírez et al., 2012), es una versión de la prueba Stroop, que proporciona indicadores de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva a partir del desempeño en dos tareas de criterios cambiantes que son leer las palabras y nombrar el color en el que están impresas. El criterio de cambio de tarea (leer o nombrar colores) lo determina un punto que está colocado de forma aleatoria de lado izquierdo de algunas de las palabras de la prueba. Los tiempos y los errores en la ejecución de las tareas de criterios cambiantes se consideran indicadores de la flexibilidad cognoscitiva.

La prueba se ha utilizado en estudios de cronobiología para determinar las oscilaciones circadianas en algunos componentes de las funciones ejecutivas. En el trabajo de Ramírez et al., (2012) se reportaron variaciones en los indicadores de flexibilidad a lo largo del día con un desfase de 100 minutos con respecto a la temperatura rectal de los participantes registrados. Además, no hubo correlación entre el estado de somnolencia y los errores de cambio en las tareas de criterios cambiantes.

En cuanto a las investigaciones sobre el desarrollo de la flexibilidad cognoscitiva con la edad, Cepeda, Kramer y González de Sather (2001) llevaron a cabo un estudio para conocer los cambios de los procesos cognoscitivos utilizando una tarea de cambio en una muestra de 152 personas cuyo rango de edad fue de 7 a 82 años. Los participantes fueron clasificados en nueve grupos de edades y la tarea consistía en presentar una serie de estímulos en una pantalla los cuales correspondían a tres números "1" o tres números "3" y los participantes debían alternar la tarea de decir el número que era o bien cuantos números se presentaban en la pantalla.

Los autores encontraron una forma de U cuando se trazó la edad de las personas en relación a los costes de cambio, que se refieren al efecto de la diferencia en los tiempos de respuesta, así como en la precisión de ejecución de la tarea, asociados al proceso de cambio y reconfiguración de la tarea (Rogers & Monsell, 1995). El patrón de tiempos y errores en la ejecución de la tarea fue alto en la infancia temprana, disminuyeron en la adultez y volvieron a subir en la vejez.

Reimers y Maylor (2005) diseñaron un estudio para examinar la eficacia en tareas de cambio con la edad. A partir de una convocatoria hecha por internet lograron tener una muestra de 5271 participantes de entre 10 y 66 años. Se utilizó una tarea de cambio que consistió en responder a bloques de imágenes estímulo según criterio de género o expresiones faciales. Primero se

presentaron dos bloques de 12 ensayos y en cada bloque debían responder a un solo criterio, luego se les presentaba un bloque de cambio que incluía 32 ensayos con criterios de respuesta alternante (género y expresiones faciales). Los resultados fueron similares a los de Cramer y sus colegas, encontrando un patrón de U al graficar los tiempos de respuesta, siendo más lentos en las edades más tempranas, haciéndose más rápidos en la edad adulta y volviendo a ser lenta en los grupos de mayor edad.

Aportaciones del presente estudio

Cabe señalar en los estudios citados en el apartado anterior, las medidas de los procesos de inhibición cognoscitiva y de flexibilidad cognoscitiva se hacen utilizando baterías con tareas estructuradas, es decir, que no exigen a los participantes la resolución de algún problema o bien la regulación del comportamiento dirigido a una meta.

Para la evaluación del funcionamiento ejecutivo, es necesario utilizar tareas en las que las personas controlen y dirijan su comportamiento a una meta y lleven a cabo distintas estrategias de solución, de otra manera la persona no requerirá el uso de estos recursos cognoscitivos y los resultados que se obtengan serán indicadores de otros procesos.

La prueba tipo Stroop utilizada en este trabajo está diseñada para confrontar a los participantes a la ejecución de cuatro tareas en una sola aplicación y ante un solo conjunto de estímulos lo cual es relevante en términos de los procesos estudiados, ya que la aplicación consecutiva de las condiciones requiere, por un lado, que el participante lleve a cabo actividades que son diferentes cada una de la anterior, lo que previene la elaboración de patrones de repuestas, y por otro, que los tiempos y errores de cada tarea sean más fáciles de analizar e interpretar como indicadores de la inhibición cognoscitiva y de flexibilidad cognoscitiva. Además, las instrucciones de ejecución que se

proporcionan a los participantes son sencillas y los indicadores son claros al momento de analizar los resultados.

De tal forma que, para analizar los cambios en los procesos de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva con la edad, se conformó una muestra de 1319 participantes cuyas edades comprendían de los 8 a 87 años los cuales se organizaron en diferentes grupos de edad. Los grupos de los 8 a los 21 años se clasificaron con un rango de 2 años cada uno, ya que es alrededor de la segunda década de vida cuando el cerebro completa su maduración estructural. El grupo de 22 a los 25 años tiene un rango de 4 años; de los 26 a los 55 años, los grupos de edad tienen un rango de 5 años cada uno; esta clasificación obedece a que es en ese período de la vida cuando el cerebro se mantiene sin cambios estructurales importantes. Posteriormente, a partir de los 56 años, los grupos disminuyen sus rangos de edad a 4 años cada uno. Esto debido a que es alrededor de esta edad que la estructura y funcionamiento cerebral presenta un decremento en relación con edades anteriores.

Capítulo III. Método

Diseño de investigación

Se llevó a cabo un diseño no experimental, transversal y descriptivo. No experimental ya que no se manipuló ninguna de las variables medidas. Transversal descriptivo, ya que se obtuvo una sola medición de las variables en cada grupo de edad (Hernández et al., 2014).

La muestra es no probabilística ya que todos los participantes fueron voluntarios (Kerlinger & Lee, 2002).

Participantes

La muestra fue de 1319 personas de 8 a 87 años que se clasificaron por rangos de edad en 22 grupos. Los intervalos de los años varían según la edad de los participantes: del grupo 1 al grupo 7 (participantes de 8 a 21 años) tienen un intervalo de dos años cada uno. El grupo 8 (participantes de 22 a 25 años) tiene un intervalo de 4 años; del grupo 9 al grupo 14 (participantes de 26 a 55 años) tienen un intervalo de 5 años cada uno. Del grupo 15 al grupo 22 (participantes de 56 a 87 años) tienen un intervalo de 4 años cada uno. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Distribución de la muestra por grupos de edad.

G	Rango	n	H	M	Media±ES
1	8-9	71	34	37	8.38±0.49
2	10-11	168	85	83	10.44±0.49
3	12-13	78	42	36	12.63±0.49
4	14-15	91	39	52	14.44±0.5
5	16-17	110	43	67	16.45±0.5
6	18-19	108	23	85	18.5±0.5
7	20-21	58	22	36	20.5±0.5
8	22-25	43	22	21	23±1.13
9	26-30	47	22	25	27.62±1.47
10	31-35	38	20	18	32.6±1.37
11	36-40	47	25	22	38.09±1.46
12	41-45	51	20	31	43.22±1.51
13	46-50	43	20	23	47.74±1.27
14	51-55	30	15	15	52.67±1.37
15	56-59	29	14	15	57.76±1.02
16	60-63	39	15	24	61.82±1.04
17	64-67	43	19	24	65.35±1.09
28	68-71	56	24	32	69.5±1.16
19	72-75	53	21	32	73.64±1.14
20	76-79	39	13	26	77.59±0.91
21	80-83	45	15	30	81.53±1.16
22	84-87	32	14	18	85.62±1.16

G= grupo, Rango= edades incluidas por grupo, n= participantes totales por grupo, H= hombres, M= mujeres, Media±ES= Media y Error Estándar.

Criterios de inclusión

- 1.- Ser capaz de leer de las palabras: AZUL, VERDE, ROJO CAFÉ.
- 2.- Ser capaz de distinguir los colores verde, rojo, azul y café sobre un fondo blanco.
- 3.- Que no hayan padecido alguna enfermedad que afectara su funcionamiento cognoscitivo tales como accidentes cerebrovasculares, infartos cerebrales, hipoxia cerebral, farmacodependencia, esquizofrenia, enfermedad de Parkinson, epilepsia, demencia, golpes fuertes o fracturas en cráneo o vertebras.
- 4.- En el caso de los participantes menores de edad: contar con un consentimiento firmado de la madre, padre o tutor.

Instrumentos y aparatos

1.- Carta de aceptación. En esta carta se da a conocer el nombre de la investigación, se informa que la colaboración es voluntaria y el participante dará su consentimiento firmado de participación voluntaria.

2.- Encuesta de datos generales. Esta encuesta incluye preguntas sobre la edad, condiciones generales de salud-enfermedad que puedan afectar el funcionamiento cerebral así como dificultades en la lectura o en la percepción de colores. Además se reporta el consumo de medicamentos prescritos en las últimas dos semanas a la fecha de la aplicación de la prueba; así como hábitos de consumo de alcohol, tabaco, cafeína, drogas y si se tuvieron antecedentes de conducta delictiva.

3.- *Tarea Stroop de Criterios Cambiantes* (Borrani et al., 2015; Ramírez et al., 2012). Esta prueba consiste en una hoja enmicada tamaño carta la cual contiene 48 palabras dispuestas en 4 columnas, cada columna tiene 12 palabras, 6 de las cuales están señaladas con un punto del lado izquierdo. Las palabras denominan 4 colores (ROJO, VERDE, CAFÉ y AZUL), cada palabra está escrita en un color diferente al que nombra, por ejemplo, la palabra ROJO puede estar impresa en color verde, café o azul.

4.- Cronómetros y grabadoras de audio. El cronómetro se utilizó para registrar el tiempo de ejecución de cada una de las tareas de la prueba; las grabaciones de las aplicaciones se llevaron a cabo para que el registrador revisara la ejecución de la tarea.

Procedimiento

Inicialmente se pidió la colaboración voluntaria de los participantes mediante la carta de aceptación. Posteriormente se aplicó la encuesta de datos generales. En caso de que el participante fuese menor de edad se le proporcionó una carta de aceptación que debieron firmar los padres o tutores. Una vez que se contó con el consentimiento firmado de los participantes y sus tutores, se procedió a la aplicación de la encuesta de datos generales. Con la información de esta última, se seleccionó a los participantes que cubrieran con los requisitos antes mencionados y posteriormente, se aplicó la prueba tipo Stroop.

Para aplicar la prueba tipo Stroop se les pidió a los participantes que se sentaran en una silla frente a una mesa en la cual se colocó la lámina estímulo y por un lado se encendió la grabadora para el registro de la aplicación. El registrador se colocó detrás del lado no dominante del participante, es decir, si el participante es diestro, el registrador se colocó del lado izquierdo y si es zurdo, el registrador se colocó del lado derecho; esto con la finalidad de que el registrador pueda observar de mejor forma la evolución de la ejecución.

Las instrucciones de la *Tarea Stroop de Criterios Cambiantes* fueron las siguientes:

- 1.- Leer las palabras sin importar en que color estén escritas.
- 2.- Decir el color en el que está escrita cada palabra.
- 3.- Leer la palabra en los estímulos marcados con un punto a la izquierda. Ante los estímulos sin marca se debe decir el color en el que está escrito la palabra.
- 4.- En la cuarta condición los participantes debían nombrar el color de las palabras marcadas con un punto a la izquierda y leer la palabra de los estímulos sin punto.

Se le indicó que ejecutara cada una de las condiciones en voz alta, lo más rápido y lo mejor posible. También se le indicó que comenzaran las tareas de arriba hacia abajo en la columna del extremo izquierdo continuando columna por columna, hasta finalizar en la parte inferior de la columna del extremo derecho. Con el apoyo del cronómetro, se registraron los tiempos de cada tarea y una vez finalizado la prueba, se revisó la grabación para la revisión de los errores y tipos de errores cometidos durante la ejecución.

Variables estudiadas

1). Indicadores de la Inhibición Cognoscitiva.

1. Eficiencia en la ejecución del proceso de Inhibición Cognoscitiva.

- a) Tiempo para completar la segunda condición.
- b) Errores en la Inhibición Cognoscitiva. Son en los que se leen las palabras en lugar de decir el color en la segunda condición. Se consideran errores en la Inhibición Cognoscitiva ya que son fallas de los participantes para suprimir la acción de leer.

2) Indicadores de la Flexibilidad Cognoscitiva

1.- Eficiencia en la ejecución del proceso de la Flexibilidad Cognoscitiva.

- a) Tiempo de ejecución. Tiempo para completar la tercera y la cuarta condición.
- b) Errores de cambio. Los errores de cambio son aquellos donde el participante debía cambiar la instrucción de un reactivo marcado con un punto a otro sin punto o a la inversa, es decir, de un reactivo sin punto a otro con punto. Se consideran como errores de flexibilidad ya que son fallas de los participantes para cambiar su ejecución a partir de cambios en la tarea.

Análisis de datos

Se llevaron a cabo análisis de varianza paramétricos para observar si existen diferencias en los indicadores de los procesos de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva en los distintos grupos de edad. Posteriormente se efectuaron análisis con la Prueba de Diferencias Honestamente Significativas de Tukey para determinar específicamente en que grupos se presentaron esas diferencias.

En el caso de los resultados por sexo, se hizo una comparación entre el total de hombres y mujeres por muestra y luego por cada grupo de edad.

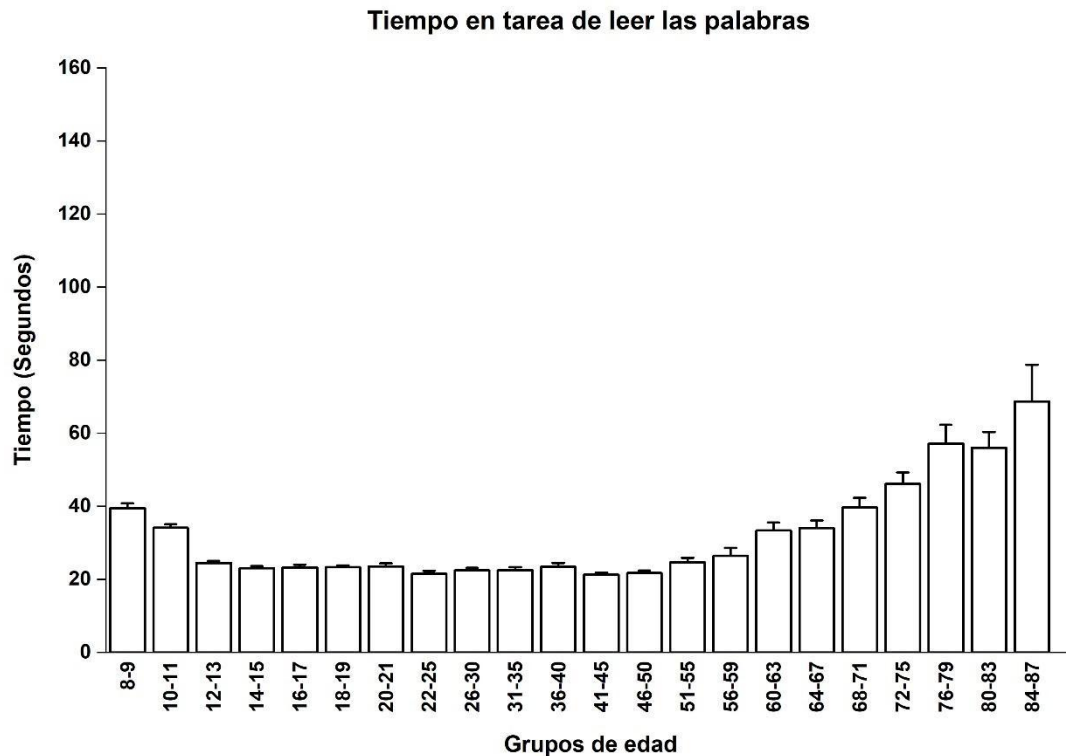


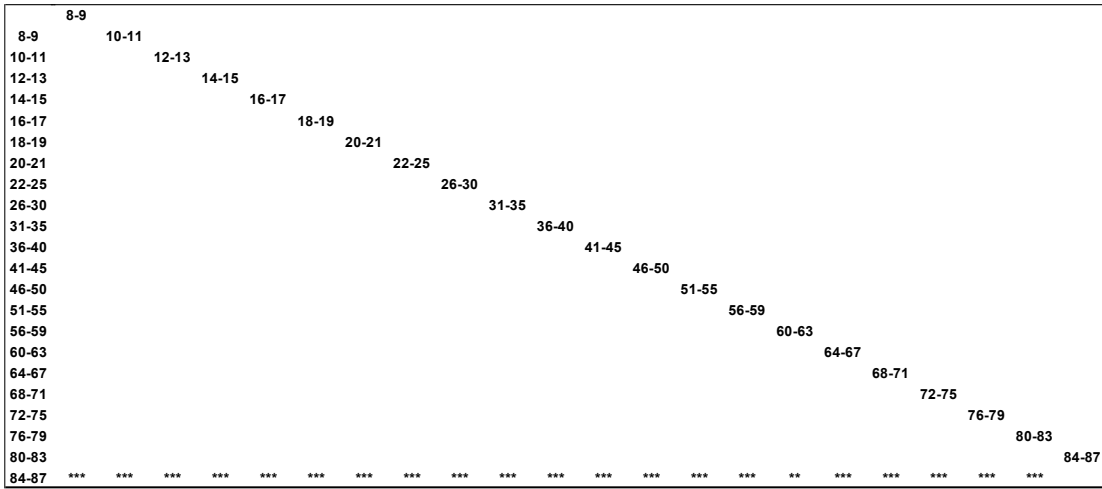
Figura. 4. Tiempo en tarea de leer las palabras. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 12 a los 64 años.

Errores de decir el color en la tarea de leer las palabras

Se encontraron cambios con la edad en los errores de decir el color en la tarea de leer las palabras ($F = 4.86$, $gl = 21$, $p < 0.001$).

El análisis Pos-hoc (Ver Tabla 3), indica que el único cambio en la cantidad de errores de nombrar el color en la tarea de leer las palabras ocurre en los adultos mayores de 84 a 87 años, cuyo índice de fallas supera al del resto de la muestra (grupo 22) ($p < 0.001$). Ver Figura 5.

Tabla 3. Datos estadísticos del análisis Pos-hoc Tukey de los errores de decir el color en la tarea de leer las palabras para muestras de "N" diferente entre cada grupo de edad (** p < 0.01, *** p < 0.001).



Errores de decir el color en tarea de leer las palabras

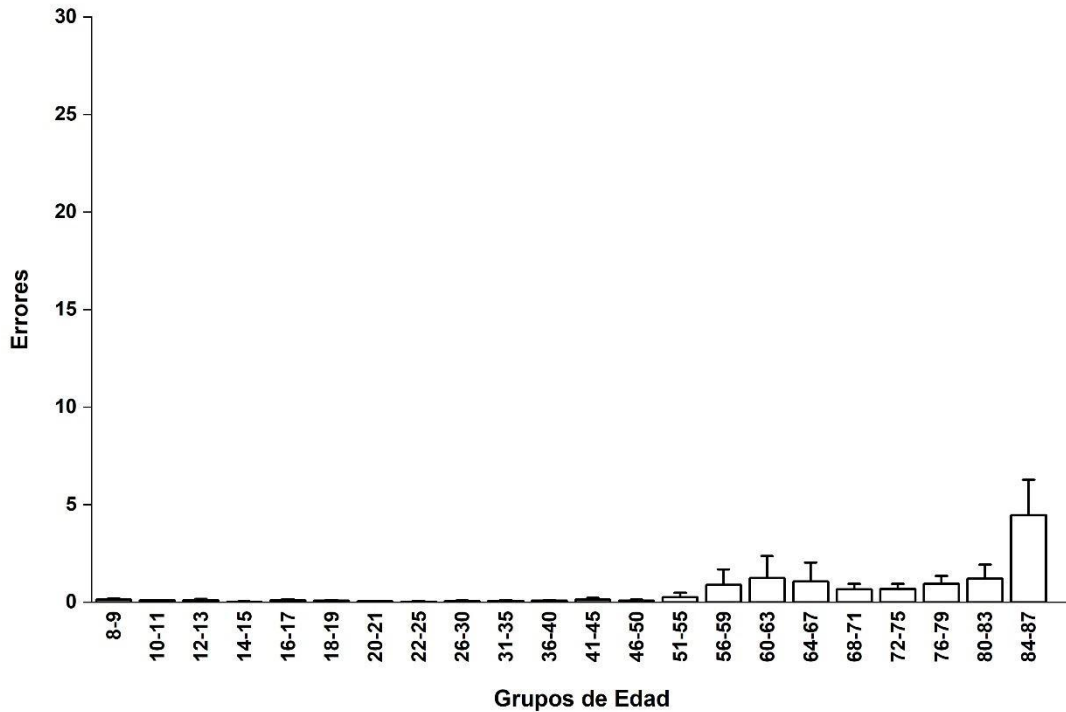


Figura. 5. Errores de decir el color en la tarea de leer las palabras. Los datos muestran a los promedios con sus respectivos errores estándar. El incremento en la cantidad de estos errores se observó en las personas de 84 a 87 años.

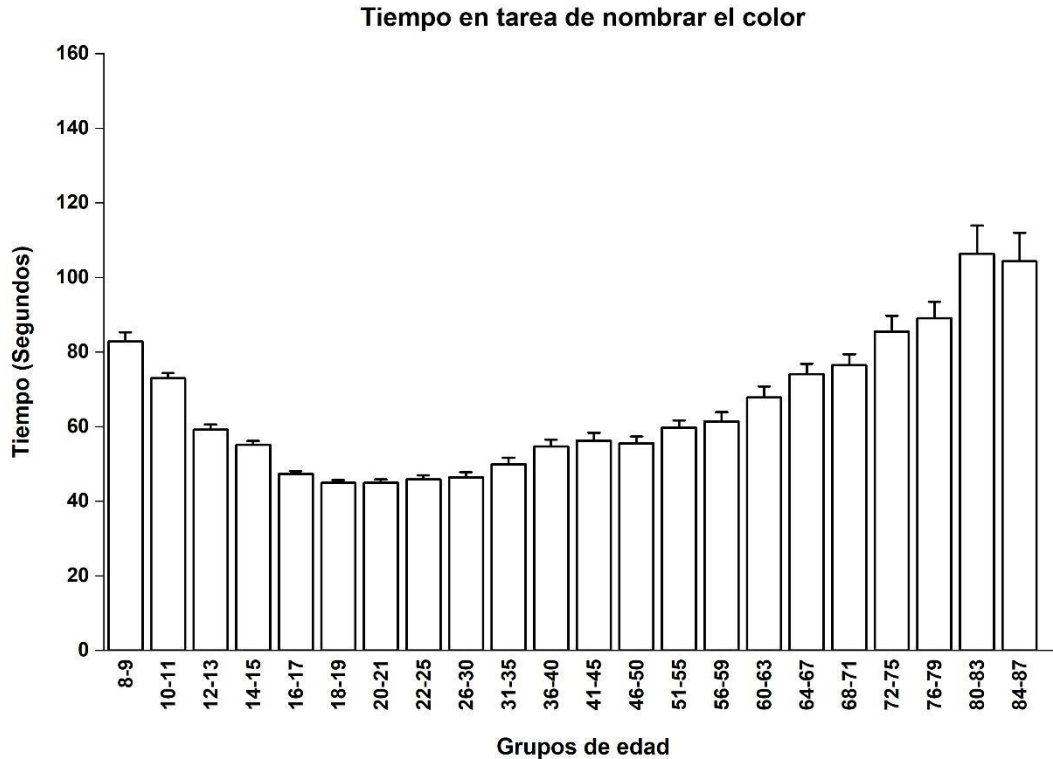


Figura. 6. Tiempo en tarea de nombrar el color. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 16 a los 59 años.

Errores de leer en la tarea de nombrar el color

Se encontraron cambios con la edad en la cantidad de errores de leer en la tarea de nombrar el color ($F = 13.79$, $gl = 21$, $p < 0.001$).

Los resultados del análisis Pos-hoc (Ver Tabla 5), muestran cambios graduales en la cantidad de errores de leer en la tarea de nombrar el color, disminuyendo en los jóvenes de 16 años (grupo 5) ($p < 0.001$) y volviendo a disminuir en los de 18 años (grupo 6) ($p < 0.01$). Durante la etapa adulta, la cantidad de errores se mantiene estable y registra incrementos en los adultos de 60 años (grupo 16) ($p < 0.01$) y en los de 72 años (grupo 19) ($p < 0.01$). Ver Figura 7.

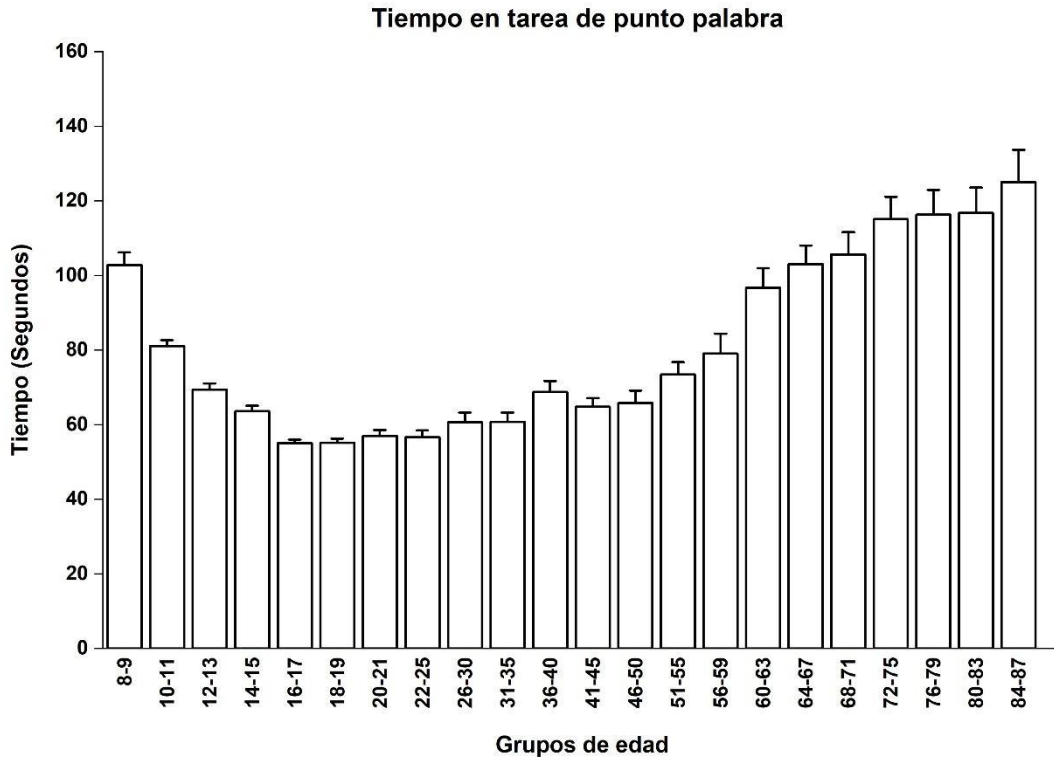


Figura. 8. Tiempo en tarea de punto palabra. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 14 a los 55 años.

Errores de cambio en tarea de punto palabra

Se registraron cambios con la edad en los errores de cambio en la tarea de punto palabra, ($F = 34.92$, $gl = 21$, $p < 0.001$).

El análisis estadístico Pos-hoc (Ver Tabla 7), señala que el nivel de errores de cambio en la tarea de punto palabra se mantiene estable de los 8 a los 15 años (grupo 1 al 4); posteriormente, la incidencia de errores disminuye en dos ocasiones; la primera en los jóvenes de 16 y 17 años (grupo 5) ($p < 0.01$) y la segunda en los adultos jóvenes de 18 y 19 años ($p < 0.001$). No se reportan cambios durante el resto de la adultez, hasta que en los 60 años (grupo 16) la cantidad de errores aumenta ($p < 0.01$), se mantiene sin cambios hasta los 71 años (grupo 18) y vuelve a incrementarse a los 72 años (grupo 19) ($p < 0.001$) y a los 80 años (grupo 21) ($p < 0.001$). Ver Figura 9.

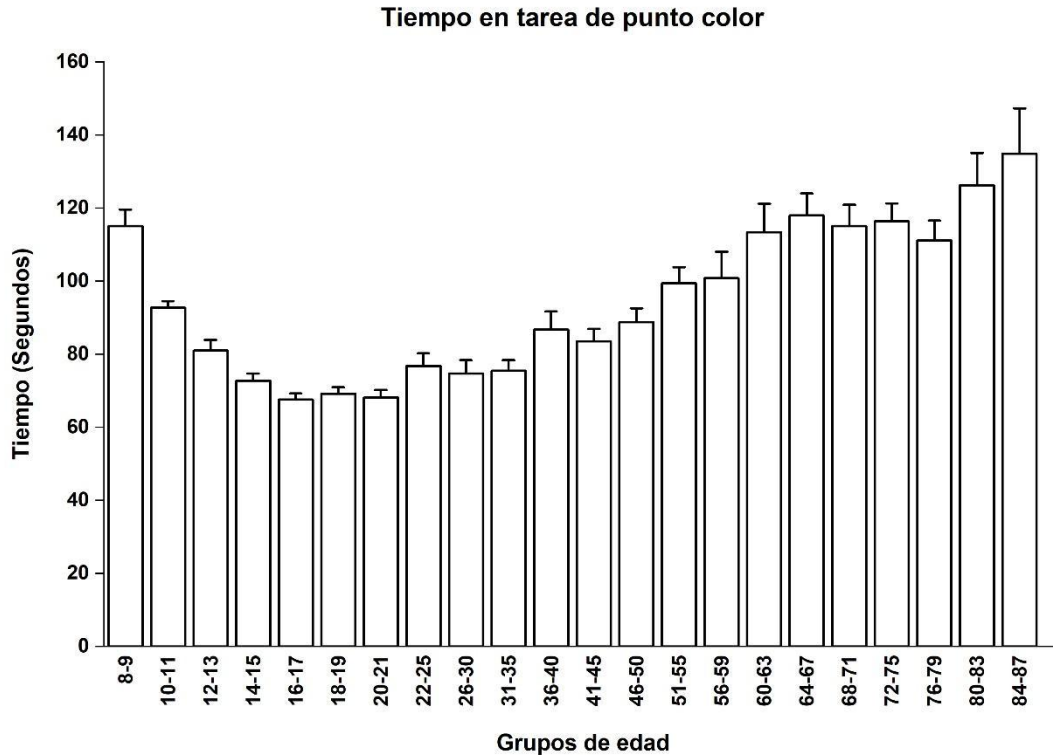


Figura. 10. Tiempo en tarea de punto color. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. La ejecución más rápida se observó entre la población de los 14 a los 50 años.

Errores de cambio en la tarea de punto color

Se registraron cambios con la edad en el índice de errores de cambio en la tarea de punto color ($F = 26.46$, $gl = 21$, $p < 0.001$).

El análisis Pos-hoc (Ver Tabla 9). revela un solo cambio en la cantidad de los errores de cambio en la tarea de punto color entre la niñez y los adultos jóvenes de la muestra, siendo a los 18 años (grupo 6) cuando aparece el único descenso de estas fallas en esas edades ($p < 0.01$). Durante el resto de la edad adulta no hay cambios en el índice de errores, hasta que comienzan a aumentar en los adultos de 51 años (grupo 14) ($p < 0.01$), en los de 64 años (grupo 17) ($p < 0.01$) y en los adultos mayores de 84 a 87 años (grupo 22) ($p < 0.01$). Ver Figura 11.

Indicadores por sexo

Tarea de punto palabra

Se encontraron diferencias en la cantidad de errores de cambio en la tarea de punto palabra cuando se compararon los indicadores de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva entre el total de mujeres y hombres de la muestra ($t = 1.75$, $gl = 1317$, $p < 0.001$). Ver Figura 12.

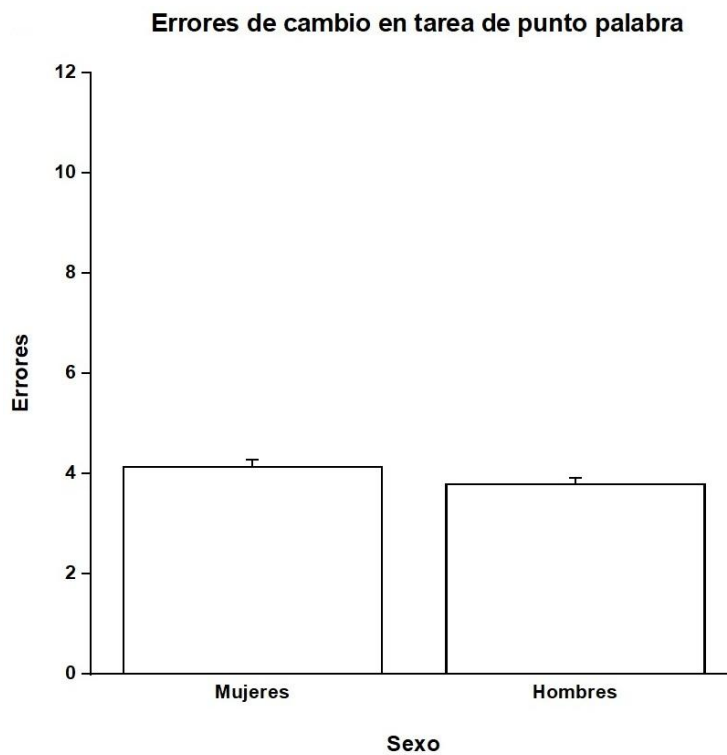


Figura. 12. Errores de cambio en la tarea de punto palabra en el total de mujeres y hombres de la muestra. Los datos corresponden al promedio de los errores con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres cometieron menos errores de cambio.

Tarea de leer las palabras

Se encontraron diferencias en los tiempos para completar las tareas de leer las palabras en las personas de 60 a 63 años (grupo 16) ($t = 3.20$, $gl = 37$, $p < 0.01$) al comparar los indicadores de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva entre mujeres y hombres por grupos de edad. Ver Figura 13.

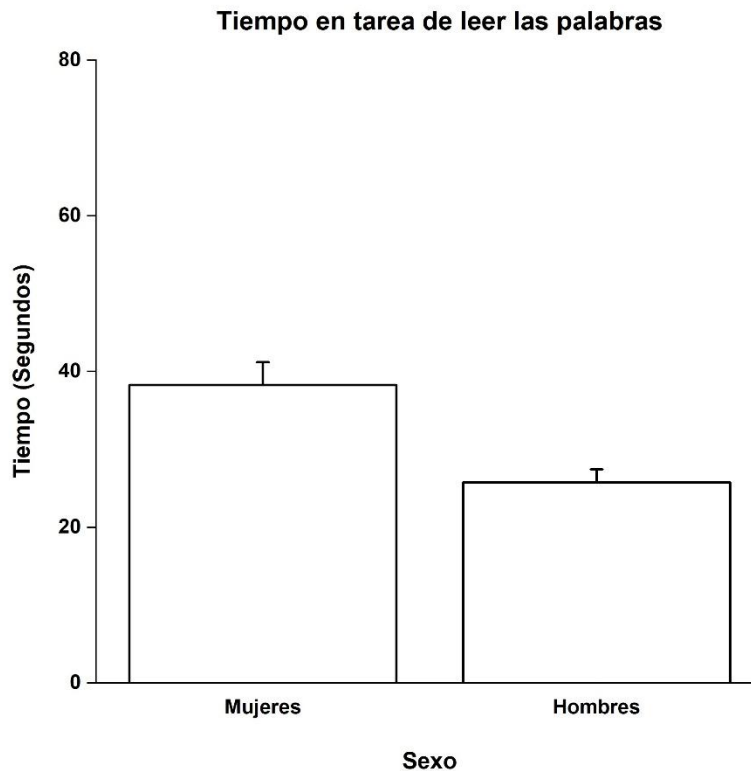


Figura. 13. Tiempo en la tarea de leer las palabras en los participantes de 60 a 63 años. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres fueron más rápidos para completar la tarea.

Tarea de nombrar el color

Se encontraron diferencias en la cantidad de errores de decir el color en la tarea de leer las palabras las personas de 80 a 83 años (grupo 21) ($t = 1.39$, $gl = 43$, $p < 0.01$) en la tarea de leer las palabras. Ver Figura 14.

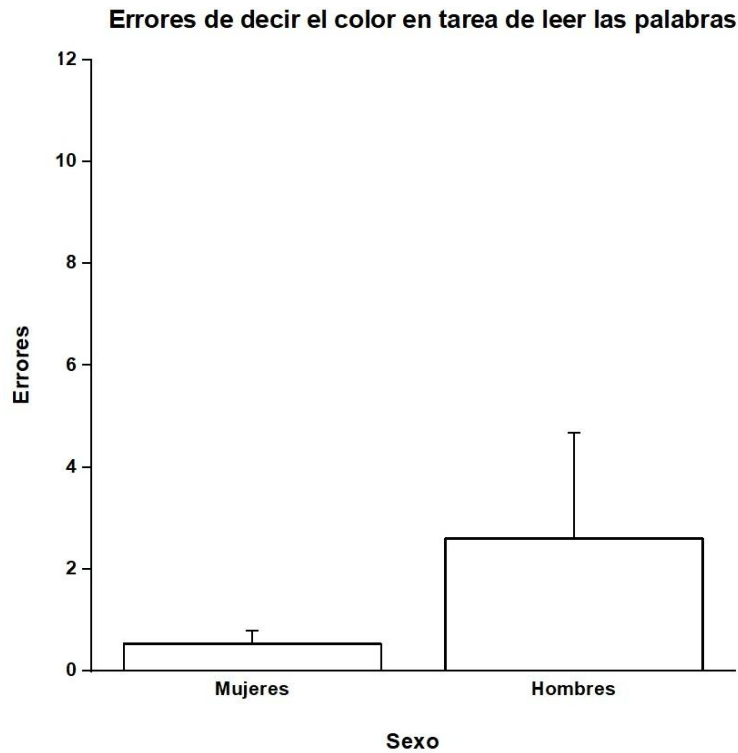


Figura. 14. Errores al decir el color en la tarea de leer en las personas de 80 a 83 años. Los datos corresponden al promedio de los errores con sus respectivos errores estándar. Se observó que las mujeres cometieron menos errores.

Se encontraron diferencias en los tiempos para completar la tarea de nombrar el color en las personas de 16 y 17 años (grupo 5) ($t = 3.20$, $gl = 37$, $p < 0.01$). Ver Figura 15.

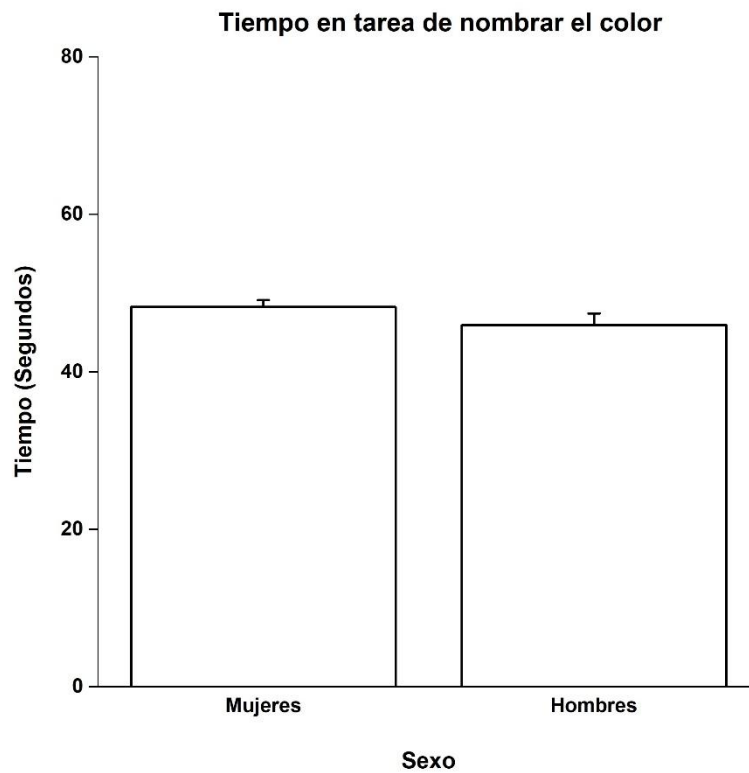


Figura. 15. Tiempo en la tarea de nombrar el color en los participantes de 16 y 17 años. Los datos corresponden a los promedios con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres fueron más rápidos para completar la tarea.

Se encontraron diferencias en la cantidad de errores de leer en la tarea de nombrar el color en las personas de 80 a 83 años (grupo 21) ($t = 0.54$, $gl = 43$, $p < 0.01$). Ver Figura 16.

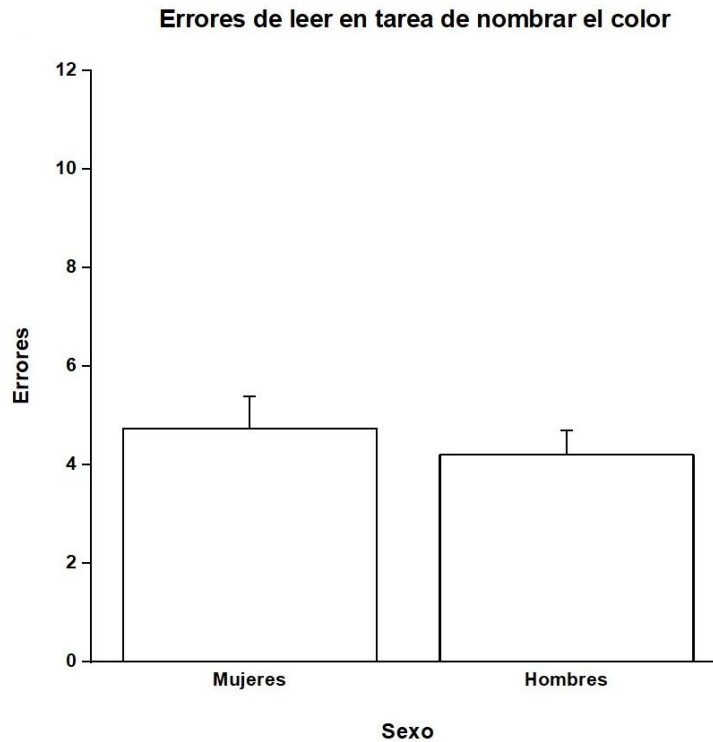


Figura. 16. Errores al decir el color en la tarea de leer en las personas de 80 a 83 años. Los datos corresponden al promedio de los errores con sus respectivos errores estándar. Se observó que los hombres cometieron menos errores.

Capítulo V. Discusión y conclusiones

Discusión

En este estudio se determinaron los cambios a través de la edad en la inhibición cognoscitiva y en la flexibilidad cognoscitiva al analizar la ejecución de la *Tarea Stroop de Criterios Cambiantes* en una muestra de 1319 personas de entre 8 y 87 años, las cuales se organizaron en 22 grupos etarios. Se consideraron como indicadores a los tiempos para completar la tarea, así como los errores en la ejecución. Se advirtió un patrón en forma de “U” al graficar los promedios de ambas medidas de cada grupo de edad de la muestra; sin embargo, los picos de mejor y peor eficiencia ocurrieron de forma diferencial en cada función cognoscitiva.

A continuación se presentará la forma en que se registraron los cambios con la edad en ambos componentes de las funciones ejecutivas. Primero se abordarán los cambios en la inhibición cognoscitiva y después los de la flexibilidad cognoscitiva.

El tiempo para completar la condición para medir la inhibición cognoscitiva se redujo de forma significativa a partir de los 12 años y durante el resto de la pubertad, hasta alcanzar los valores mínimos en el grupo de 18 y 19 años; en el resto de la edad adulta, la rapidez ejecución permaneció estable, hasta que en las personas de 56 a 59 años los tiempos aumentaron; posteriormente hubo incrementos en las personas de 72 a 75 años y en las de 80 a 83 años. En cuanto a la precisión de la ejecución, la cantidad de errores disminuyó durante en los jóvenes de 16 y 17 años, disminuyó nuevamente en el de 18 y 19 años, y en el de 20 y 21 años se registró el menor índice de errores de la muestra. Posteriormente, el índice de errores se incrementó en el grupo de 60 a 63 años, en el grupo de 72 a 75 y en el grupo de 80 a 83 años.

Mientras que, en la flexibilidad cognoscitiva, los tiempos de ejecución comenzaron a reducir a partir del grupo de 10 y 11 años, disminuyendo una vez más en el de 14 y 15 años; registrándose el menor tiempo de la muestra en los jóvenes de 16 y 17 años. Durante la adultez la rapidez de ejecución fue estable; luego, de los 50 años en adelante la ejecución de la prueba se hizo más lenta; por último, en los adultos mayores los tiempos se incrementaron a los 60 años y a los 80 años. En cuanto a la precisión, el índice de errores comenzó a disminuir a partir de los 16 años y se redujo nuevamente a los 18 años; siendo el grupo de 20 y 21 años el que registró la tasa más baja de errores. Durante la edad adulta el rendimiento de la flexibilidad se mantuvo estable, hasta que en las personas de entre los 51 a 59 años la cantidad de errores incrementaron y se volvieron a incrementar en los grupos de 64 a 67 años y en el de 84 a 87 años.

Los hallazgos en este trabajo son consistentes con los obtenidos en los estudios de Comalli, Wapner y Werner (1962) y de Uttl y Graf (1997), en los cuales se registró una forma de "U" al graficar los indicadores de la inhibición cognoscitiva y de la flexibilidad cognoscitiva en los diferentes grupos de edad; donde la ejecución mejoró durante la niñez hasta alcanzar el mejor rendimiento en los adultos jóvenes; posteriormente, ese nivel de ejecución se mantuvo durante el resto de la edad adulta, para luego decrementarse en los adultos mayores. La ejecución fue deficiente en niños y en adultos mayores en comparación con los adultos jóvenes.

En la *Tarea Stroop de Criterios Cambiantes*, las últimas dos condiciones son las que evalúan la flexibilidad cognoscitiva. En una, se pide a los participantes que lean las palabras señaladas con un punto y que nombren el color de las que no lo están, y en la siguiente, se les pide que nombren el color de las que están señaladas con un punto y que lean las que no lo están. Ese acomodo de actividades puede explicar que la ejecución de la última condición sea más lenta debido al trabajo cognoscitivo y el efecto de interferencia

provocado por el cambio de criterio del set de la condición previa. De tal manera, a partir del fenómeno observado en un futuro es pertinente explorar y cuestionar: ¿qué procesos neuropsicológicos intervienen entre ambas condiciones y que otro indicador o indicadores pueden contribuir a la comprensión del funcionamiento ejecutivo en la regulación cognoscitiva y del comportamiento?

Mecanismos neurobiológicos y funcionamiento ejecutivo

El patrón de ejecución de los procesos de inhibición y flexibilidad cognoscitiva a través de la edad, en el cual se observaron mejorías durante la niñez, estabilidad durante la etapa adulta y un deterioro entre los 50 y los 60 años, se corresponde con el del desarrollo prefrontal. La corteza prefrontal evoluciona durante los primeros años de vida (Romine & Reynolds, 2005), y alcanza su madurez alrededor de los 20 años de edad (Cummings, 1993; Hudspeth & Pribram, 1990; Sung et al., 2021); luego pasa por un período de 15 a 20 años de relativa estabilidad (Huttenlocher, 1979); después del cual acontece un proceso de reducción del volumen de tejido neural (Bartzokis et al., 2001), así como de reducción de la densidad de las conexiones sinápticas (Tisserand et al., 2002). La disminución de tejido nervioso se instala como un evento progresivo (Hedman et al., 2012) y se vuelve evidente a partir de los 60 años en adelante (de Brabander et al., 1998). Con base en lo anterior, la sincronía de desarrollo entre los aspectos neuroanatómicos y los propiamente neuropsicológicos, proporciona evidencia científica de la interrelación que existe entre el desarrollo de las estructuras nerviosas y el control del comportamiento.

Diferencias por sexo

Aun cuando se identificaron diferencias específicas en algunos indicadores, el patrón general de los cambios con la edad no sugiere un desarrollo diferencial de la inhibición cognoscitiva y de la flexibilidad cognoscitiva por sexo. En la muestra total, los hombres cometieron menos errores de cambio en la condición de punto palabra; también se observaron diferencias en tiempo de leer palabras en el grupo de 60 a 63 años, donde los hombres fueron más rápidos; en los errores de decir color al leer palabras en el grupo de 80 a 83 años donde las mujeres cometieron menos errores y en la velocidad de la inhibición en el grupo de 16 a 17 años donde los hombres fueron más rápidos. Los resultados evidencian datos discontinuos y no concluyentes de que el sexo de las personas consista en un factor determinante para la eficiencia de inhibición cognoscitiva y para la flexibilidad cognoscitiva.

Implicaciones teóricas y clínicas

Los datos muestran intervalos de aceleración y de enlentecimiento. En el caso de la inhibición cognoscitiva, los de aceleración ocurren a partir de los 12 años y los de la flexibilidad cognoscitiva a los 10 años; mientras que los de enlentecimiento fueron de los 55 años en adelante, en el caso de la inhibición cognoscitiva, y a partir de los 50 años para la flexibilidad cognoscitiva. Esta información es de utilidad para establecer las curvas de ejecución por edades, así como para establecer las edades de mejor eficiencia de cada proceso neuropsicológico.

El conocimiento de los umbrales de la eficiencia de ejecución de los procesos cognoscitivos brinda la posibilidad de una detección temprana de una desalineación funcional, pautada a partir de una ausencia de mejora o bien de la instalación de un enlentecimiento en la niñez o la pubertad; lo que instigaría

a una evaluación más exhaustiva para determinar la etiología de tal fenómeno y la pertinencia de algún tipo de intervención clínica.

En el ámbito educativo, el conocimiento de la evolución gradual del funcionamiento de la flexibilidad cognoscitiva contribuye al planteamiento de adecuaciones curriculares orientadas en actividades de cambio de criterio en jóvenes de 10 a 16 años, mientras que la misma estrategia puede considerarse en el caso de la inhibición cognoscitiva, sólo que se implementaría en jóvenes de 12 a 19 años, con lo que se contempla la edad de mejor eficiencia de ese proceso.

En el caso de los adultos mayores, la deceleración y el aumento de errores en las personas de 60 años en adelante constituye un argumento para promover actividades para ejercitar la supresión de respuestas comportamentales, así como de adaptación al entorno, como tareas tipo Stroop con altas demandas inhibitorias.

Limitaciones y líneas futuras

Si bien en la muestra se excluyó a personas con antecedentes de lesión neurológica, si se incluyeron a participantes con enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión. Por lo que es pertinente controlar esas variables para analizar su impacto en el funcionamiento ejecutivo y determinar su comorbilidad en las variaciones de la eficiencia cognoscitiva con la edad.

La exclusión de población menor de 8 años, debido a las dificultades para la lectura expone dos cuestiones. La primera se refiere a que limita el conocimiento sobre el inicio de las trayectorias del desarrollo neuropsicológico; por lo que es preciso analizar la conveniencia de ampliar el rango hacia edades prelógicas del control inhibitorio. La segunda tiene que ver con el nivel de análisis de la *Tarea Stroop de Criterio Cambiante*, pues vale la pena debatir

sobre indicadores como errores consecutivos y sus tipos, en que condición hay mayor frecuencia de ellos, así como el análisis de las diferencias de ejecución entre las distintas condiciones.

Validez y confiabilidad

Uno de los aspectos sobre la validez de un instrumento se refiere a la relación de la prueba con un criterio externo; en este sentido el criterio externo para el uso de la Tarea Stroop puede considerarse en el hecho de que ha sido ampliamente utilizada para determinar la presencia de disfunción frontal (Alexander et al., 2007; Homack & Riccio, 2004; Stuss et al., 2001); así como para evaluar procesos ejecutivos.

En un estudio de Stuss y colegas (2001) se examinó el impacto de lesiones focales frontales en el rendimiento de la tarea Stroop mediante la comparación de la ejecución entre 51 pacientes con lesiones focales (frontal y no frontal) y 26 controles sin lesión. Los autores reportaron que sólo los pacientes con lesiones frontales produjeron deterioro significativo; así como un enlentecimiento generalizado en todas las condiciones. Además reportaron una relación entre las lesiones de la corteza frontal lateral izquierda con más errores y mayor tiempo en la condición de nombrar colores, sin una correlación con pruebas de lenguaje. Los autores sugieren un vínculo entre la ejecución de la tarea con las regiones mediales superiores bilaterales de los frontales y de la región anterior del giro del cíngulo.

Hallazgos similares a los de Stuss y colegas (2001) fueron reportados en el trabajo de Swick y Jovanovic (2002), donde los autores aportan evidencia neuropsicológica sobre la especificidad funcional de la región anterior de la corteza cingulada anterior en el desempeño Stroop al observar los efectos de lesiones focalizadas en esas áreas. En ese estudio se registró un enlentecimiento general y frecuentes errores en la condición incongruente de

la tarea lo que indica alteraciones en la inhibición y el mantenimiento del set. Los autores sugieren un involucramiento de diferentes regiones cerebrales relacionadas con el control motor y procesos ejecutivos.

En el ámbito de los trastornos neurodegenerativos, Fisher y sus colegas (1990) reportaron que pacientes con Alzheimer presentan un deterioro significativo en todas las condiciones del Stroop, especialmente en la interferencia, correlacionando negativamente con la severidad de la demencia. Además, en un grupo de pacientes observaron un fenómeno de confusión cromática entre los colores azul y verde, posiblemente debido a alteraciones perceptivas o bien, corticales.

La investigación sobre el rendimiento en la tarea Stroop en pacientes con esquizofrenia ha revelado alteraciones significativas en el control cognitivo. Krabbendam y colegas (2009) emplearon un análisis de fMRI para examinar la relación entre activación cerebral y cambios en síntomas positivos durante la ejecución de la Stroop clásica (condición incongruente vs. congruente) en 11 pacientes diagnosticados con esquizofrenia y 9 controles. Los resultados mostraron una baja activación en la corteza cingulada anterior (ACC) y en la región frontal inferior izquierda en los pacientes con esquizofrenia, en comparación con los controles, las cuales son áreas relacionadas con el control y monitoreo ejecutivo (MacDonald et al., 2000). Estos hallazgos son relevantes para comprender déficits en tareas neuropsicológicas como Stroop registrados en psicopatologías como la esquizofrenia, para determinar dificultades en el proceso inhibitorio.

En cuanto a estudios neuroimagen, Adleman y colegas realizaron el primer estudio de fMRI en el desarrollo utilizando la tarea Stroop (2002), en el cual aportan evidencia sobre que la activación de corteza prefrontal lateral, cingulada anterior y parietal aumenta con la edad. Estos hallazgos confirman que el Stroop es una herramienta confiable para estudiar la evolución del

proceso inhibitorio en poblaciones clínicas y experimentales.

En la revisión de Jensen y Rohwer (1966) los autores reportan la utilidad de la Tarea Stroop para evaluar la inhibición de respuestas automáticas identificando tres factores principales: la velocidad general, la dificultad en la denominación de colores e interferencia cognitiva; además la tarea muestra alta fiabilidad tras múltiples administraciones y correlaciones significativas con procesos atencionales y del funcionamiento ejecutivo. Señalan también una variación en su ejecución en diferentes edades observando que la interferencia disminuye hacia la edad adulta y aumenta posteriormente, lo que proporciona argumentos para desechar la hipótesis de la práctica diferencial.

En el caso particular de la *Tarea Stroop de Criterios Cambiantes*, ha aportado indicadores de inhibición cognoscitiva y flexibilidad cognoscitiva en estudios para registrar variaciones circadianas en algunos procesos neuropsicológicos (Ramírez et al., 2012), así como para registrar la eficiencia de esos componentes de las funciones ejecutivas entre menores en conflicto con la ley y menores no infractores.

Los resultados de la prueba es esos trabajos con consistentes a los de otros instrumentos para registrar variaciones circadianas en componentes de las funciones ejecutivas como las tareas de ejecución continua para medir la atención (Valdez, et al., 2005); tareas fonológicas y visoespaciales para medir componentes de la memoria de trabajo (Ramírez et al., 2006), así como a los aplicados a poblaciones de menores en conflicto con la ley como la Tarea de Clasificación de Tarjetas Wisconsin (Appellof, 1985).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de este estudio se concluye lo siguiente:

En este estudio se analizaron los cambios con la edad en dos componentes de las funciones ejecutivas: la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva, medidos con la *Tarea Stroop de Criterios Cambiantes*. Los resultados se alinean con las hipótesis, en lo que se refiere a esperar una mejoría progresiva durante la niñez y la pubertad, seguida de estabilidad en la adultez y un deterioro en la vejez, con trayectorias en “U” para los indicadores de ambos procesos, encontrándose picos diferenciados de eficiencia. La diferenciación por tarea reveló que los componentes ejecutivos no cambian de modo uniforme. Este patrón de ejecución respalda la validez neuropsicológica de la tarea como una herramienta sensible para evaluar el control ejecutivo a lo largo del ciclo vital.

En cuanto a la inhibición cognoscitiva, el desarrollo observado es consistente con la maduración y posterior involución de la corteza prefrontal relacionada con la supresión de interferencia y el control inhibitorio que resulta en una mayor vulnerabilidad de esta función en las etapas tardías de la vida. Este resultado refuerza la utilidad de tareas tipo Stroop para considerar y evaluar la integridad del control inhibitorio en entornos clínicos y educativos.

Con respecto a la flexibilidad cognoscitiva, esta función mostró una ventana de óptimo rendimiento desde la pubertad hasta inicios de la edad adulta y un deterioro escalonado desde la quinta década, con un mayor decaimiento en la vejez; lo que constituye evidencia del desarrollo de su eficiencia útil en el ámbito de la intervención clínica y educativa.

Diferencias por sexo

Aunque se observaron diferencias puntuales entre hombres y mujeres, el patrón global no sugiere trayectorias diferenciadas por sexo en el desarrollo/declive de los dos componentes de las funciones ejecutivas. Por lo anterior, se considera a la edad y no al sexo como el factor determinante en el nivel de eficiencia de estos procesos neuropsicológicos.

De tal forma que, los hallazgos confirman que la inhibición cognoscitiva y la flexibilidad cognoscitiva presentan trayectorias evolutivas diferenciadas aunque similares en su patrón de mejoría, estabilidad y declive a lo largo de la vida. La identificación de las edades de cambio, los picos de eficiencia, así como los puntos de deterioro, fortalecen la noción de la relación entre el desarrollo orgánico y el de los que los componentes de las funciones ejecutivas; con lo que se optimiza el diseño de normas y protocolos de evaluación, y orienta estrategias de intervención específicas por edad. En estudios futuros se deberán considerar las comorbilidades médicas y profundizar en las características de ejecución como los tipos de errores y sus secuencias, que faciliten la caracterización del control ejecutivo en condiciones naturales y clínicas.

Referencias

- Adleman, N. E., Menon, V., Blasey, C. M., White, C. D., Warsofsky, I. S., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2002). A Developmental fMRI Study of the Stroop Color-Word Task. *NeuroImage*, 16(1), 61-75. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.1046>
- Aksiotis, V., Myachykov, A., & Tummy, A. (2023). Stop-signal delay reflects response selection duration in stop-signal task. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 85(6), Article 6. <https://doi.org/10.3758/s13414-023-02752-y>
- Alexander, M. P., Stuss, D. T., Picton, T., Shallice, T., & Gillingham, S. (2007). Regional frontal injuries cause distinct impairments in cognitive control. *Neurology*, 68(18), 1515-1523. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000261482.99569.fb>
- Allport, A., Styles, E. A., & Hsieh, Sh. (1994). Shifting Intentional Set: Exploring the Dynamic Control of Tasks. En M. Moscovitch & C. Umiltá (Eds.), *Attention and Performance XV*. The MIT Press. <https://direct.mit.edu/books/edited-volume/4679/chapter/214456/Shifting-Intentional-Set-Exploring-the-Dynamic>
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, S. W., Damasio, H., Jones, R. D., & Tranel, D. (1991). Wisconsin Card Sorting Test performance as a measure of frontal lobe damage.

Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 13(6), 909-922.
<https://doi.org/10.1080/01688639108405107>

Anderson, V. (1998). Assessing Executive Functions in Children: Biological, Psychological, and Developmental Considerations. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8(3), 319-349. <https://doi.org/10.1080/713755568>

Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 385-406. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_5

Anderson, V., Levin, H. S., & Jacobs, R. (2002). Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective. En *Principles of frontal lobe function* (pp. 504-527). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0030>

Appellof, E. (1985). Prefrontal Functions in Juvenile Delinquents. *Psychology - Dissertations*. https://surface.syr.edu/psy_etd/112

Arán Filippetti, V., & Krumm, G. (2020). A hierarchical model of cognitive flexibility in children: Extending the relationship between flexibility, creativity and academic achievement. *Child Neuropsychology*, 26(6), 770-800. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1711034>

Archibald, S. J., & Kerns, K. A. (1999). Identification and description of new tests of executive functioning in children. *Child Neuropsychology*, 5(2), 115-129. <https://doi.org/10.1076/chin.5.2.115.3167>

Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition*, 68(1), 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.03.003>

- Ardila, A. (2019). Executive functions brain functional system. En *Dysexecutive syndromes: Clinical and experimental perspectives* (pp. 29-41). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25077-5_2
- Ardila, R. (1973). *Psicología Fisiológica* (2a ed.). Trillas.
- Armitage, S. G. (1946). An analysis of certain psychological tests used for the evaluation of brain injury. *Psychological Monographs*, 60(1), i-48. <https://doi.org/10.1037/h0093567>
- Aron, A. R. (2007). The Neural Basis of Inhibition in Cognitive Control. *The Neuroscientist*, 13(3), 214-228. <https://doi.org/10.1177/1073858407299288>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.02.010>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: One decade on. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(4), 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.003>
- Baetens, K. L. M. R., Ma, N., & Van Overwalle, F. (2017). The Dorsal Medial Prefrontal Cortex Is Recruited by High Construal of Non-social Stimuli. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 11, 44. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00044>
- Baraban, M., Mensch, S., & Lyons, D. A. (2016). Adaptive myelination from fish to man. *Brain Research, Evolution of Myelin*, 1641, 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.10.026>

- Barbas, H. (2015). *General Cortical and Special Prefrontal Connections: Principles from Structure to Function*. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071714-033936>
- Barbas, H., & Mesulam, M.-M. (1981). Organization of afferent input to subdivisions of area 8 in the rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 200(3), 407-431. <https://doi.org/10.1002/cne.902000309>
- Barbas, H., Zikopoulos, B., & Timbie, C. (2011). Sensory Pathways and Emotional Context for Action in Primate Prefrontal Cortex. *Biological Psychiatry, Prefrontal Cortical Circuits Regulating Attention, Behavior and Emotion*, 69(12), 1133-1139. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.08.008>
- Barceló, F., & Knight, R. T. (2002). Both random and perseverative errors underlie WCST deficits in prefrontal patients. *Neuropsychologia*, 40(3), 349-356. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00110-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00110-5)
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Bartzokis, G., Beckson, M., Nuechterlein, K. H., Edwards, N., & Mintz, J. (2001). Age-related changes in frontal and temporal lobe volumes in men: A magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, 58(5), 461-465. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.58.5.461>
- Bechara, A., Tranel, D., & Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, 123(11), 2189-2202. <https://doi.org/10.1093/brain/123.11.2189>

- Belghali, M., Statsenko, Y., & Laver, V. (2022). Stroop switching card test: Brief screening of executive functions across the lifespan. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 29(1), 14-33. <https://doi.org/10.1080/13825585.2020.1844865>
- Bell-McGinty, S., Podell, K., Franzen, M., Baird, A. D., & Williams, M. J. (2002). Standard measures of executive function in predicting instrumental activities of daily living in older adults. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(9), 828-834. <https://doi.org/10.1002/gps.646>
- Berg, E. A. (1948). A Simple Objective Technique for Measuring Flexibility in Thinking. *The Journal of General Psychology*, 39(1), 15-22. <https://doi.org/10.1080/00221309.1948.9918159>
- Bernard, C. (1915). *Introduction al'etude de la médecine expérimentale* (7a ed., pp. 1-290). Biblioteca de Lagrave. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/sus-35423>
- Bjorklund, D. F., & Harnishfeger, K. K. (1995). 5—The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behavior. En F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Eds.), *Interference and Inhibition in Cognition* (pp. 141-173). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012208930-5/50006-4>
- Borrani, J., Frías, M., Ortiz, X., García, A., & Valdez, P. (2015). Analysis of cognitive inhibition and flexibility in juvenile delinquents. *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*, 26(1), 60-77. <https://doi.org/10.1080/14789949.2014.971852>

- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, *108*(3), 624-652. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.3.624>
- Bouret, S., & Richmond, B. J. (2010). Ventromedial and Orbital Prefrontal Neurons Differentially Encode Internally and Externally Driven Motivational Values in Monkeys. *Journal of Neuroscience*, *30*(25), 8591-8601. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0049-10.2010>
- Bourgeois, J. (1997). Synaptogenesis, heterochrony and epigenesis in the mammalian neocortex. *Acta Paediatrica*, *86*(S422), 27-33. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1997.tb18340.x>
- Braem, S., & Egner, T. (2018). Getting a grip on cognitive flexibility. *Current Directions in Psychological Science*, *27*(6), 470-476. <https://doi.org/10.1177/0963721418787475>
- Breasted, J. H. (1930). *The Edwin Smith Surgical papyrus (facsimile and hieroglyphic transliteration with translation and commentary, in two volumes)* (Vol. 1). The University of Chicago Press.
- Broca, P. (1861). Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bulletin de la Société Anatomique*, *(6)*, 330-357.
- Brodman, K. (2006). *Brodman's: Localisation in the Cerebral Cortex* (1.^a ed.). Springer New York, NY. <https://link.springer.com/book/10.1007/b138298>
- Brown, W. (1915). Practice in associating color-names with colors. *Psychological Review*, *22*(1), 45-55. <https://doi.org/10.1037/h0073322>

- Bugg, J. M., DeLosh, Edward L., Davalos, Deana B., & Davis, H. P. (2007). Age Differences in Stroop Interference: Contributions of General Slowing and Task-Specific Deficits. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14(2), 155-167. <https://doi.org/10.1080/138255891007065>
- Burgess, P. W., & Stuss, D. T. (s. f.). Fifty Years of Prefrontal Cortex Research: Impact on Assessment | Journal of the International Neuropsychological Society. *Cambridge Core*. <https://doi.org/10.1017/S1355617717000704>
- Cafiero, R., Brauer, J., Anwander, A., & Friederici, A. D. (2019). The Concurrence of Cortical Surface Area Expansion and White Matter Myelination in Human Brain Development. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30462166/>
- Carlson, N. R. (2014). *Fisiología de la Conducta* (11a ed.). Pearson Educación.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual Differences in Inhibitory Control and Children's Theory of Mind. *Child Development*, 72(4), 1032-1053. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00333>
- Carmichael, S. T., & Price, J. L. (1995). Limbic connections of the orbital and medial prefrontal cortex in macaque monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, 363(4), 615-641. <https://doi.org/10.1002/cne.903630408>
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Reichle, E. D. (2000). Working memory and executive function: Evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(2), 195-199. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00074-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00074-X)
- Casey, B. J., Trainor, R. J., Orendi, J. L., Schubert, A. B., Nystrom, L. E., Giedd, J. N., Castellanos, F. X., Haxby, J. V., Noll, D. C., Cohen, J. D., Forman,

- S. D., Dahl, R. E., & Rapoport, J. L. (1997). A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a Go-No-Go task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 835-847. <https://doi.org/10.1162/jocn.1997.9.6.835>
- Catani, M. (2019). Chapter 6—The anatomy of the human frontal lobe. En M. D'Esposito & J. H. Grafman (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 163, pp. 95-122). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00006-9>
- Cattell, J. M. (1886). The Time it Takes to See and Name Objects. *Mind*, 11(41), 63-65.
- Cavada, C., Compañy, T., Tejedor, J., Cruz-Rizzolo, R. J., & Reinoso-Suárez, F. (2000). The Anatomical Connections of the Macaque Monkey Orbitofrontal Cortex. A Review. *Cerebral Cortex*, 10(3), 220-242. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.220>
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, 37(5), 715-730. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.715>
- Christ, S. E., White, D. A., Mandernach, T., & Keys, B. A. (2001). Inhibitory Control Across the Life Span. *Developmental Neuropsychology*, 20(3), 653-669. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2003_7
- Churchland, P. S. (1986). *Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain*. MIT Press. <https://direct.mit.edu/books/monograph/4792/NeurophilosophyToward-a-Unified-Science-of-the>

- Comalli, P. E., Wapner, S., & Werner, H. (1962). *Interference Effects of Stroop Color-Word Test in Childhood, Adulthood, and Aging*. (world). <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00221325.1962.10533572>
- Courchesne, E., Chisum, H. J., Townsend, J., Cowles, A., Covington, J., Egaas, B., Harwood, M., Hinds, S., & Press, G. A. (2000). Normal Brain Development and Aging: Quantitative Analysis at in Vivo MR Imaging in Healthy Volunteers. *Radiology*, 216(3), 672-682. <https://doi.org/10.1148/radiology.216.3.r00au37672>
- Craik, F. I. M., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: Mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(3), 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.007>
- Cummings, J. L. (1993). Frontal-Subcortical Circuits and Human Behavior. *Archives of Neurology*, 50(8), 873-880. <https://doi.org/10.1001/archneur.1993.00540080076020>
- Cummings, J. L. (1995). Anatomic and Behavioral Aspects of Frontal-Subcortical Circuits. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769(1), 1-14. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1995.tb38127.x>
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia, Advances in Developmental Cognitive Neuroscience*, 44(11), 2037-2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- de Brabander, J. M., Kramers, R. J. K., & Uylings, H. B. M. (1998). Layer-specific dendritic regression of pyramidal cells with ageing in the human

prefrontal cortex. *European Journal of Neuroscience*, 10(4), 1261-1269.
<https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.1998.00137.x>

De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T. M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the Cantab. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(2), 242-254.
<https://doi.org/10.1076/jcen.25.2.242.13639>

Dekaban, A. S., & Sadowsky, D. (1978). Changes in brain weights during the span of human life: Relation of brain weights to body heights and body weights. *Annals of Neurology*, 4(4), 345-356.
<https://doi.org/10.1002/ana.410040410>

Denckla, M. B. (1973). Development of Speed in Repetitive and Successive Finger-movements in Normal Children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 15(5), 635-645. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1973.tb05174.x>

Diamond, A. (2011). Chapter 18—Biological and social influences on cognitive control processes dependent on prefrontal cortex. En O. Braddick, J. Atkinson, & G. M. Innocenti (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 189, pp. 319-339). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53884-0.00032-4>

Diamond, A. (2013). *Executive Functions*. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Diamond, A. (2014). Understanding executive functions: What helps or hinders them and how executive functions and language development mutually

support one another. *The International Dyslexia Association: Perspectives on Language and Literacy*, 40, 7-11.

Diamond, A. (2020). Chapter 19—Executive functions. En A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 173, pp. 225-240). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00020-4>

Dibbets, P., & Jolles, J. (2006). The Switch Task for Children: Measuring mental flexibility in young children. *Cognitive Development*, 21(1), 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2005.09.004>

DiNuzzo, M., Mangia, S., Moraschi, M., Mascali, D., Hagberg, G. E., & Giove, F. (2022). Perception is associated with the brain's metabolic response to sensory stimulation. *Elife*, 11(e71016), 1-20. <https://doi.org/DOI:%2520https://doi.org/10.7554/eLife.71016>

Du, J., Rolls, E. T., Cheng, W., Li, Y., Gong, W., Qiu, J., & Feng, J. (2020). Functional connectivity of the orbitofrontal cortex, anterior cingulate cortex, and inferior frontal gyrus in humans. *Cortex*, 123, 185-199. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.10.012>

Durgin, F. H. (2000). The reverse Stroop effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7(1), 121-125. <https://doi.org/10.3758/BF03210730>

Durston, S., Thomas, K. M., Worden, M. S., Yang, Y., & Casey, B. J. (2002). The Effect of Preceding Context on Inhibition: An Event-Related fMRI Study. *NeuroImage*, 16(2), 449-453. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1074>

- Dyer, F. N. (1971). Color-naming interference in monolinguals and bilinguals. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10(3), 297-302. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(71\)80057-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(71)80057-9)
- Erraji-Benchekroun, L., Underwood, M. D., Arango, V., Galfalvy, H., Pavlidis, P., Smyrniotopoulos, P., Mann, J. J., & Sibille, E. (2005). Molecular aging in human prefrontal cortex is selective and continuous throughout adult life. *Biological Psychiatry*, 57(5), 549-558. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.10.034>
- Eslinger, P. J., & Grattan, L. M. (1993). Frontal lobe and frontal-striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia*, 31(1), 17-28. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90077-D](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90077-D)
- Essen, D. C. V., & Maunsell, J. H. R. (1983). Hierarchical organization and functional streams in the visual cortex. *Trends in Neurosciences*, 6, 370-375. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(83\)90167-4](https://doi.org/10.1016/0166-2236(83)90167-4)
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A., & Posner, M. I. (2000). Executive Attention and Metacognitive Regulation. *Consciousness and Cognition*, 9(2), 288-307. <https://doi.org/10.1006/ccog.2000.0447>
- Ferrand, L., Ducrot, S., Chausse, P., Maïonchi-Pino, N., O'Connor, R. J., Parris, B. A., Perret, P., Riggs, K. J., & Augustinova, M. (2020). Stroop interference is a composite phenomenon: Evidence from distinct developmental trajectories of its components. *Developmental Science*, 23(2), e12899. <https://doi.org/10.1111/desc.12899>
- Fisher, L. M., Freed, D. M., & Corkin, S. (1990). Stroop Color-Word Test performance in patients with Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and*

Experimental Neuropsychology, 12(5), 745-758.
<https://doi.org/10.1080/01688639008401016>

Fletcher, J. L., Makowiecki, K., Cullen, C. L., & Young, K. M. (2021). Oligodendrogenesis and myelination regulate cortical development, plasticity and circuit function. *Seminars in Cell & Developmental Biology, Special issue: Cortical Development edited by Helen Cooper and Cecilia Flores / Special issue: Heart generation and regeneration edited by Chulan Kwon and Emmanouil Tampakakis*, 118, 14-23.
<https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2021.03.017>

Flourens, P. (1824). *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés*. Chez Crevot.

Flourens, P. (1845). *Examen de la phrénologie* (2.^a ed.). Paulin.
<https://catalog.hathitrust.org/Record/009732136>

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology General*, 133(1), 101-135.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>

Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 72-89. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>

Frith, C., & Dolan, R. (1996). The role of the prefrontal cortex in higher cognitive functions. *Cognitive Brain Research*, 5(1), 175-181.
[https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(96\)00054-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(96)00054-7)

- Fritsch, G., & Hitzig, E. (2009). Electric excitability of the cerebrum (Über die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns). *Epilepsy & Behavior*, 15(2), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2009.03.001>
- Fuster, J. M. (1993). Frontal lobes. *Current Opinion in Neurobiology*, 3(2), 160-165. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(93\)90204-C](https://doi.org/10.1016/0959-4388(93)90204-C)
- Fuster, J. M. (2015). Chapter 2—Anatomy of the Prefrontal Cortex. En J. M. Fuster (Ed.), *The Prefrontal Cortex (Fifth Edition)* (pp. 9-62). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407815-4.00002-7>
- Fuster, J. M. (2017). Chapter 1—Prefrontal Executive Functions Predict and Preadapt. En E. Goldberg (Ed.), *Executive Functions in Health and Disease* (pp. 3-19). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803676-1.00001-5>
- Fuster, J. M. (2019). Chapter 1—The prefrontal cortex in the neurology clinic. En M. D'Esposito & J. H. Grafman (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 163, pp. 3-15). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00001-X>
- Fuster, J. M. (2022). Cognitive Networks (Cognits) Process and Maintain Working Memory. *Frontiers in Neural Circuits*, 15(790691), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fncir.2021.790691>
- Galakhova, A., Hunt, S., Wilbers, R., Heyer, D., de Kock, C., Mansvelder, H., & Goriounova, N. (2022). Evolution of cortical neurons supporting human cognition. *Trends in cognitive sciences*, 26(11), 909-922. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.08.012>

- Gall, F. J., & Spurzheim, J. G. (1810). *Anatomie et physiologie du système nerveux en général, et du cerveau en particulier* (Vol. 1). Chez F. Schoell.
- Garavan, H., Ross, T. J., & Stein, E. A. (1999). Right hemispheric dominance of inhibitory control: An event-related functional MRI study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(14), 8301-8306. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.14.8301>
- García, G. C., Lara, N. M. D., López, F. J. A., & Cabellos, A. B. (Eds.). (1983). *Tratados hipocráticos I: I*. Gredos.
- García-Molina, A., & Peña-Casanova, J. (2024). La organización funcional de la corteza cerebral: De Gall a Lashley. *Neurosciences and History*, 12(4), 240-251.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2014). *Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind* (4th ed.). W.W. Norton.
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of children 3 1/2-7 years old on a Strooplike day-night test. *Cognition*, 53(2), 129-153. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90068-X](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)90068-X)
- Ghashghaei, H. T., Lai, C., & Anton, E. S. (2007). Neuronal migration in the adult brain: Are we there yet? *Nature Reviews Neuroscience*, 8(2), 141-151. <https://doi.org/10.1038/nrn2074>
- Glickstein, M., & Doron, K. (2008). Cerebellum: Connections and Functions. *The Cerebellum*, 7(4), 589-594. <https://doi.org/10.1007/s12311-008-0074-4>

- Godefroy, O. (2003). Frontal syndrome and disorders of executive functions. *Journal of Neurology*, 250(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s00415-003-0918-2>
- Goel, V., & Grafman, J. (1995). Are the frontal lobes implicated in "planning" functions? Interpreting data from the Tower of Hanoi. *Neuropsychologia*, 33(5), 623-642. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)90866-P](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)90866-P)
- Goldman-Rakic, P. S. (1984). The frontal lobes: Uncharted provinces of the brain. *Trends in Neurosciences*, 7(11), 425-429. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(84\)80147-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(84)80147-2)
- Goldman-Rakic, P. S., Cools, A. R., Srivastava, K., Roberts, A. C., Robbins, T. W., & Weiskrantz, L. (1997). The prefrontal landscape: Implications of functional architecture for understanding human mentation and the central executive. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1346), 1445-1453. <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0129>
- Gordon, B. A., Rykhlevskaia, E. I., Brumback, C. R., Lee, Y., Elavsky, S., Konopack, J. F., McAuley, E., Kramer, A. F., Colcombe, S., Gratton, G., & Fabiani, M. (2008). Neuroanatomical correlates of aging, cardiopulmonary fitness level, and education. *Psychophysiology*, 45(5), 825-838. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00676.x>
- Gotlib, I. H., & McCann, C. D. (1984). Construct accessibility and depression: An examination of cognitive and affective factors. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47(2), 427-439. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.47.2.427>

- Gottlieb, G., Wahlsten, D., & Lickliter, R. (2006). The Significance of Biology for Human Development: A Developmental Psychobiological Systems View. En R. M. Lerner & W. Damon (Eds.), *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development* (6th ed., Vol. 1, pp. 210-257). John Wiley & Sons, Inc.
- Grafman, J. (1994). CHAPTER 8—Neuropsychology of the Prefrontal Cortex. En D. W. Zaidel (Ed.), *Neuropsychology* (pp. 159-181). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092668-1.50014-4>
- Grafman, J., & Litvan, I. (1999). Importance of deficits in executive functions. *The Lancet*, *354*(9194), 1921-1923.
- Grafman, J., Litvan, I., Massaquoi, S., Stewart, M., Sirigu, A., & Hallett, M. (1992). Cognitive planning deficit in patients with cerebellar atrophy. *Neurology*, *42*(8), 1493-1493. <https://doi.org/10.1212/WNL.42.8.1493>
- Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, *38*(4), 404-411. <https://doi.org/10.1037/h0059831>
- Grattan, L. M., & Eslinger, P. J. (1989). Higher cognition and social behavior: Changes in cognitive flexibility and empathy after cerebral lesions. *Neuropsychology*, *3*(3), 175-185. <https://doi.org/10.1037/h0091764>
- Greenough, W. T., Black, J. E., & Wallace, C. S. (2002). *Experience and brain development* (p. 216). Blackwell Publishing.
- Gupta, R. K., Hasan, K. M., Trivedi, R., Pradhan, M., Das, V., Parikh, N. A., & Narayana, P. A. (2005). Diffusion tensor imaging of the developing

human cerebrum. *Journal of Neuroscience Research*, 81(2), 172-178.
<https://doi.org/10.1002/jnr.20547>

Guyton, A. C. (1994). *Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso. Neurociencia Básica*. (2a ed.). Editorial Médica Panamericana.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=295632>

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2011). *Tratado de Fisiología Médica* (12a ed.). Interamericana.

Harnishfeger, K. K. (1995). 6 - The development of cognitive inhibition: Theories, definitions, and research evidence. En F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Eds.), *Interference and Inhibition in Cognition* (pp. 175-204). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012208930-5/50007-6>

Harnishfeger, K. K., & Bjorklund, D. F. (1993). The Ontogeny of Inhibition Mechanisms: A Renewed Approach to Cognitive Development. En M. L. Howe & R. Pasnak (Eds.), *Emerging Themes in Cognitive Development*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9220-0_2

Hedman, A. M., van Haren, N. E. M., Schnack, H. G., Kahn, R. S., & Hulshoff Pol, H. E. (2012). Human brain changes across the life span: A review of 56 longitudinal magnetic resonance imaging studies. *Human Brain Mapping*, 33(8), 1987-2002. <https://doi.org/10.1002/hbm.21334>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.
<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2707>

Hodel, A. S. (2018). Rapid infant prefrontal cortex development and sensitivity to early environmental experience. *Developmental Review*, 48, 113-144.
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2018.02.003>

Hohl, K., & Dolcos, S. (s. f.). *Frontiers | Measuring cognitive flexibility: A brief review of neuropsychological, self-report, and neuroscientific approaches*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1331960>

Homack, S., & Riccio, C. A. (2004). A meta-analysis of the sensitivity and specificity of the Stroop Color and Word Test with children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(6), 725-743. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2003.09.003>

Horn, N. R., Dolan, M., Elliott, R., Deakin, J. F. W., & Woodruff, P. W. R. (2003). Response inhibition and impulsivity: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 41(14), 1959-1966. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(03\)00077-0](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(03)00077-0)

Hornak, J., Rolls, E. T., & Wade, D. (1996). Face and voice expression identification in patients with emotional and behavioural changes following ventral frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 34(4), 247-261. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00106-9](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00106-9)

Hudspeth, W. J., & Pribram, K. H. (1990). Stages of brain and cognitive maturation. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 881-884. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.4.881>

Huttenlocher, P. R. (1979). Synaptic density in human frontal cortex—Developmental changes and effects of aging. *Brain Research*, 163(2), 195-205. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(79\)90349-4](https://doi.org/10.1016/0006-8993(79)90349-4)

Ionescu, T. (2012). Exploring the nature of cognitive flexibility. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.11.001>

- Jackson, J. H. (1887). Remarks on Evolution and Dissolution of the Nervous System | Journal of Mental Science. *Journal of Mental Science*, 33(141), 25-48. <https://doi.org/10.1192/bjp.33.141.25>
- Jacobsen, C. F. (1935). FUNCTIONS OF FRONTAL ASSOCIATION AREA IN PRIMATES. *Archives of Neurology And Psychiatry*, 33(3), 558. <https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1935.02250150108009>
- Jacques, S., Zelazo, P. D., Kirkham, N. Z., & Semcesen, T. K. (1999). Rule selection versus rule execution in preschoolers: An error-detection approach. *Developmental Psychology*, 35(3), 770-780. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.35.3.770>
- Jensen, A. R., & Rohwer, W. D. (1966). The stroop color-word test: A review. *Acta Psychologica*, 25, 36-93. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(66\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0001-6918(66)90004-7)
- Jersild, A. T. (1927). Mental set and shift. *Archives of Psychology*, 14, 89, 81-81.
- Jiang, X., & Nardelli, J. (2016). Cellular and molecular introduction to brain development. *Neurobiology of Disease*, 92, 3-17. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2015.07.007>
- Jouandet, M., & Gazzaniga, M. S. (1979). The Frontal Lobes. En *Handbook of Behavioral Neurobiology: Vol 2*. (pp. 25-59). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3944-1_2
- Karenberg, A. (2009). Chapter 5 The Greco-Roman world. En M. J. Aminoff, F. Boller, & D. F. Swaab (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 95, pp. 49-59). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0072-9752\(08\)02105-2](https://doi.org/10.1016/S0072-9752(08)02105-2)

- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del Comportamiento. Métodos de Investigación en Ciencias Sociales* (4a ed.). McGraw-Hill. <https://polidoc.usac.edu.gt/opac/record/28654>
- Kiesel, A., Steinhauser, M., Wendt, M., Falkenstein, M., Jost, K., Philipp, A. M., & Koch, I. (2010). Control and interference in task switching—A review. *Psychological Bulletin*, 136(5), 849-874. <https://doi.org/10.1037/a0019842>
- Kochanska, G., Murray, K., Jacques, T. Y., Koenig, A. L., & Vandegest, K. A. (1996). Inhibitory Control in Young Children and Its Role in Emerging Internalization. *Child Development*, 67(2), 490-507. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1996.tb01747.x>
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (2016). Neuropsychology. En G. G. Berntson, J. T. Cacioppo, & L. G. Tassinary (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (4.^a ed., pp. 26-38). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781107415782.003>
- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (2017). *Neuropsicología humana*. Ed. Médica Panamericana.
- Kolk, S. M., & Rakic, P. (2022). Development of prefrontal cortex. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 41-57. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01137-9>
- Kornack, D. R., & Rakic, P. (1995). Radial and horizontal deployment of clonally related cells in the primate neocortex: Relationship to distinct mitotic lineages. *Neuron*, 15(2), 311-321. [https://doi.org/10.1016/0896-6273\(95\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0896-6273(95)90036-5)

- Kostović, I., Judaš, M., Petanjek, Z., & Šimić, G. (1995). Ontogenesis of goal-directed behavior: Anatomic-functional considerations. *International Journal of Psychophysiology, Ontogenesis of Goal-Directed Behaviour*, 19(2), 85-102. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(94\)00081-O](https://doi.org/10.1016/0167-8760(94)00081-O)
- Krabbendam, L., O'Daly, O., Morley, L. A., Os, J. van, Murray, R. M., & Shergill, S. S. (2009). Using the Stroop task to investigate the neural correlates of symptom change in schizophrenia | *The British Journal of Psychiatry. British Journal of Psychiatry.*, 4(194), 373-374. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.108.055459>
- Kringelbach, M. L., & Rolls, E. T. (2004). The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: Evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Progress in Neurobiology*, 72(5), 341-372. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2004.03.006>
- Kupis, L. B., & Uddin, L. Q. (2023). Developmental Neuroimaging of Cognitive Flexibility: Update and Future Directions. *Annual Review of Developmental Psychology*, 5, 263-284. <https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-120221-035310>
- Lamm, C., Zelazo, P. D., & Lewis, M. D. (2006). Neural correlates of cognitive control in childhood and adolescence: Disentangling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia, Advances in Developmental Cognitive Neuroscience*, 44(11), 2139-2148. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.013>
- Lázaro, J. C. F., & Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), Article 1.

- Leon Carrión, J., García-Orza, J., & Pérez Santama, F. (2004). Development of the Inhibitory Component of the Executive Functions in Children and Adolescents. *International Journal of Neuroscience*, *114*(10), 1291-1311. <https://doi.org/10.1080/00207450490476066>
- Levitt, P. (2003). Structural and functional maturation of the developing primate brain. *The Journal of Pediatrics, Mechanisms of Action of LCPUFA Effects on Infant Growth and Neurodevelopment*, *143*(4, Supplement), 35-45. [https://doi.org/10.1067/S0022-3476\(03\)00400-1](https://doi.org/10.1067/S0022-3476(03)00400-1)
- Levy, R., & Goldman-Rakic, P. S. (2000). Segregation of working memory functions within the dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, *133*(1), 23-32. <https://doi.org/10.1007/s002210000397>
- Lezak, M. D. (1982). The Problem of Assessing Executive Functions. *International Journal of Psychology*, *17*(1-4), 281-297. <https://doi.org/10.1080/00207598208247445>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment, 5th ed* (pp. xxv, 1161). Oxford University Press.
- Li, W., Li, C., Liu, A., Lin, P.-J., Mo, L., Zhao, H., Xu, Q., Meng, X., & Ji, L. (2023). Lesion-specific cortical activation following sensory stimulation in patients with subacute stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *20*(1), 155. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01276-8>
- Logan, G. D. (1985). On the ability to inhibit simple thoughts and actions: II. Stop-signal studies of repetition priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *11*(4), 675-691. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.11.1-4.675>

- Logan, G. D., & Cowan, W. B. (1984). On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*, 91(3), 295-327. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.91.3.295>
- Longe, O., Senior, C., & Rippon, G. (2009). The Lateral and Ventromedial Prefrontal Cortex Work as a Dynamic Integrated System: Evidence from fMRI Connectivity Analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(1), 141-154. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21012>
- Luciana, M., & Nelson, C. A. (2002). Assessment of Neuropsychological Function Through Use of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery: Performance in 4- to 12-Year-Old Children. *Developmental Neuropsychology*, 22(3), 595-624. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2203_3
- Luria, A. R. (1961). *The Role of Speech in the Regulation of Normal and Abnormal Behavior* (1st ed.). <https://shop.elsevier.com/books/the-role-of-speech-in-the-regulation-of-normal-and-abnormal-behavior/luria/978-0-08-009495-3>
- Luria, A. R. (1970). The Functional Organization of the Brain. *Scientific American*, 222(3), 66-79.
- Luria, A. R. (1973). Chapter 1—The Frontal Lobes and the Regulation of Behavior. En K. H. Pribram & A. R. Luria (Eds.), *Psychophysiology of the Frontal Lobes* (pp. 3-26). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-564340-5.50006-8>
- Luria, Alexandr Romanovich. (1973). *The working brain; an introduction to neuropsychology*. New York, Basic Books. <http://archive.org/details/workingbrainintr0000luri>

- Luria, A. R. (2011). *Las funciones corticales superiores del hombre: (Y sus alteraciones por lesiones locales del cerebro)* (2a ed.). Fontarama.
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). Dissociating the Role of the Dorsolateral Prefrontal and Anterior Cingulate Cortex in Cognitive Control. *Science*, 288(5472), 1835-1838. <https://doi.org/10.1126/science.288.5472.1835>
- MacLeod, C. M. (2014). The Stroop Effect. En R. Luo (Ed.), *Encyclopedia of Color Science and Technology* (pp. 1-6). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27851-8_67-1
- Malloy, P. F., & Richardson, E. D. (1994). Assessment of frontal lobe functions. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 6(4), 399-410. <https://doi.org/10.1176/jnp.6.4.399>
- Mesulam, M. (2000). Brain, Mind, and the Evolution of Connectivity. *Brain and Cognition*, 42(1), 4-6. <https://doi.org/10.1006/brcg.1999.1145>
- Mesulam, M.-M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10(4), 309-325. <https://doi.org/10.1002/ana.410100402>
- Mesulam, M.-M. (1986). Frontal cortex and behavior. *Annals of Neurology*, 19(4), 320-325. <https://doi.org/10.1002/ana.410190403>
- Mesulam, M.-M. (2000). Behavioral Neuroanatomy Large-Scale Networks, Association Cortex, Frontal Syndromes, the Limbic System, and Hemispheric Specializations. En M.-M. Mesulam (Ed.), *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195134759.003.0001>

- Mesulam, M.-M. (2002). The Human Frontal Lobes: Transcending the Default Mode Through Contingent Encoding. En D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of Frontal Lobe Function*. Oxford University Press.
- Miller, D. J., Duka, T., Stimpson, C. D., Schapiro, S. J., Baze, W. B., McArthur, M. J., Fobbs, A. J., Sousa, A. M. M., Šestan, N., Wildman, D. E., Lipovich, L., Kuzawa, C. W., Hof, P. R., & Sherwood, C. C. (2012). Prolonged myelination in human neocortical evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(41), 16480-16485. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117943109>
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). *An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function*. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Milner, B., & Petrides, M. (1984). Behavioural effects of frontal-lobe lesions in man. *Trends in Neurosciences*, *7*(11), 403-407. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(84\)80143-5](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(84)80143-5)
- Miyake, Akira, Emerson, M. J., & Friedman, N. P. (2000). ASSESSMENT OF EXECUTIVE FUNCTIONS IN CLINICAL SETTINGS: PROBLEMS AND RECOMMENDATIONS. *Seminars in Speech and Language*, *21*, 169-183. <https://doi.org/10.1055/s-2000-7563>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex «Frontal Lobe» tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

- Modirrousta, M., & Fellows, L. K. (2008). Dorsal Medial Prefrontal Cortex Plays a Necessary Role in Rapid Error Prediction in Humans. *Journal of Neuroscience*, 28(51), 14000-14005.
- Monchi, O., Petrides, M., Petre, V., Worsley, K., & Dagher, A. (2001). Wisconsin Card Sorting revisited: Distinct neural circuits participating in different stages of the task identified by event-related functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience*, 21(19), 7733-7741. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.21-19-07733.2001>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 134-140. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00028-7)
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220-246. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.220>
- Öngür, D., & Price, J. L. (2000). The Organization of Networks within the Orbital and Medial Prefrontal Cortex of Rats, Monkeys and Humans. *Cerebral Cortex*, 10(3), 206-219. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.206>
- Oosterman, J. M., Vogels, R. L. C., van Harten, B., Gouw, A. A., Poggesi, A., Scheltens, P., Kessels, R. P. C., & Scherder, E. J. A. (2010). Assessing mental flexibility: Neuroanatomical and neuropsychological correlates of the Trail Making Test in elderly people. *The Clinical Neuropsychologist*, 24(2), 203-219. <https://doi.org/10.1080/13854040903482848>
- Owen, A. M. (1997). Cognitive planning in humans: Neuropsychological, neuroanatomical and neuropharmacological perspectives. *Progress in Neurobiology*, 53(4), 431-450. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(97\)00042-7](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(97)00042-7)

- Owen, A. M., Downes, J. J., Sahakian, B. J., Polkey, C. E., & Robbins, T. W. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 28(10), 1021-1034. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(90\)90137-D](https://doi.org/10.1016/0028-3932(90)90137-D)
- Owen, A. M., Doyon, J., Petrides, M., & Evans, A. C. (1996). Planning and Spatial Working Memory: A Positron Emission Tomography Study in Humans. *European Journal of Neuroscience*, 8(2), 353-364. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.1996.tb01219.x>
- Pandya, D. N., & Yeterian, E. H. (1996). Comparison of Prefrontal Architecture and Connections. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 351(1346), 1423-1432.
- Panegyres, K. P., & Panegyres, P. K. (2016). The Ancient Greek discovery of the nervous system: Alcmaeon, Praxagoras and Herophilus. *Journal of Clinical Neuroscience*, 29, 21-24. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2015.10.047>
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive Functions and Developmental Psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(1), 51-87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: Architectonic and functional organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1456), 781-795. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1631>
- Petrides, M., & Pandya, D. N. (2002). Association pathways of the prefrontal cortex and functional observations. En *Principles of frontal lobe function*

(pp. 31-50). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0003>

Petrides, M., Tomaiuolo, F., Yeterian, E. H., & Pandya, D. N. (2012). The prefrontal cortex: Comparative architectonic organization in the human and the macaque monkey brains. *Cortex, Frontal lobes*, 48(1), 46-57.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.07.002>

Pileckyte, I., & Soto-Faraco, S. (2024). Sensory stimulation enhances visual working memory capacity. *Communications Psychology*, 2(1), 109.
<https://doi.org/10.1038/s44271-024-00158-6>

Pribram, K. H. (1973). Chapter 14—THE PRIMATE FRONTAL CORTEX – EXECUTIVE OF THE BRAIN. En K. H. Pribram & A. R. Luria (Eds.), *Psychophysiology of the Frontal Lobes* (pp. 293-314). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-564340-5.50019-6>

Pribram, K. H., & Ramírez, J. M. (1995). Cerebro y conciencia. En *Cerebro y conciencia*. Díaz de Santos.
<https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/619ca14ba08dbd1b8f9f3070>

Ramírez, C., García, A., & Valdez, P. (2012). Identification of circadian rhythms in cognitive inhibition and flexibility using a Stroop task. *Sleep and Biological Rhythms*, 10(2), 136-144. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2012.00540.x>

Ramírez, C., Talamantes, J., García, A., Morales, M., Valdez, P., & Menna-Barreto, L. (2006). Circadian rhythms in phonological and visuospatial storage components of working memory. *Biological Rhythm Research*, 37(5), 433-441. <https://doi.org/10.1080/09291010600870404>

- Raz, N., Gunning, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., McQuain, J., Briggs, S. D., Loken, W. J., Thornton, A. E., & Acker, J. D. (1997). Selective aging of the human cerebral cortex observed in vivo: Differential vulnerability of the prefrontal gray matter. *Cerebral Cortex*, 7(3), 268-282. <https://doi.org/10.1093/cercor/7.3.268>
- Reimers, S., & Maylor, E. A. (2005). Task Switching Across the Life Span: Effects of Age on General and Specific Switch Costs. *Developmental Psychology*, 41(4), 661-671. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.41.4.661>
- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an Indicator of Organic Brain Damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8(3), 271-276. <https://doi.org/10.2466/pms.1958.8.3.271>
- Rice, E. P. (1997). *Desarrollo humano: Estudio del ciclo vital*. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1218656>
- Ridderinkhof, K. R., Nieuwenhuis, S., & Braver, T. S. (2007). Medial frontal cortex function: An introduction and overview. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(4), Article 4. <https://doi.org/10.3758/CABN.7.4.261>
- Ridderinkhof, K. R., Span, M. M., & van der Molen, M. W. (2002). Perseverative Behavior and Adaptive Control in Older Adults: Performance Monitoring, Rule Induction, and Set Shifting. *Brain and Cognition*, 49(3), 382-401. <https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1506>
- Ridderinkhof, K. R., van den Wildenberg, W. P. M., Segalowitz, S. J., & Carter, C. S. (2004). Neurocognitive mechanisms of cognitive control: The role of prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning. *Brain and Cognition*,

Neurocognitive mechanisms of performance monitoring and inhibitory control, 56(2), 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.09.016>

Risberg, J., & Ingvar, D. H. (1973). Patterns of activation in the grey matter of the dominant hemisphere during memorizing and reasoning. A study of regional cerebral blood flow changes during psychological testing in a group of neurologically normal patients. *Brain*, 96(4), 737-756. <https://doi.org/10.1093/brain/96.4.737>

Robbins, T. W., James, M., Lange, K. W., Owen, A. M., Quinn, N. P., & Marsden, C. D. (1992). Cognitive performance in multiple system atrophy. *Brain*, 115 Pt 1, 271-291. <https://doi.org/10.1093/brain/115.1.271>

Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a Predictable Switch Between Simple Cognitive Tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(2), 207. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.124.2.207>

Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition, Development of Orbitofrontal Function*, 55(1), 11-29. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00277-X](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00277-X)

Rolls, E. T., & Grabenhorst, F. (2008). The orbitofrontal cortex and beyond: From affect to decision-making. *Progress in Neurobiology*, 86(3), 216-244. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2008.09.001>

Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A Model of the Development of Frontal Lobe Functioning: Findings From a Meta-Analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190-201. https://doi.org/10.1207/s15324826an1204_2

- Rosch, K. S., & Mostofsky, S. (2019). Chapter 19—Development of the frontal lobe. En M. D'Esposito & J. H. Grafman (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 163, pp. 351-367). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00019-7>
- Rosenzweig, M. R., & Bennett, E. L. (1996). Psychobiology of plasticity: Effects of training and experience on brain and behavior. *Behavioural Brain Research, Synaptic Plasticity of the Cortex*, 78(1), 57-65. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00216-2](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00216-2)
- Rosenzweig, M. R., & Leiman, A. L. (1992). *Psicología fisiológica*. McGraw-Hill. <https://books.google.com.mx/books?id=wzUyAAAACAAJ>
- Rushworth, M. F., Buckley, M. J., Behrens, T. E., Walton, M. E., & Bannerman, D. M. (2007). Functional organization of the medial frontal cortex. *Current Opinion in Neurobiology, Cognitive neuroscience*, 17(2), 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.03.001>
- Rushworth, M. F. S., Noonan, M. P., Boorman, E. D., Walton, M. E., & Behrens, T. E. (2011). Frontal Cortex and Reward-Guided Learning and Decision-Making. *Neuron*, 70(6), 1054-1069. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.05.014>
- Rushworth, M. F. S., Walton, M. E., Kennerley, S. W., & Bannerman, D. M. (s. f.). *Action sets and decisions in the medial frontal cortex*. Recuperado 23 de septiembre de 2024, de [https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613\(04\)00191-3](https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613(04)00191-3)
- Sadler, T. W. (2019). *Langman. Embriología Médica* (14a ed.). Wolters Kluwer.
- Sakagami, M., & Pan, X. (2007). Functional role of the ventrolateral prefrontal cortex in decision making. *Current Opinion in Neurobiology, Cognitive*

neuroscience, 17(2), 228-233.
<https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.02.008>

Salat, D. H., Buckner, R. L., Snyder, A. Z., Greve, D. N., Desikan, R. S. R., Busa, E., Morris, J. C., Dale, A. M., & Fischl, B. (2004). Thinning of the Cerebral Cortex in Aging. *Cerebral Cortex*, 14(7), 721-730.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhh032>

Schmahmann, J. D., Smith, E. E., Eichler, F. S., & Filley, C. M. (2008). Cerebral White Matter. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1142(1), 266-309. <https://doi.org/10.1196/annals.1444.017>

Schoenberg, M. R., Marsh, P. J., & Lerner, A. J. (2011). Neuroanatomy Primer: Structure and Function of the Human Nervous System. En M. R. Schoenberger & M. Scott (Eds.), *The Little Black Book of Neuropsychology* (pp. 59-126). Springer, New York, NY.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-76978-3_3

Shallice, T. (1982). Specific Impairments of Planning. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 298, 199-209. <https://doi.org/10.1098/rstb.1982.0082>

Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013). The Expected Value of Control: An Integrative Theory of Anterior Cingulate Cortex Function. *Neuron*, 79(2), 217-240. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.007>

Siddiqui, S. V., Chatterjee, U., Kumar, D., Siddiqui, A., & Goyal, N. (2008). Neuropsychology of prefrontal cortex. *Indian Journal of Psychiatry*, 50(3), 202-208. <https://doi.org/10.4103/0019-5545.43634>

- Simon, J., Rudebeck, P. H., & Rich, E. L. (2021). Chapter One - From affective to cognitive processing: Functional organization of the medial frontal cortex. En A. T. Brockett, L. M. Amarante, M. Laubach, & M. R. Roesch (Eds.), *International Review of Neurobiology* (Vol. 158, pp. 1-28). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2020.11.011>
- Simpson, Andrew., & Riggs, K. J. (2005). Inhibitory and working memory demands of the day–night task in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3), 471-486. <https://doi.org/10.1348/026151005X28712>
- Slamecka, N. J. (1968). A methodological analysis of shift paradigms in human discrimination learning. *Psychological Bulletin*, 69(6), 423-438. <https://doi.org/10.1037/h0025762>
- Spector, A., & Biederman, I. (1976). Mental Set and Mental Shift Revisited. *The American Journal of Psychology*, 89(4), 669-679. <https://doi.org/10.2307/1421465>
- St. James-Roberts, Ian. (1979). Neurological Plasticity, Recovery From Brain Insult, and Child Development. En H. W. Reese & L. P. Lipsitt (Eds.), *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 14, pp. 253-319). JAI. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60116-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60116-0)
- Steinke, A., & Kopp, B. (2020). Toward a Computational Neuropsychology of Cognitive Flexibility. *Brain Sciences*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/brainsci10121000>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>

- Stuss, D., & Levine, B. (2002). Adult Clinical Neuropsychology: Lessons from Studies of the Frontal Lobes. *Annual review of psychology*, *53*, 401-433. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135220>
- Stuss, D. T. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*, *20*(1), 8-23. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90059-U](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90059-U)
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the frontal lobes: Relation to executive functions. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, *17*(5), 759-765. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000695>
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, *63*(3), 289-298. <https://doi.org/10.1007/s004269900007>
- Stuss, D. T., Floden, D., Alexander, M. P., Levine, B., & Katz, D. (2001). Stroop performance in focal lesion patients: Dissociation of processes and frontal lobe lesion location. *Neuropsychologia*, *39*(8), 771-786. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00013-6)
- Sung, D., Park, B., Kim, B., Kim, H., Jung, K.-I., Lee, S.-Y., Kim, B.-N., Park, S., & Park, M.-H. (2021). Gray Matter Volume in the Developing Frontal Lobe and Its Relationship With Executive Function in Late Childhood and Adolescence: A Community-Based Study. *Frontiers in Psychiatry*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.686174>
- Swick, D., & Jovanovic, J. (2002). Anterior cingulate cortex and the Stroop task: Neuropsychological evidence for topographic specificity. *Neuropsychologia*, *40*(8), 1240-1253. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00226-3](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00226-3)

- Tan, P. K., Tang, C., Herikstad, R., Pillay, A., & Libedinsky, C. (2023). Distinct Lateral Prefrontal Regions Are Organized in an Anterior–Posterior Functional Gradient. *The Journal of Neuroscience*, *43*(38), 6564-6572. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0007-23.2023>
- Tau, G. Z., & Peterson, B. S. (2010). Normal Development of Brain Circuits. *Neuropsychopharmacology*, *35*(1), 147-168. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.115>
- Thatcher, R. W. (1991). Maturation of the human frontal lobes: Physiological evidence for staging. *Developmental Neuropsychology*, *7*(3), 397-419. <https://doi.org/10.1080/87565649109540500>
- Thatcher, R. W. (1992). Cyclic cortical reorganization during early childhood. *Brain and Cognition*, *20*(1), 24-50. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90060-Y](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90060-Y)
- Tisserand, D. J., Pruessner, J. C., Sanz Arigita, E. J., van Boxtel, M. P. J., Evans, A. C., Jolles, J., & Uylings, H. B. M. (2002). Regional Frontal Cortical Volumes Decrease Differentially in Aging: An MRI Study to Compare Volumetric Approaches and Voxel-Based Morphometry. *NeuroImage*, *17*(2), 657-669. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1173>
- Tsagkaris, C., Moysidis, D. V., Storozhuk, S., Mozgova, N. G., Papazoglou, A. S., Loudovikou, A., & Poperechna, G. (2021). Lessons from the heart: Revisiting the psychocardiological theories of aristotle in the 21st century. *Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland)*, *74*(11 cz 1), 2846-2849.
- Tucker, D. M., Luu, P., & Pribram, K. H. (1995). Social and emotional self-regulation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *769*, 213-239. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1995.tb38141.x>

- Uexküll., J. von. (1926). *Theoretical biology*. Harcourt, Brace & Company, inc.
<https://wellcomecollection.org/works/ukpr3nvq>
- Uttl, B., & Graf, P. (1997). Color-Word Stroop test performance across the adult life span. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 19(3), 405-420. <https://doi.org/10.1080/01688639708403869>
- Valdez, P., Nava, G., Tirado, H., Frías, M., & Corral, V. (2005). Importancia de las funciones ejecutivas en el comportamiento humano: Implicaciones en la investigación con niños. En A. M. Frías & V. V. Corral (Eds.), *Niñez, Adolescencia y Problemas Sociales* (1.ª ed., pp. 65-81). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J., Armijo, P., & Borrani, J. (2005). Circadian rhythms in components of attention. *Biological Rhythm Research*, 36(1-2), 57-65. <https://doi.org/10.1080/09291010400028633>
- van Middendorp, J. J., Sanchez, G. M., & Burridge, A. L. (2010). The Edwin Smith papyrus: A clinical reappraisal of the oldest known document on spinal injuries. *European Spine Journal*, 19(11), Article 11. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1523-6>
- Watson, A. J., & Bell, M. A. (2013). Individual Differences in Inhibitory Control Skills at Three Years of Age. *Developmental Neuropsychology*, 38(1), 1-21. <https://doi.org/10.1080/87565641.2012.718818>
- Wernicke, C. (1874). *Der aphasische Symptomenkomplex*. Max Cohn & Weigert. https://doi.org/10.1007/978-3-642-65950-8_1
- Williams, B. R., Ponesse, J. S., Schachar, R. J., Logan, G. D., & Tannock, R. (1999). Development of inhibitory control across the life span.

Developmental Psychology, 35(1), 205-213.
<https://doi.org/10.1037//0012-1649.35.1.205>

Williams, J. M. G., Mathews, A., & Macleod, C. (1996). The emotional stroop task and psychopathology. *Psychological Bulletin*, 120(1), 3-24.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.120.1.3>

Woodworth, R. S., & Wells, F. L. (1911). *Association tests*. Psychological review company.

Wright, I., Waterman, M., Prescott, H., & Murdoch-Eaton, D. (2003). A new Stroop-like measure of inhibitory function development: Typical developmental trends. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(4), 561-575. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00145>

Yamamoto, N., Incera, S., & McLennan, C. T. (2016). A reverse Stroop task with mouse tracking. *Frontiers in Psychology*, 7(670), 1-12.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00670>

Zanchin, G. (1992). Considerations on “the sacred disease”; by Hippocrates. *Journal of the History of the Neurosciences*, 1(2), 91-95. (world).
<https://doi.org/10.1080/09647049209525520>

Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2019). Chapter 20—Aging of the frontal lobe. En M. D’Esposito & J. H. Grafman (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 163, pp. 369-389). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00020-3>

Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297-301. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.46>

- Zelazo, P. D. (2020). *Executive Function and Psychopathology: A Neurodevelopmental Perspective*. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-072319-024242>
- Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica, Executive Control of Human Action*, 115(2), 167-183. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.12.005>
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), vii-137. <https://doi.org/10.1111/j.0037-976x.2003.00260.x>
- Zied, K. M., Phillipe, A., Karine, P., Valerie, H.-T., Ghislaine, A., Arnaud, R., & Didier, L. G. (2004). Bilingualism and adult differences in inhibitory mechanisms: Evidence from a bilingual stroop task. *Brain and Cognition*, 54(3), 254-256. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.02.036>