



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**Efecto del ayuno y desayuno sobre
atención, memoria y función ejecutiva**

TESIS PRESENTADA POR

Mérida Galilea Tapia Medina

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE

Maestra en Psicología

COMITÉ TUTORAL

Erwin Rogelio Villuendas González (Tutor)

Doctor en Ciencia del Comportamiento

Esteban Gudayol Ferré (Co-tutor)

Doctor en Investigación en Medicina

Fabiola Reveca Gómez Velázquez

Doctora en Ciencia del Comportamiento

Bertha Fenton Navarro

Doctora en Ciencias Fisiológicas

REVISORES

María Rosales García

Doctora en Psicología y Salud

MORELIA, MICH., FEBRERO DE 2020



Índice

Índice.....	2
Índice de figuras.....	4
Índice de tablas.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Antecedentes.....	10
I. Atención.....	11
I.1. Dos Modelos Teóricos del Proceso Atencional.....	12
Teoría de la selección temprana.....	12
Teoría de la selección tardía.....	12
I.2. Modelos de atención.....	12
I.2.1. Modelo de Mesulam.....	13
I.2.2. Modelo de Sohlberg y Mateer.....	13
I.2.3. Modelo de Mirsky.....	14
I.2.4. Modelo de Stuss y Benson.....	14
I.2.5. Modelo de Broadbent.....	14
I.3. Modelo de Redes Atencionales.....	15
I.3.1. Red Atencional de Orientación.....	16
I.3.2. Red Atencional de Vigilancia o Alerta.....	17
I.3.3. Red Atencional Anterior.....	18
II. Memoria.....	20
II.1. Memoria Operativa o de Trabajo.....	21
II.2. Memoria a corto plazo.....	22
II.3. Memoria a largo plazo.....	23
III. Función Ejecutiva.....	24
IV. Nutrición y Cognición.....	26
IV.1. Proteínas.....	27
IV.2. Grasas.....	28
IV.3. Carbohidratos.....	28
IV.4. Índice Glucémico.....	29
V. Efecto del ayuno sobre las funciones cognitivas.....	30
Relación entre el nivel glucosa y el rendimiento en diversas funciones cognitivas.....	31

El ayuno eventual se asocia a bajo desempeño.....	31
El protocolo de ayuno intermitente asociado a la mejora en indicadores fisiológicos relacionados con el funcionamiento del cerebro.....	32
VI. Plantea miento de problema.....	34
Pregunta de investigación.....	34
Objetivo General.....	34
Objetivos Específicos.....	35
Hipótesis.....	35
Métodos.....	36
Participantes.....	36
Muestreo.....	36
Diseño.....	36
Criterios.....	37
Criterios de inclusión:.....	37
Criterios de exclusión:.....	37
Instrumentos.....	37
Prueba de Redes Atencionales ANT (Attention Network Test).....	37
Tarea de Memoria de Trabajo (Working Memory Task) Sternberg.....	39
Fluidez Verbal.....	40
Tarea de Ejecución Continua (Continuous Performance Test “CPT”).....	41
Desayuno.....	42
Glucómetro.....	42
Procedimiento.....	43
Resultados.....	45
Prueba de redes atencionales (Attention Network Test).....	45
Tarea de Memoria de Trabajo “Paradigma de Sternberg”.....	47
Fluidez Verbal (FLV).....	51
Prueba de ejecución continua (Continuous Performance Test).....	52
Análisis Complementarios.....	57
Prueba de redes atencionales (Attention Network Test).....	58
Tarea de Memoria de Trabajo “Paradigma de Sternberg”.....	61
Discusión.....	64
Referencias.....	67

Índice de figuras

Figura 1: Áreas anatómicas de la Red de Orientación.....	17
Figura 2: Áreas anatómicas de la Red de Alerta.....	18
Figura 3: Áreas anatómicas de la Red de Atención Anterior.....	19
Figura 4: Taxonomía de los sistemas de memoria, adaptado de Squire (2004).....	24
Figura 5: Curvas de glucosa con distintos tipos de carbohidratos.....	30
Figura 6: Estructura de la tarea de Redes Atencionales.....	38
Figura 7: Estructura de la tarea de Memoria de Trabajo.....	40
Figura 8: Estructura de la tarea de Atención Sostenida (CPT).....	42
Figura 9: Proceso de orden contrabalanceado de los participantes.....	44
Figura 10: Eficiencia de las redes atencionales en las dos condiciones experimentales.....	47
Figura 11: Probabilidad de precisión por número de estímulos y condición (Paradigma de Sternberg).....	48
Figura 12: Índice de precisión por tipo de objetivo (Paradigma de Sternberg).....	48
Figura 13: Tiempos de reacción por numero de estímulos.....	50
Figura 14: Tiempo de reacción y tipo de objetivo en la tarea de memoria de trabajo (Paradigma de Sternberg).....	50
Figura 15: Media de palabras en la tarea de Fluidez Verbal.....	51
Figura 16: Precisión de los bloques de la Prueba de Ejecución Continua (CPT).....	53
Figura 17: Precisión de la etapa (Inicial/Tardía) los bloques de la Prueba de Ejecución Continua (CPT). 54	
Figura 18: Tiempo de reacción de los bloques NW y WW de la Prueba de Ejecución Continua.....	55
Figura 19: Medias del Bloque NW y etapa Inicial y Tardía.....	55
Figura 20: Medias del Bloque WW en etapa Inicial y Tardía.....	56

Figura 21: Índices de eficiencia en red Alerta (n=18).....	59
Figura 22: Eficiencia en la Red de Orientación entre Hombres y Mujeres (n=18).....	59
Figura 23: Eficiencia en la Red de Control entre Hombres y Mujeres (n=18).....	60
Figura 24: Eficiencia en el bloque “Control Saturado” entre hombres y Mujeres (n=18).....	60
Figura 25: Tiempos de reacción del bloque 4 estímulos de la tarea Paradigma de Sternberg entre Hombres y Mujeres (n=18).....	62
Figura 26: Tiempos de reacción del bloque de 6 estímulos de la tarea Paradigma de Sternberg entre Hombres y Mujeres (n=18).....	62
Figura 27: Media de los tiempos de reacción de los ensayos con Objetivo Ausente (n=18).....	63
Figura 28: Tiempos reacción del tipo de objetivo “Presente”.....	63

Índice de tablas

Tabla 1: Modelo Propuesto por Tulving.....	20
Tabla 2: Desglose de carbohidratos por su complejidad.....	28
Tabla 3: Estadísticos descriptivos de la variable Glucosa.....	45
Tabla 4: Estadísticos descriptivos de los índices de eficiencia del Attention Network Test.....	46
Tabla 5: Correlación entre el nivel de glucosa e índices de eficiencia de la tarea de redes atencionales en ambas condiciones experimentales.....	46
Tabla 6: Estadísticos descriptivos de las variables de la tarea de Memoria de trabajo.....	49
Tabla 7: Correlación de las variables de la tarea de memoria de trabajo con la variable glucosa en ambas condiciones experimentales (ayuno-desayuno).....	49
Tabla 8 Estadísticos descriptivos de las variables de la tarea de Fluidez Verbal: Fonológica y Semántica	51
Tabla 9: Estadísticos descriptivos de la Prueba de Ejecución Continua (CPT).....	52
Tabla 10: Correlación entre el nivel de glucosa y el rendimiento en la tarea de ejecución continua en ambas condiciones experimentales (Ayuno-Desayuno).....	53
Tabla 11: Estadísticos descriptivos de la variable Glucosa para el análisis complementario n=18.....	57
Tabla 12: Estadísticos descriptivos de los índices de eficiencia del Attention Network Test del análisis complementario n=18.....	58
Tabla 13: Se muestran los resultados de MANOVA con esfericidad asumida para las medidas de los 4 bloques de la tarea de redes atencionales así como el valor p y el valor Eta parcial2.....	59
Tabla 14: Estadísticos descriptivos con las variables de la tarea de Memoria de trabajo. Se presentan los estadísticos de los tiempos de reacción en milisegundos.....	61

Resumen

El consumo de alimentos es la forma en la que se aporta energía suficiente para realizar tareas cotidianas tanto físicas como cognitivas. Los alimentos ricos en carbohidratos ofrecen glucosa a nuestro organismo, misma que será tomada como combustible principal para nuestros órganos, incluyendo el cerebro. Dentro de los carbohidratos se encuentran simples y complejos, estos últimos se descomponen en un lapso mayor que los simples por lo que el aporte de glucosa se administra de forma más consistente en un periodo de tiempo mayor. Durante el ayuno el organismo no cuenta con carbohidratos disponibles y pone en marcha mecanismos para proveer de energía al organismo y esto resulta en un nivel de glucosa menor respecto del desayuno. Se desconoce si el estado de ayuno resulte en un menor rendimiento cognitivo en comparación al desayuno de bajo índice glucémico. En este estudio de medidas repetidas mostramos que no hay diferencias significativas entre el ayuno y el consumo de un desayuno de bajo índice glucémico. Este resultado se contrapone con otros estudios con diseños parecidos. El consumo de un alimento de bajo índice glucémico que aporta un nivel constante de glucosa no produce un cambio significativo respecto de los mecanismos propios del organismo cuando se encuentra en ayuno.

PALABRAS CLAVES: Atención, memoria de trabajo, ayuno, desayuno y rendimiento cognitivo.

Abstract

Food consumption is the way in which sufficient energy is provided to perform daily physical and cognitive tasks. Carbohydrate-rich foods offer glucose to our body, which will be taken as the main fuel for our organs, including the brain. Among the carbohydrates are simple and complex, the latter break down in a longer period than the simple ones, so the glucose intake is administered more consistently over a longer period of time. During fasting the body does not have available carbohydrates and implements mechanisms to provide energy to the body and this results in a lower glucose level compared to breakfast. It is unknown if fasting results in lower cognitive performance compared to breakfast with low glycemic index. In this study of repeated measures we show that there is no significant difference between fasting and eating a low glycemic breakfast. This result contrasts with other studies with similar designs. The consumption of a low glycemic food that provides a constant level of glucose does not produce a significant change with respect to the body's own mechanisms when fasting.

Introducción

El desayuno es la comida más importante del día, ya que contribuye sustancialmente a la ingesta diaria de nutrientes y a las necesidades energéticas, esta ingesta de energía es la que capacita al individuo a realizar las actividades físicas y cognitivas cotidianas, entonces ¿qué pasa si no desayunamos? Se han descrito tanto efectos positivos como negativos del ayuno. Aunque el tema del desayuno y ayuno no varía en sus efectos en los humanos de todo el mundo. En México el tema de la nutrición en la neuropsicología es poco investigado (González-Garrido, Brofman-Epelbaum, Gómez-Velázquez, Balart-Sánchez, & Ramos-Loyo, 2019). Por lo cual parece útil ahondar en el tema.

Tradicionalmente en el campo de la nutrición se mantiene el argumento sobre la importancia de llevar una dieta balanceada y suficiente en términos de energía, en concreto referente a la cantidad de calorías consumidas. Por ejemplo, ante una ingesta adecuada de calorías, la concentración de glucosa en la sangre debe encontrarse relativamente estable, para proveer de energía a los eritrocitos y a las células del tejido nervioso. Durante el descanso nocturno el cerebro consume un tercio de la energía que requiere el organismo, siendo la glucosa su principal fuente de energía (Mergenthaler, Lindauer, Dienel, & Meisel, 2013). Por ejemplo en un adulto, las células del cerebro son las que demandan la mayor parte de energía (Howarth, Padraig, & Attwell, 2012).

El cerebro adulto consume el 20% de la energía que se deriva de la glucosa, un aproximado de 5.6 mg. de glucosa por 100 gr. de tejido encefálico por minuto (Erbslöh, Bernsmeier, & Hillesheim, 1958). Tal energía se obtiene en mayor medida de la glucosa de la dieta; si ésta fuera insuficiente, el hígado y el riñón tendrán que producirla a partir de los aminoácidos de las proteínas musculares, situación que a largo plazo puede derivar en casos de desnutrición (Koolman & Röhm, 2005).

Speakman y Mitchell (2011) mencionan algunos beneficios del ayuno intermitente y restricción calórica como la pérdida de grasa o el aumento de masa magra (músculo) en el caso de quien sigue una rutina de ejercicio diaria. Algunos estudios incluso señalan que hay un menor

número de estudios que muestran si los beneficios también se reflejan en el rendimiento cognitivo (Martin, Mattson, & Maudsley, 2006; Witte, Fobker, Gellner, Knecht, & Flöel, 2009). Entre estos, una revisión realizada por Murphy, Dias y Thuret (2014) sobre el efecto de la dieta en la plasticidad cerebral concluyen que la dieta influye en múltiples aspectos de la plasticidad, incluido el neurodesarrollo, los factores neurotróficos, neurogénesis, sinaptogénesis y el nivel de actividad de redes neuronales.

En esta investigación se busca explorar y caracterizar el rendimiento cognitivo en tareas de atención, memoria de trabajo y fluidez verbal, comparando estudiantes universitarios en condición de ayuno y con un desayuno de bajo índice glucémico que resulte más estable a través del tiempo.

Antecedentes

Hay estudios que evalúan el efecto del desayuno (Adolphus, Lawton, Champ, & Dye, 2016; Hoyland, Dye, & Lawton, 2009) sobre la cognición y muestran en general un efecto positivo de éste, a diferencia de quienes tienen condición de ayuno. Estos efectos pueden observarse en procesos distintos como la memoria y la atención. En el primer caso, el ayuno suele resultar en un menor número de palabras recordadas en comparación con los participantes que desayunaron (Wesnes, Pincock, Richardson, Helm, & Hails, 2003). En las tareas atencionales, el desayuno suele reflejarse en un menor número de errores de tipo “falsas alarmas” (Mahoney, Taylor, Kanarek, & Samuel, 2005). Los estudios generalmente utilizan tareas similares, lo cual facilita la contrastación y generalización de los resultados.

Nabb y Benton (2006) realizan una investigación donde evalúan el rendimiento cognitivo comparando individuos que han desayunado respecto de otros que no, los hallazgos muestran diferencias significativas sobre todo cuando las pruebas son administradas después de unas horas de haber desayunado y sobre todo cuando las pruebas son más exigentes y se han considerado tasas de error, favoreciendo a los participantes en condición de desayuno.

Se hizo una búsqueda simple en Google Académico con variables fisiológicas y cognitivas, se encontró que hay un mayor número de resultados al combinar variables fisiológicas, que cuando se combinan palabras con variables cognitivas. Se encontraron pocos estudios que comparen el efecto de diferentes desayunos sobre el rendimiento cognitivo. Por otro lado, entre este reducido número de estudios, son menos aun los que proporcionan descripciones

detalladas de los alimentos que se administraron, lo que no permite el cálculo de energía y la composición de macronutrientes. Los estudios realizados por Benton y Brock (2010); Nabb y Benton (2006) .contienen información específica de los alimentos que se administraron en los experimentos, su aporte calórico y composición de macronutrientes.

I. Atención

Una de las primeras definiciones de la atención es la que postuló William James en (1890): “Tomar posesión de la mente, en una forma vívida y clara de uno o muchos posibles objetos o formas de pensamiento presentados en forma simultánea. La focalización y la concentración de la conciencia son parte de su esencia. Implica hacer a un lado algunas cosas para poder manejar otras eficientemente”.

Parece que esta definición hace referencia a la atención selectiva, que inhibe estímulos irrelevantes y permite focalizar la atención en otros estímulos que se considera son relevantes en determinada situación (Cowan, 1998).

Por otro lado el nivel de alertamiento tiene efecto en la capacidad de mantener la atención por largos periodos a esta acción se le denomina atención sostenida; mientras que la atención dividida es un concepto comúnmente utilizado para referir a la atención destinada a atender múltiples estímulos, esto implica un procesamiento de información en paralelo (González-Garrido, Márquez-Orta, & Ramos-Loyo, 2006).

Los conceptos actuales sobre atención distinguen «variedades atencionales» en contraposición a un solo tipo. Parasuraman y Davies (1984) dedican todo un volumen a la distinción entre procesos selectivos, intensivos, de alerta y mantenimiento; considerándolos como variedades atencionales. Laberge (1995) identifica tres manifestaciones de la atención, que serían selección, preparación y mantenimiento.

I.1. Dos Modelos Teóricos del Proceso Atencional

El estudio del proceso atencional se ha basado principalmente en dos modelos teóricos conocidos como teoría de la selección temprana por Donald Broadbent en 1958 y el segundo modelo llamado teoría de la selección tardía propuesto inicialmente por Deutsch y Deutsch en 1963. Aunque posteriormente Duncan (1980), MacKay (1973) y Norman (1968) fueron sus defensores.

Teoría de la selección temprana

También llamada teoría de filtrado propone que cualquier estímulo que alcanza el sistema nervioso se procesa hasta que ciertos atributos físicos son analizados y representados de forma explícita. Este filtrado que identifica el estímulo es capaz sólo de sostener y procesar un estímulo por vez por tal motivo este mecanismo también determina la relevancia del estímulo en base a sus atributos físicos, por lo que se le denominó a este mecanismo, filtro selectivo. Esta teoría enfatiza la existencia de una limitación para llevar a cabo discriminaciones simultáneas, sin poder llevar a cabo el procesamiento en paralelo de los estímulos entrantes.

Teoría de la selección tardía

Esta teoría propone que la identificación de estímulos se lleva a cabo de forma no selectiva, sin limitación capacitiva. La limitante en este modelo se ubica después del análisis. La hipótesis se basa en que, aunque el sujeto decida o no atender a determinado estímulo, las estructuras cerebrales reconocen y analizan cualquier estímulo entrante.

I.2. Modelos de atención

A través de la historia podemos encontrar numerosas aportaciones desde la neurología, la neuropsicología y la neurociencia cognitiva. A pesar de tantas aportaciones no se puede concluir en una teoría unificada de la atención, esto debido a la complejidad de su

funcionamiento y por ende la dificultad de ser evaluada teniendo en cuenta todas las variedades atencionales, por esa razón, a continuación desarrollamos un panorama muy general de los modelos de atención más estudiados siendo el último modelo explicado el de redes atencionales, propuesto por Michael Posner y Steven Petersen en 1990 ya que se ha elegido este modelo para evaluar atención en este proyecto, pues diferencia tres redes de atención y la evaluación propuesta por Fan, Mccandliss, Sommer, Raz, & Posner (2002) resulta una herramienta bastante sensible.

1.2.1. Modelo de Mesulam

Se basa en la idea de que el proceso de atención no se representa como una única región ni un todo en el cerebro. En 1981 Marsel Mesulam se planteó el vínculo de una red neuronal de cuatro regiones (formación reticular, corteza parietal posterior, circunvolución del cíngulo y corteza prefrontal), responsables de la atención visoespacial. Según Mesulam cada componente tendría una función primordial, ejemplo: la formación reticular se encarga de incrementar y mantener el nivel de alerta, la corteza parietal posterior permite la orientación hacia los estímulos relevantes, la circunvolución del cíngulo participa en la regulación de aspectos motivacionales, la corteza prefrontal encargada de coordinar los programas motores requeridos para la orientación hacia los estímulos relevantes.

1.2.2. Modelo de Sohlberg y Mateer

Describieron un modelo de evaluación de la atención que se basa en los datos aportados por la neuropsicología experimental, desde el ámbito clínico, es un modelo jerárquico en el que cada nivel requiere del correcto funcionamiento del nivel anterior, además qué; cada nivel aumenta de complejidad. Este modelo propuesto por Mckay Moore Sohlberg y Catherine Mateer en 1987, propone el concepto de arousal o activación que se entiende como la capacidad para permanecer en vigilia y mantener un estado de alerta, permitiendo atender estímulos de manera general. Por otro lado también refiere cinco modalidades de atención.

- Atención focalizada: Capacidad de responder de forma discreta a un estímulo.
- Atención sostenida: Mantiene una respuesta conductual consistente en un lapso de tiempo
- Atención selectiva: Esta modalidad atencional mantiene una respuesta en un contexto de distracción o competencia de estímulos.
- Atención alternante: Capacidad de flexibilidad mental que permite alternar el foco de atención y moverse entre tareas con distintos requerimientos cognitivos y/o dificultades.

- Atención dividida: Permite atender simultáneamente dos o más tareas o más de un estímulo de una misma tarea.

1.2.3. Modelo de Mirsky

Su propuesta es que la atención es un proceso complejo, conformado por varios elementos dependiendo cada uno de ellos de diferentes regiones en el sistema nervioso central. La consumación de este modelo se fue dando gracias a las aproximaciones experimentales al evaluar los trastornos de atención en distintas poblaciones (Mirsky, 1987; Mirsky & Duncan, 1987; Mirsky & Van Buren, 1965). Al realizar un análisis factorial se encontraron cinco factores que corresponden a los siguientes procesos: focalizar la atención, relacionado con la velocidad perceptual y motora; atención sostenida, asociada al nivel de alerta presentado a lo largo del tiempo; codificación, muestra aspectos relacionados con el procesamiento de la información; flexibilidad, relacionado con la capacidad de cambio de estrategias; y orientación hacia estímulos novedosos presentados en el ambiente.

1.2.4. Modelo de Stuss y Benson

Para estos autores, la atención se lleva a cabo a través de un circuito anatómico que incluye: *a)* Sistema reticular activador ascendente, relacionado con los niveles tónicos de alerta. *b)* Sistema de proyección talámica, implicado en los cambios fásicos del nivel de alerta. *c)* Sistema fronto-talámico, se encuentra bajo la influencia del sistema reticular activador ascendente y tiene un papel central en el control de la atención selectiva (Benson & Stuss, 1990).

1.2.5. Modelo de Broadbent

Donald Broadbent en 1958 formula un modelo atencional de procesamiento compuesto por varias estructuras, se hace énfasis en la naturaleza selectiva de la atención, debido a que el sistema nervioso debe elegir entre una variedad de estímulos que compiten para alcanzar distintos receptores sensoriales. La incapacidad del sistema nervioso para atender a toda la información sensorial hace necesaria la existencia de “filtros” que determinen cuál es la información relevante.

El modelo propone que la información llega hasta una estructura o canal de capacidad limitada (*sistema P*), funciona de forma secuencial y lleva a cabo el procesamiento consciente. La información que llega a él se selecciona mediante un filtro que se basa en las características físicas de los estímulos, este filtro es rígido y funciona de manera absoluta “todo o nada”, se selecciona un único elemento por cada momento.

Cuando se ha alcanzado el sistema P se analiza la información de manera semántica para luego acceder al sistema de probabilidades condicionadas de hechos pasados que provocará a su vez algún tipo de respuesta en los sistemas efectores. Los estímulos que no se seleccionaron permanecen por un breve tiempo en un almacén pre-perceptivo con una capacidad limitada que se ubica justo antes del filtro, de esta forma, parte de la información pasa después al filtro (Colmenero Jiménez, Catena Martínez, & Fuentes, 1970).

I.3. Modelo de Redes Atencionales

Michael Posner y colaboradores han propuesto una teoría integrativa, en la que sostienen que la variedad de demostraciones de atención es producida por sistemas atencionales independientes que sin embargo, interactúan (Posner & Dehaene, 1994; Posner & Petersen, 1990; Posner & Rothbart, 1992).

Por otro lado, en su artículo de revisión Michael Posner y Steven Petersen (1990) hacen tres proposiciones: en la primera afirman que el sistema de atención está anatómicamente separado de los sistemas de procesamiento de datos que realizan operaciones, manejan estímulos, toman decisiones y producen resultados; en la segunda plantean que la atención depende de una red de áreas anatómicas; y como tercera proposición, señalan que las áreas involucradas en la atención llevan a cabo diferentes funciones caracterizadas en términos cognitivos específicos.

Así, para Posner y Petersen (1990) la atención es un sistema modular compuesto por tres redes: la Red Atencional Posterior o de Orientación, la Red de Vigilancia o Alerta y la Red Anterior o de Control Ejecutivo; estas tienen funciones atencionales distintas entre sí y a su vez estarían asociadas a áreas cerebrales diferenciadas.

1.3.1. Red Atencional de Orientación

La red de orientación se centra en la capacidad de priorizar la información sensorial seleccionando una ubicación (Petersen & Posner, 2012). La función más estudiada de esta red es la de orientar la atención hacia un sitio en el espacio donde aparece un estímulo potencialmente sobresaliente, ya sea porque posee propiedades únicas, es novedoso o aparece de manera abrupta en el campo visual para así mejorar el rendimiento de la red de control ejecutivo.

Uno de los procedimientos más utilizados para estudiar esa función, consiste en la presentación abrupta de una señal en una de las posibles posiciones del estímulo objetivo antes de la presentación de éste (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Se suele encontrar mayor rapidez y precisión cuando la señal y el estímulo objetivo aparecen en la misma posición espacial (ensayos válidos), que cuando aparecen en distinta posición (ensayos inválidos). Este efecto de facilitación parece indicar que al orientar la atención previamente hacia el lugar del estímulo objetivo se maximiza la percepción y velocidad de procesamiento de éste. Lo más llamativo de este hallazgo es que se produce aun cuando la señal no predice el lugar de aparición del objetivo.

Aunque inicialmente se consideraba que las áreas anatómicas relacionadas con esta red se limitaban al núcleo pulvinar y al colículo superior así como a la corteza parietal y visual (Posner & Petersen, 1990), el consenso de la literatura de imagenología reciente (Petersen & Posner, 2012) muestra que también áreas frontales y posteriores forman parte de esta red (ver figura 1).

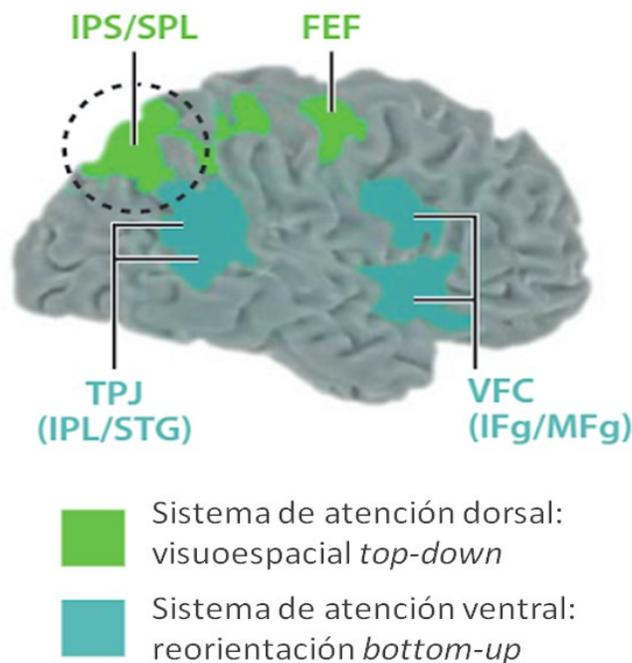


Figura 1: Áreas anatómicas de la Red de Orientación

Las redes de orientación dorsal y ventral, la red de atención dorsal (verde claro) consiste en campos oculares frontales (FEF, por sus siglas en inglés) y el surco intraparietal / lóbulo parietal superior (IPS / SPL, por sus siglas en inglés). La red de atención ventral (verde oscuro) ubicada en regiones en la unión temporoparietal (TPJ, por sus siglas en inglés) y la corteza frontal ventral (VFC, por sus siglas en inglés). (Adaptado de Petersen y Posner, 2010).

1.3.2. Red Atencional de Vigilancia o Alerta

Una función importante de la atención es la capacidad de preparar y mantener el estado de alerta para procesar señales altamente prioritarias, por lo que se puede decir que esta red se encargaría de mantener un estado preparatorio o de «arousal» general, necesario para la detección rápida de los estímulos (Posner & Petersen, 1990).

Un método para el estudio de la red de vigilancia es usar una señal de advertencia, antes del evento objetivo, para producir un cambio fásico en el estado de alerta. La señal lleva a reemplazar el estado de reposo con un nuevo estado que implica la preparación para detectar y responder a la señal esperada (Petersen & Posner, 2012).

También se atribuye a esta red la función de alerta fásica o de corta duración producida por la presentación de señales de aviso que anuncian la inminente llegada de un estímulo (Funes & Lupiañez, 2003). Se suele encontrar en las evaluaciones que, aunque estas señales inespecíficas no informan del lugar o identidad del estímulo objetivo, somos más rápidos en responder a éste ante señales de alerta, que en ausencia de ellas. Sin embargo, mencionan Posner

y Petersen en su revisión de 1990, que el estado de alerta produce una respuesta más rápida, pero este aumento se acompaña de una tasa de error más alta. Es como si la acumulación de información sobre la clasificación del objetivo ocurriera al mismo ritmo, independientemente de la vigilancia.

Este «balance velocidad-precisión» es un patrón constante en estudios con este tipo de estímulos (Posner, Klein, Summers, & Buggie, 1973) y podría estar indicando que la señal de alerta nos prepara para dar una respuesta más rápida pero sin mejorar la velocidad de procesamiento del estímulo. Las áreas corticales asociadas a esta función están lateralizadas al hemisferio derecho, en el lóbulo frontal y parietal, recibiendo proyecciones del Locus Coeruleus a través del neurotransmisor Norepinefrina (Ver figura 2).

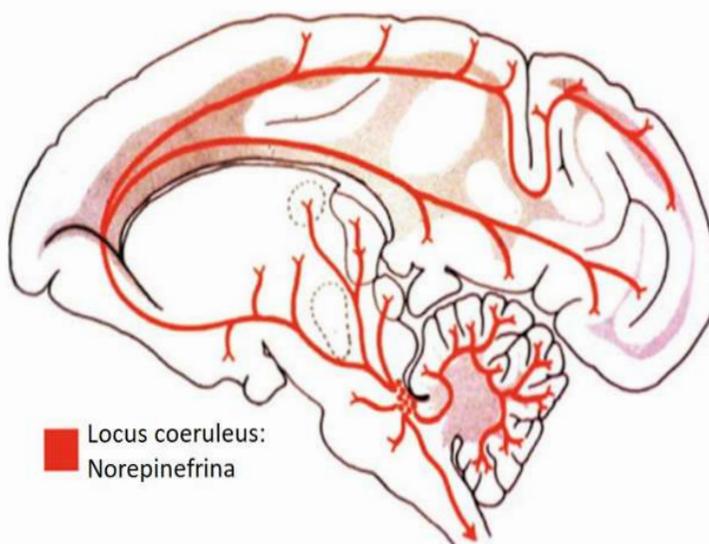


Figura 2: Áreas anatómicas de la Red de Alerta

Las proyecciones del locus coeruleus del sistema de alerta se muestran en un cerebro de macaco. Las conexiones difusas interactúan con otros sistemas más fuertemente localizados. El sistema de alerta también incluye regiones de las cortezas frontal y parietal (no mostradas). Adaptado de Petersen & Posner (2010).

1.3.3. Red Atencional Anterior

Por último, la Red Atencional Anterior es la encargada de ejercer el control voluntario sobre el procesamiento de información ante situaciones que necesitan de algún tipo de planificación, desarrollo de estrategias, resolver problemas, o responder a situaciones que impliquen la generación de un resultado novedoso (Posner & Raichle, 1994).

A su vez, se considera que existe una relación muy estrecha entre esta red y los procesos de detección consciente de los estímulos (Posner & Rothbart, 1992), así como con procesos de memoria de trabajo (Posner & Dehaene, 1994). Una forma muy utilizada para el estudio de estas funciones ejecutivas ha sido mediante tareas que presentan conflicto estimular y/o de respuesta, tales como las tareas tipo “Stroop” (Stroop, 1935) o de flancos (Eriksen & Hoffman, 1974).

En las tareas enunciadas antes se suele comparar la ejecución en una situación en la que dos dimensiones estímulares, una relevante y otra distractora, son congruentes o evocan respuestas compatibles, con una condición en la que la dimensión distractora es incongruente o está asociada a una respuesta incompatible con la elicitada por la dimensión relevante. En relación a las estructuras anatómicas, modelos recientes proponen al menos dos subsistemas que se reparten las funciones ejecutivas (Corbetta & Shulman, 2002) (ver figura 3).

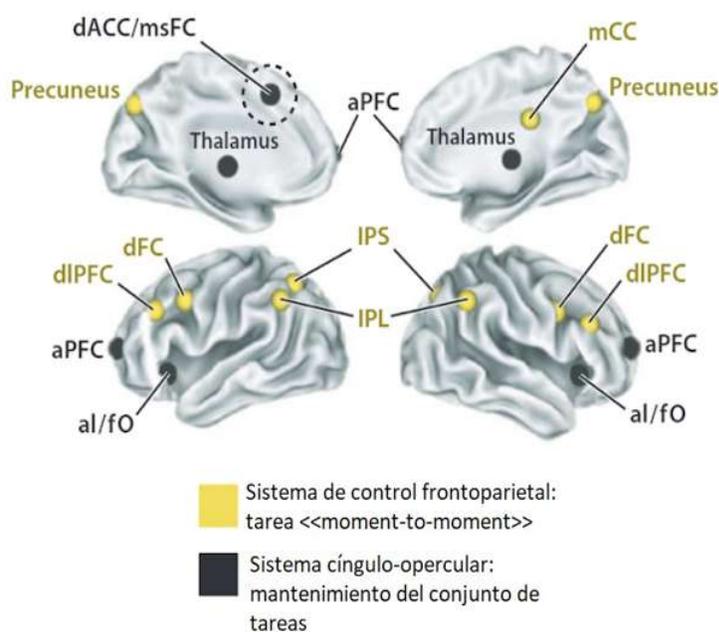


Figura 3: Áreas anatómicas de la Red de Atención Anterior

Dos redes del sistema de control ejecutivo. La región en un círculo indica el miembro original del sistema de control ejecutivo de Posner y Petersen (1990). Las regiones restantes provienen de la elaboración del sistema cíngulo-opercular original (negro) y la adición del sistema frontoparietal (amarillo) [Abreviaturas por sus siglas en inglés: al/fo, ínsula anterior / frontal opercular; aPFC, córtex prefrontal anterior; dACC/msFC, córtex del cíngulo dorsal anterior / córtex medial superior frontal; dIPFC, córtex dorsolateral prefrontal; IPL, lóbulo parietal inferior; IPS, surco intraparietal (adaptado de Petersen & Posner, 2012)].

II. Memoria

Comúnmente es considerada como el proceso de almacenar, codificar, organizar y recuperar información. Es gracias a esta capacidad es que podemos adaptarnos al medio al guardar información de acontecimientos pasados, para luego recuperarlos o traerlos nuevamente a la consciencia (Ortiz et al., 2008).

Tradicionalmente, la memoria era considerada como una simple impresión, conversión y reproducción de eventos pasados, sin embargo, gracias a las técnicas de neuroimagen hoy se sabe que estas nociones para definir la memoria son insuficientes, pues como todas las funciones cognitivas, la memoria está vinculada a todas ellas. Aunque no se ha logrado resolver en su totalidad el cómo se da el vínculo entre dominios cognitivos (Gilmore, Nelson, & McDermott, 2015).

Podemos desglosar la memoria en “sistemas de memoria” y se ha empleado una taxonomía para comprender esquemáticamente cómo se conforma la memoria (Tabla 1).

Tabla 1: Modelo Propuesto por Tulving.

Sistema	Adquisición	Representación	Expresión de conocimiento	Nivel de consciencia
Procedimental	Conducta abierta, ensayo continuo.	Prescriptiva: Programas de acción futura.	Inflexible, abierto.	Anoético (sin conocimiento).
Semántico	Reestructuración, comprensión.	Descripciones, hechos, conceptos, datos.	Flexible, puede ser expresado de distintas formas según las circunstancias. Acceso automático y rápido.	Noético (conocimiento), noción del mundo externo e interno.
Episódico	Percepción directa, experiencia.	Eventos, descriptivo y relacional.	Flexible, recolectivo, recuerdos. El acceso es consciente y deliberado, relativamente lento.	Autonoético (auto-conocimiento). Identidad en tiempo subjetivo: pasado, presente, futuro.

Nota: Comprende tres sistemas que trabajan de forma conjunta, memoria procedimental memoria semántica y memoria episódica. Sistemas de Memoria (Tulving, 1985).

II.1. Memoria Operativa o de Trabajo

Cuando retenemos un pensamiento de alguna u otra forma esta información está activa, es entonces que está en la memoria operativa, es accesible y así puede influir en la tarea que queremos llevar a cabo, pero, puede perderse y quizás necesitamos de esa información para realizar una tarea determinada. Podríamos recuperar esta información de la memoria a largo plazo, sin embargo, este repositorio es menos accesible. De la memoria a largo plazo podemos recuperar y trasladar la información a la memoria operativa donde quedará accesible fácilmente (Portellano Pérez & García Alba, 2014).

Al hablar de memoria operativa es necesario marcar algunos aspectos para encuadrarla (Ortiz et al., 2008):

1. El tipo de información que se va a adquirir y a almacenar
2. Los principios que ordenan su organización
3. Su capacidad de almacenamiento
4. Las áreas cerebrales implicadas en almacenamiento y recuperación.
5. La persistencia de la información que se ha almacenado.

La mayoría de investigación sobre memoria propone que los componentes de la memoria operativa son distinguibles entre sí y se pueden separar. En el almacenamiento a corto plazo la información parece que se retiene como una pauta de actividad sostenida o persistente en poblaciones neuronales específicas, la información retenida es muy accesible pero poco permanente (O'reilly, Braver, & Cohen, 1997).

El rol que desempeña la memoria operativa en las funciones ejecutivas juega un papel determinante en innumerables tareas cotidianas, algunos autores proponen que la región dorsolateral de la corteza prefrontal tiene la función genérica de la memoria de trabajo (Goldman-Rakic, 1987). Se encarga de iniciar estrategias para la codificación y para la recuperación consciente de la información, por lo que se propone al fascículo uncinado como vía desde la corteza prefrontal hasta el lóbulo temporal mesial.

II.2. Memoria a corto plazo

Entendemos la memoria a corto plazo (MCP) por un almacén de información por un lapso de tiempo breve que incluye el análisis de la información sensorial a nivel de áreas específicas y su reproducción inmediata por un periodo muy breve (1-2 minutos). La memoria a corto plazo y la memoria de trabajo están estrechamente relacionadas, sin llegar a ser lo mismo. La memoria a corto plazo es un almacén de información sensorial, mientras que la memoria de trabajo además de incluir este almacén lleva a cabo otras funciones, como procesos de control, verificación, manipulación y gestión de la información contenida en la memoria a corto plazo (De Noreña Martínez, Blázquez Alisente, González Rodríguez, & Gil Orejudo, 2012).

El almacén de información de la MCP es limitado, a este número o capacidad de elementos (palabras, sonidos o imágenes) se le denomina span. Este span puede ser auditivo, verbal o visual.

El modelo de memoria operativa o de trabajo que ha sido más aceptado es el propuesto por Alan Baddeley y Graham Hitch (1974), quienes proponían la división del sistema de memoria a corto plazo en tres componentes: el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el ejecutivo central. Años más tarde Baddeley reformó el modelo y propuso un cuarto elemento, el búffer episódico (Baddeley, 2000).

- El ejecutivo central, actúa como sistema supervisor y controla el flujo de información de los otros componentes del modelo. El ejecutivo central o central ejecutiva es un sistema flexible, responsable del control y regulación de los procesos cognitivos. Coordina las entradas de información para transformarlas en secuencias coherentes, así como los sistemas encadenados. La central ejecutiva alterna la ejecución de tareas y la recuperación de información, decide los momentos para dirigir la atención o inhibirla.
- El Bucle Fonológico es un búfer para la información verbal, es un proceso que permite el repaso articulatorio de la información verbal. Le pertenecen a su vez dos subcomponentes: *a)* Almacén fonológico, especializado en la retención de información fonológica y lingüística; y *b)* Proceso de control articulatorio, proceso de repetición subvocal que permite atender tareas como aprender a leer, comprender una lectura o la adquisición de nuevo vocabulario.
- La agenda visoespacial también es considerada un búfer que opera con representaciones espaciales y unidades visuales, de esta forma la gestión espacial y visual dependen de esta agenda.

- El búfer episódico es un sistema multifuncional que integra los dos elementos anteriores (bucle y agenda) con la información de la memoria a largo plazo. Este sistema puede operar como almacén auxiliar en caso de estar sobrecargados los búfers principales. Además, la información que almacena este componente parece tener una dimensión temporal por lo que es más compleja que la de los otros componentes.

II.3. Memoria a largo plazo

En el sistema de memoria a largo plazo la información se almacena de forma permanente, sin embargo, aunque la información haya sido transferida a la memoria a largo plazo y teóricamente la tengamos almacenada no todas las veces podremos acceder a ella (Portellano Pérez & García Alba, 2014).

León-Carrión en 1995 define la memoria a largo plazo como el sistema de memoria en el que hay información almacenada de forma persistente y de capacidad ilimitada, donde habrá información, a priori inactiva, pero que se recupera según las exigencias de cada tarea.

La memoria a largo plazo es un sistema complejo y multimodal, se divide en dos subsistemas memoria declarativa y memoria no declarativa. De la memoria declarativa se desprende la memoria episódica y la memoria semántica (Squire, 2004), ver en figura 4. Por otro lado la memoria no declarativa incluye el efecto priming, habilidades y hábitos, aprendizaje asociativo y aprendizaje no asociativo (Portellano Pérez & García Alba, 2014).

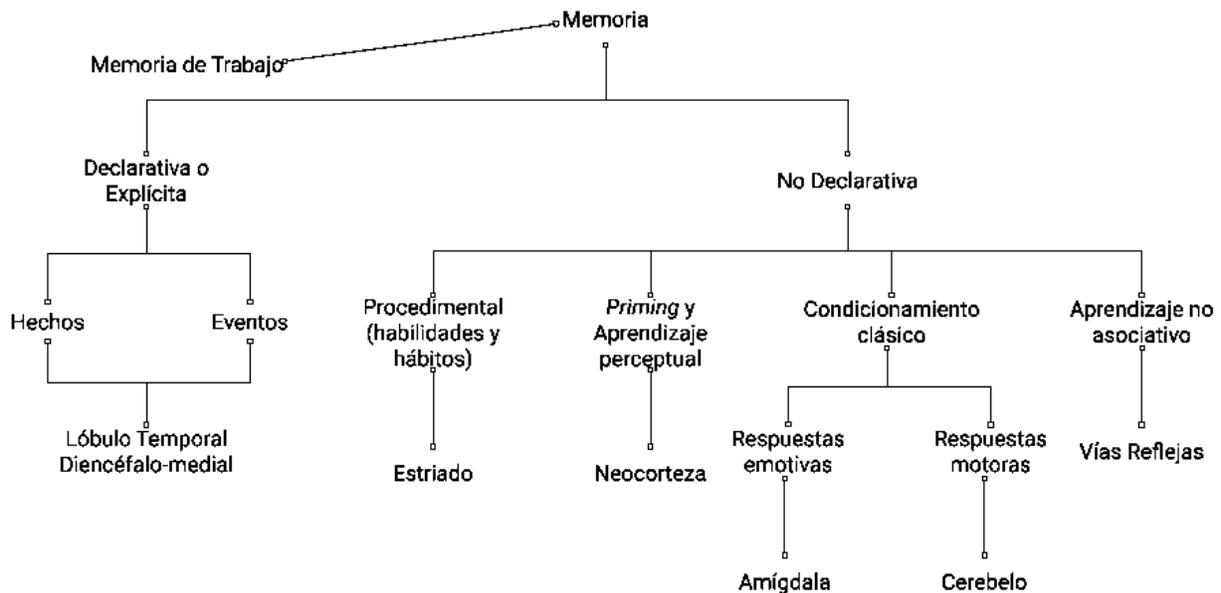


Figura 4: Taxonomía de los sistemas de memoria, adaptado de Squire (2004)

III. Función Ejecutiva

Las bases para el concepto de función ejecutiva inician en 1840 con los primeros esfuerzos de científicos para entender las funciones de los lóbulos frontales y del córtex prefrontal (Harlow, 1848). El concepto de función ejecutiva fue definido en un primer momento como las funciones de las que se encargan los lóbulos prefrontales por defecto, Pribram en 1973 lo nombró el cerebro ejecutivo. Alexander Luria habló de las “funciones de los lóbulos frontales” en su obra de 1977, refiriéndose a estas como las capacidades que permiten la regulación, programación y control de la actividad.

Por lo que en años posteriores se cayó en un efecto de pensamiento circular relacionado al concepto de función ejecutiva (FE) y funciones de la corteza prefrontal (CPF). Dado que para definir FE se hacía referencia a CPF y viceversa. Debido a ello se llegó a distinguir dos niveles de análisis de las FE (Barkley, 2012):

-Nivel Neuropsicológico: Relacionado al estudio de la cognición, pensamiento, emoción y comportamiento.

-Nivel Neuroanatómico: Este nivel comprende la localización de estos procesos neuropsicológicos en regiones específicas del cerebro y su actividad fisiológica.

Todas esas serían definiciones previas, hasta que Muriel Lezak en 1982 acuñó el término función ejecutiva. Las define como “las capacidades mentales necesarias para formular metas, planificar la manera de lograrlas y llevar adelante ese plan de manera eficaz”. Las funciones ejecutivas no son exclusivamente una función de CPF sino que participan varias redes de conexiones en áreas corticales y subcorticales como son ganglios basales, sistema límbico, amígdala y cerebelo (Benson & Stuss, 1990; Denckla, 1996; Fuster, 2008).

Otras definiciones de función ejecutiva:

Las funciones ejecutivas consisten en capacidades que habilitan a una persona a participar satisfactoriamente, en un comportamiento independiente, intencional. Las funciones ejecutivas difieren de las funciones cognitivas en varias formas. Las preguntas que nos hacemos acerca de las funciones ejecutivas son ¿cómo una persona hará algo? las preguntas acerca de las funciones cognitivas generalmente van en términos de ¿qué? o ¿cuánto? (Lezak, 1995). Las funciones ejecutivas pueden ser conceptualizadas con cuatro componentes 1) Voluntad, 2) Planeación, 3) Propósito, y 4) Rendimiento eficaz. Todos son necesarios para una conducta adecuada de autoservicio, socialmente responsable y eficaz (Lezak, 1995).

El funcionamiento ejecutivo generalmente refiere a los mecanismos por los que nuestro rendimiento es optimizado en situaciones que requieren la intervención de varios procesos cognitivos (Baddeley, 1986). La función ejecutiva se requiere cuando un nuevo plan de acción debe ser reformulado y las secuencias de respuesta apropiadas deben ser seleccionadas y organizadas (Robbins, 1996). Robbins identifica la memoria de trabajo, inhibición y monitorización del comportamiento en relación con los estados afectivos y motivacionales internos como componentes probables de la FE.

FE incluye procesos relacionados con el comportamiento dirigido a metas, o el control de la cognición compleja, especialmente en situaciones no rutinarias (Banich, 2009; Fuster, 2008; Lezak, 1995).

El funcionamiento ejecutivo ha sido definido como un conjunto de procesos reguladores necesarios para la selección, iniciación, implementación y supervisión del pensamiento, emociones, comportamiento (Roth, Isquith, & Gioia, 2005; Schroeder & Kelley, 2009).

Blanco-Menéndez y Vera de la Puente (2013) proponen caracterizar las funciones ejecutivas por algunos rasgos que las definen:

- Son procesos no directamente cognitivos, es decir, no se ocupan de la manipulación y del procesamiento simbólico de la información, sino del control, por lo que se relacionan más con la respuesta o el output.
- Realizan una integración global y coherente de las actividades cognitivas y emocionales. Realizan una supervisión de la conducta, comparando el resultado actual con el objetivo.
- Incluyen un aspecto prospectivo dirigido a metas.
- Seleccionan la actividad mental en sus tres niveles: la información entrante, la representación simbólico-cognitiva y la respuesta motora.
- Establecen relaciones entre las estructuras y los procesos de memoria, especialmente con la memoria de trabajo.
- Se relacionan con aspectos inferenciales de establecimiento de hipótesis relativos a la consecución de metas y a los medios necesarios para alcanzarlas.
- Confieren coherencia al comportamiento afectivo y modulan las emociones.
- Confieren un sentimiento de unidad a la personalidad tanto en el estado cognitivo como afectivo de nosotros mismos y de otras personas, englobando dicha capacidad en el término de metacognición.

Habiendo visualizado un poco del panorama de las funciones cognitivas que se ha reportado en la literatura, pueden verse afectadas en una condición de ayuno, también es necesario hacer un breve y general acercamiento a conceptos de la nutrición a fin de conocer las bases mínimas que influyen en el aporte de energía calórica y a su vez en el rendimiento cognitivo. Se ha propuesto que en el siguiente apartado se de una revisión sobre el efecto del ayuno en las funciones cognitivas para después pasar a los conceptos que ayudaran a diferenciar entre los distintos alimentos que consumimos y el beneficio que tiene cada uno en el organismo.

IV. Nutrición y Cognición

La preocupación en nuestra sociedad por el incremento de la incidencia de la obesidad es cada vez mayor, no solo por sus obvias repercusiones en la salud de las personas, sino por su afectación sobre el funcionamiento cognitivo. Se considera que existe un incremento en las

alteraciones emocionales y cognitivas que pudiera estar relacionado con desórdenes metabólicos derivados de la obesidad y con pobres hábitos alimentarios (Spencer, Korosi, Layé, Shukitt-Hale, & Barrientos, 2017).

La ingesta de una dieta pobre en nutrientes es común en la población general, aún en ausencia de obesidad. Esto es particularmente cierto en estudiantes universitarios, quienes suelen pasar largas jornadas en las escuelas, sin consumir alimentos durante muchas horas o consumiendo alimentos procesados o de pobre contenido nutricional adquiridos en las tiendas cercanas a los centros universitario, peor aún, iniciando esas largas jornadas sin ingerir un desayuno adecuado.

La ingesta calórica y la composición dietética tienen efectos a largo plazo sobre la cognición, especialmente durante el desarrollo y muy probablemente en periodos de aprendizaje intenso como la formación universitaria, por lo que la investigación en esta área es fundamental. Se describe a continuación de manera breve la composición de nutrientes de los alimentos, por considerarlo importante para los fines de la presente investigación.

IV.1. Proteínas

Son la fuente primaria de los aminoácidos de la dieta y permiten al organismo la síntesis de proteínas que intervienen en la estructura orgánica y la función de dicho organismo. Las funciones vitales requieren de la participación de numerosos y variados compuestos proteínicos, por ejemplo:

- Proteínas de recambio
- Inmunoproteínas
- Regulación y mantenimiento de la homeostasis (hormonas y enzimas)

Las proteínas cumplen determinadas funciones como el desarrollo de nuevos tejidos, tienen componentes estructurales, facilitadores de la movilidad corporal, actúan como transporte en el sistema sanguíneo, estructura de hormonas y enzimas, equilibrio ácido-base, constituyentes esenciales de sustancias inmuoquímicas (Vega & Iñarritu, 2010).

El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de América, recomienda a la población adulta el consumo de una cantidad de 0.8 gramos por kilogramo al día de proteínas de alta calidad, es decir, con 8 aminoácidos esenciales.

IV.2. Grasas

Las grasas o lípidos se incluyen en el grupo de compuestos químicos llamados nutrimentos de carácter energético, forman parte importante de las membranas celulares y de algunas estructuras del sistema nervioso, se les puede clasificar en, triglicéridos, fosfolípidos y esteroides. Las grasas y aceites de los alimentos son los que contienen mayor densidad energética por unidad de peso, 9 kcal/g.

En cuanto a las funciones de las grasas en el organismo se destacan algunas: permiten almacenar energía, protegen y preservan la temperatura corporal y facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles (Vega & Iñárritu, 2010).

IV.3. Carbohidratos

Los carbohidratos o hidratos de carbono (CHO), son la fuente principal de energía en la alimentación diaria, podemos encontrarlos en frutas, verduras, semillas granos y todos sus derivados. En nuestros alimentos podemos encontrar CHO simples y complejos, esto dependerá del número de moléculas que intervienen en su estructura química (ver tabla 2).

Tabla 2: Desglose de carbohidratos por su complejidad

Nombre		Fuente
Polisacáridos Polímeros formados por más de 10 monosacáridos de glucosa.	Almidón	Cereales y sus productos Pasta, pan, tortillas, galletas, etcétera. Papas y otros vegetales
	Glucógeno	Tejidos animales, hígado, músculo.
	Fibra dietética	Cereales integrales Frutas Verduras Semillas, nueces
Disacáridos Molécula que al ser hidrolizada da lugar a dos monosacáridos.	Sacarosa	Azúcar
	Lactosa	Leche
	Maltosa	Digestión de almidones (intermedio)

Monosacáridos Molécula que no puede ser hidrolizada a una forma más simple de sacárido.	Glucosa	Digestión de almidones (final) Miel de maíz
	Fructosa	Frutas Miel
	Galactosa	Lactosa (Leche)

Las moléculas de glucosa son las unidades de síntesis de los hidratos de carbono, esto quiere decir que el consumo de CHO es directamente proporcional a la carga glucémica en los alimentos ricos en CHO. La función principal del CHO es la de proveer de glucosa al organismo para enviar energía a las células. Los glóbulos rojos y el cerebro, generalmente perciben/consiguen de la glucosa obtenida de lo CHO la energía requerida para mantener su funcionalidad. Se considera que son necesarios no menos de 130g. de hidratos de carbono por día para evitar la utilización excesiva de las proteínas y grasas de reserva del organismo. Por eso se hace la recomendación de que no menos de la mitad de las necesidades de energía procedan de los hidratos de carbono, entre 55 a 65% de las kilocalorías diarias.

IV.4. Índice Glucémico

El concepto de Índice Glucémico (IG) comunicado por David Jenkins et al., en 1981 se introdujo como un método de clasificación de alimentos ricos en hidratos de carbono o carbohidratos (CHO) según su efecto sobre la glucemia posprandial. Se define como el área bajo la curva de glucosa en sangre, medido en un lapso de 2 horas después de la ingestión de 25 a 50 g de glúcidos utilizables de un determinado alimento, comparada con la de una carga isoglucídica de un alimento considerado como estándar, como la glucosa o el pan blanco (Arteaga Llona, 2006; Tolfrey & Zakrzewski, 2012).

El IG está influenciado por la estructura del almidón, el contenido de fibra, el procesamiento del alimento, su estructura física y el contenido de otros macronutrientes en la comida, como las grasas (Foster-Powell, Holt, Brand-Miller, & Brand, 2002).

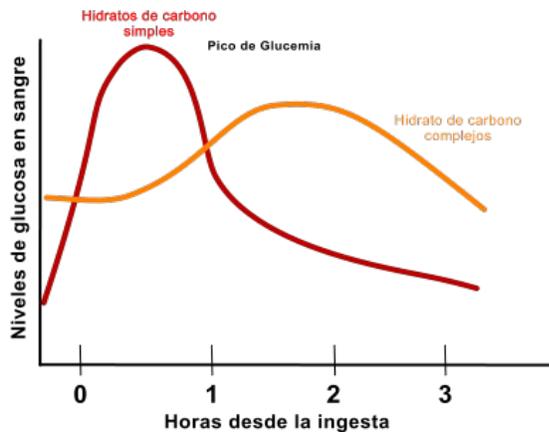


Figura 5: Curvas de glucosa con distintos tipos de carbohidratos

Existen alimentos que son de bajo índice glucémico y otros por lo contrario de alto índice glucémico (HGI y LGI por sus siglas en inglés). En la figura 5 se muestran las dos curvas típicas que provocan alimentos de carbohidratos simples y carbohidratos complejos, como se puede observar los CHO simples suelen corresponder a alimentos de alto índice glucémico, a diferencia de los alimentos de CHO complejos que se corresponden con alimentos de bajo índice glucémico.

V. Efecto del ayuno sobre las funciones cognitivas

El ayuno y la restricción calórica han servido desde la antigüedad para la pérdida de peso, aunque también han existido en distintas culturas con distintos fines, por ejemplo, religiosos. Así también en la investigación, en varias áreas del conocimiento se ha analizado su efectividad en la pérdida de peso y mejora de la composición corporal. En los últimos años se ha popularizado la investigación de los efectos cognitivos y en indicadores de salud general de los protocolos del ayuno intermitente (González-Garrido et al., 2019; Manríquez-Calderón & Villuendas-González, 2019).

Relación entre el nivel glucosa y el rendimiento en diversas funciones cognitivas.

Se consideraba que después de breves períodos de ayuno (estado postabsortivo) el único sustrato significativo de energía que consume el cerebro era la glucosa (Kety, 1957; Reinmuth, Scheinberg, & Bourne, 1965; Sokoloff, 1960). Ahora se sabe que si el sistema nervioso central mantiene a un requerimiento constante de glucosa durante la inanición, esta energía tendrá que derivarse de las reservas limitadas de carbohidratos, luego de la gluconeogénesis de proteínas y de otros precursores como el glicerol del tejido adiposo (Owen et al., 1967).

Durante los períodos de ayuno prolongado, los triglicéridos se descomponen en ácidos grasos y glicerol, que se utilizan para obtener energía. El hígado convierte los ácidos grasos en cuerpos cetónicos, que proporcionan una fuente importante de energía para muchos tejidos, especialmente el cerebro (de Cabo & Mattson, 2019).

La función cerebral parece ser sensible a las variaciones y disponibilidad de la glucosa (Dye & Blundell, 2002). Tener una menor concentración de glucosa en el cerebro resulta en una pobre realización de tareas cognitivas respecto de participantes con niveles normales de glucosa, es decir sin ayuno, además que también los participantes con un control deficiente de la glucosa mostraron una pobre realización de las tareas (Donohoe & Benton, 1995). Una concentración alta puede resultar en un mejor desempeño, como lo muestra el estudio de Meikle, Riby y Stollery (2005), quienes investigaron el efecto de facilitación que proporciona el consumo de una bebida de glucosa en una tarea particularmente demandante de memoria de largo plazo, encontrando una mejora en el recuerdo.

El nivel de glucosa correlacionó de forma negativa con la eficiencia de la red de control, una tarea de redes atencionales realizada a jóvenes sanos en un diseño de medidas repetidas y de orden contrabalanceado en condición de ayuno y desayuno (Manríquez-Calderón & Villuendas-González, 2019).

El ayuno eventual se asocia a bajo desempeño

El ayuno afecta a la disposición de energía y otros nutrientes necesarios para sintetizar los neurotransmisores que son vitales para el funcionamiento adecuado del cerebro (Benton & Nabb, 2003). El ayuno (14, 16, 18 o 20hrs.) resultado de saltarse el desayuno se ha relacionado con una disminución en el rendimiento cognitivo y menor resistencia para las actividades físicas (Marangoni et al., 2009).

En un estudio realizado por González-Garrido et al., (2019) con una muestra de universitarios sanos, los resultados indican que en condiciones de ayuno tanto la velocidad de procesamiento como la precisión en las respuestas se afectan en comparación con condiciones de desayuno. Este patrón se observa sobre todo cuando la tarea se vuelve más exigente. Esos resultados son consistentes con las relaciones descritas entre la nutrición, dieta adecuada, desarrollo cognitivo, el rendimiento intelectual y el rendimiento académico (Melanson, 2008).

Saltarse el desayuno afecta negativamente la capacidad en la memoria de trabajo y la atención (Wesnes et al., 2003). En un estudio donde se evaluó a participantes sanos con imágenes de resonancia magnética funcional (IRMf) después de un ayuno nocturno además de tres días de abstención de cafeína, los resultados muestran que los niveles bajos de glucosa se relacionaban con un menor consumo de oxígeno (observado a través de reducciones en la señal BOLD) durante el desempeño de la tarea cognitiva, encontrándose también áreas hiperactivadas asociadas a la resolución de tareas complejas, lo que podría interpretarse como un proceso de compensación (Rosenthal et al., 2001).

En una revisión de Hoyland et al. (2009) realizada únicamente con estudios en niños y adolescentes indica que los hallazgos encontrados muestran que el consumo del desayuno es más beneficioso que el ayuno pero que este efecto es más evidente en niños cuyo estado nutricional está comprometido.

El protocolo de ayuno intermitente asociado a la mejora en indicadores fisiológicos relacionados con el funcionamiento del cerebro

En su artículo de revisión de Cabo y Mattson (2019) enlistan la evidencia de estudios en animales y humanos que muestran indicadores generales de salud, que ralentizan el envejecimiento o revierten enfermedades. Se han reportado hallazgos que apuntan hacia un beneficio en el régimen alimentario de ayuno intermitente; entendiendo esto como alternar periodos de restricción de ingesta calórica de forma parcial o completa, sin que esto signifique privación de nutrientes (Mattson, Duan, & Guo, 2003).

Es pertinente resaltar que la mayor parte de resultados que se tienen sobre el ayuno intermitente son estudios realizados en animales, donde por ejemplo se ha encontrado que ayuda a tratar enfermedades relacionadas a la edad, por ejemplo, la atenuación o prevención de diabetes y afecciones cardiovasculares, así como el incremento en la esperanza de vida (Ribarič, 2012). Los estudios en animales muestran que el ayuno intermitente mejora la cognición en múltiples

dominios, incluida la memoria espacial, la memoria asociativa y la memoria de trabajo (Wahl et al., 2017).

Entre los beneficios del ayuno intermitente se encuentra la plasticidad cerebral: un régimen de ayuno intermitente incrementa la resistencia de las neuronas hipocámpales ante la neuro-degeneración químicamente inducida así como en modelos experimentales de ictus en ratas (Bruce-Keller, Umberger, McFall, & Mattson, 1999; Mattson & Wan, 2005; Qiu et al., 2012). También en un estudio con ratas envejecidas realizado en India analizaron el efecto de un régimen de ayuno intermitente, 24 horas de ayuno en un patrón 3,4. Es decir ayunos de un día completo con 1 día intermedio en el que se alimentaba a libre demanda durante tres meses. El objetivo fue estudiar el efecto del ayuno intermitente sobre la coordinación motriz y capacidad cognitiva. Los resultados de estudio muestran que el régimen de ayuno intermitente tiene el potencial para retardar los efectos del deterioro cognitivo asociados a la edad (Singh et al., 2012).

Además algunos estudios han mostrado que el ayuno intermitente puede mejorar los síntomas depresivos, entre estos estudios se encuentra uno realizado en China por Li et al (2013). En el que analizaron el efecto del ayuno intermitente y su similaridad con el efecto de los antidepresivos y los niveles en los factores de transcripción. Su diseño consistió en distintos periodos de ayuno en ratones (3, 9 y 18 horas). Sus resultados sugieren que un ayuno agudo (9 o 18hrs) producen efectos similares a los antidepresivos mediante el aumento del factor de transcripción CREB y p-CREB.

En humanos, hay hallazgos sobre el ayuno intermitente, mostrando beneficios en varios marcadores de salud general, por ejemplo mejorando la sensibilidad a la insulina, mejorando marcadores de estrés oxidativo, hipertensión e inflamación (Weiss & Fontana, 2011). Otro estudio realizado en Brasil con adultos con sobrepeso y deterioro cognitivo leve, tras 12 meses de restricción calórica y ayuno intermitente mejoraron memoria verbal, función ejecutiva y cognición global (Horie et al., 2016). Además, los cuerpos cetónicos estimulan la expresión del factor neurotrófico derivado del cerebro con implicaciones para salud cerebral, trastornos psiquiátricos y neurodegenerativos (Mattson, Moehl, Ghena, Schmaedick, & Cheng, 2018).

Algunos estudios clínicos muestran consistentemente los beneficios del ayuno intermitente en modelos animales al mejorar trastornos crónicos como obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer y enfermedades neurodegenerativas (Di Francesco, Di Germanio, Bernier, & De Cabo, 2018; Mattison et al., 2017; Speakman & Mitchell, 2011). En un ensayo clínico con adultos mayores con un régimen de ayuno intermitente mejoró la memoria verbal (Witte et al., 2009).

Los artículos que se han citado ayudan a describir un panorama general y muy básico del rumbo de la investigación en el tema del ayuno en la actualidad, ya que esta práctica tiene evidencia tanto de sus beneficios como de sus desventajas. Por lo que se puede observar también, los beneficios del ayuno son más consistentes en un periodo mayor a dos meses de realizar el protocolo.

VI. Planteamiento de problema

A partir de lo que se ha descrito en el presente trabajo, sobre la importancia de proveer al organismo de la suficiente energía durante las primeras horas de la mañana para comenzar las tareas intelectuales propias de un estudiante, se plantea la duda, ¿la condición de ayuno afecta a los estudiantes universitarios de forma significativa en tareas de atención y memoria de trabajo? puesto que de ser así, se podrían plantear nuevas rutas institucionales para horarios y menús de desayuno que proporcionen la energía necesaria para desarrollar de manera adecuada las tareas de un estudiante.

Pregunta de investigación

¿Cómo afecta el ayuno/desayuno el rendimiento cognitivo en tareas de atención, memoria de trabajo y fluidez verbal?

Objetivo General

Evaluar el rendimiento cognitivo en los participantes que han recibido desayuno en comparación con la condición “ayuno”.

Objetivos Específicos

- Determinar si existen diferencias en los puntajes de las pruebas de redes atencionales, memoria de trabajo, atención sostenida y fluidez verbal, semántica y fonológica, en las condiciones de ayuno y desayuno.
- Explorar si existe una correlación entre los puntajes de las pruebas y el nivel de glucosa, medidos antes de la aplicación de las pruebas.

Hipótesis

La eficiencia en las pruebas será distinta al comparar las condiciones de ayuno y desayuno.

Métodos

Participantes

La muestra se compuso de un total de 53 estudiantes de pregrado de la Facultad de Psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (42 mujeres - 79.24%). Sin embargo, debido a muerte experimental, la muestra final analizada fue de 47 estudiantes (de los cuales 38 fueron mujeres - 88.37%). La distribución observada de la edad indicó una media de 21.25, y una desviación estándar de 1.56.

Muestreo

El muestreo fue accidental, por conveniencia, debido a periodos vacacionales y contingencias específicas de la institución, el muestreo se realizó en dos momentos comprendidos dentro del periodo de Noviembre 2018 a Diciembre 2018 y de Abril 2019 a Junio 2019.

Diseño

El cuasiexperimento tuvo un diseño simple de muestra natural con medidas repetidas y de orden contrabalanceado.

Crterios

Crterios de inclusi3n:

Ser estudiante regular de la Facultad de Psicolog3a

Firmar el correspondiente consentimiento informado

Crterios de exclusi3n:

Presentar alergia o intolerancia a alguno de los ingredientes del alimento de prueba

Situaci3n de medicaci3n incompatible con el experimento

Abandono voluntario de la investigaci3n

No concluir las dos sesiones de evaluaci3n

Instrumentos

Prueba de Redes Atencionales ANT (Attention Network Test)

El ANT es una tarea dise1ada por Fan, McCandliss, Sommer, Raz y Posner (2002) tomando como base te3rica el modelo de redes atencionales propuesto por Posner y Petersen, (1990). Esta tarea se basa en la combinaci3n de tiempo de reacci3n (RT) con claves tipo Paradigma de Cueing, tambi3n conocido como paradigma de Posner, desarrollado por Michael Posner en 1980 y Flanker Task propuesto por Eriksen y Hoffman (1974).

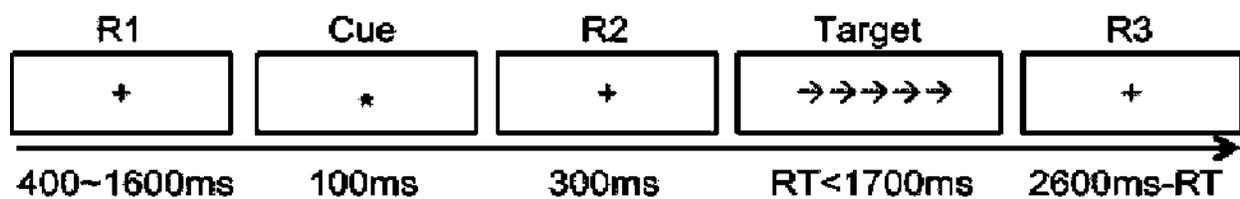
El ANT se utiliza para evaluar de forma independiente cada red atencional, alerta, orientaci3n y control ejecutivo, esta tarea tambi3n cuenta con 3 bloques que miden la interacci3n entre redes, sin embargo para prop3sitos de este estudio no se han utilizado los bloques de interacci3n.

Es una tarea que dura 20 minutos aproximadamente, de administración individual, es una prueba que fácilmente puede ser administrada en niños, adultos y se ha utilizado en primates no humanos ya que el lenguaje no es imprescindible.

La tarea consiste en la presentación en pantalla de una serie de láminas o transparencias que contienen el estímulo objetivo que en este caso fue una flecha (\leftarrow o \rightarrow) que podía apuntar a la derecha o izquierda, los sujetos deben responder pulsando una tecla que indica (\leftarrow) o (\rightarrow), la respuesta debe coincidir con la dirección de la flecha estímulo en pantalla.

Junto al estímulo objetivo aparecerán otros estímulos distractores, también en forma de flechas que pueden o no apuntar en la misma dirección que el objetivo, esta condición aparece en el bloque de la red de control. En el bloque para la red de Alerta la condición será la aparición o no aparición de un estímulo pista (*) al centro de la pantalla, este estímulo avisa que el estímulo objetivo está por aparecer, el orden de los ensayos con/sin pista es aleatorio. En el bloque de Orientación la condición de estímulo es la aparición de la serie de flechas encima, debajo o en el centro de la pantalla. La secuencia y variaciones de objetivos están descritas de forma gráfica en la figura 6.

Serie temporal de ensayos



Pistas y Objetivos para cada condición

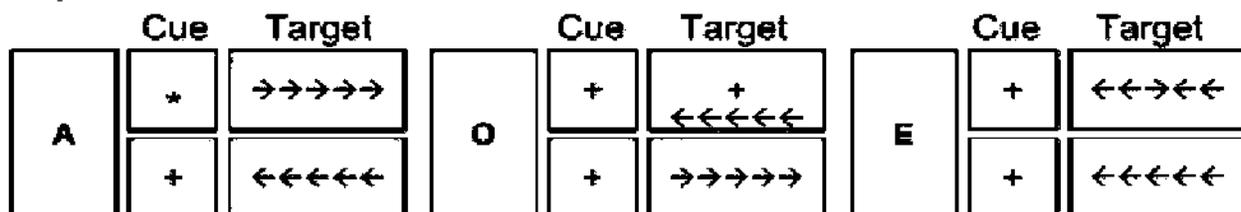


Figura 6: Estructura de la tarea de Redes Atencionales.

Nota: En la parte superior de la imagen se describe la secuencia de láminas tal como son presentadas a los sujetos, con los tiempos que son expuestas cada lámina. En la parte inferior de la imagen se muestran los caracteres que fueron utilizados en cada bloque, Alerta (A), Orientación (O) Control Ejecutivo (E), como se explicó antes, para propósito de este estudio sólo se utilizaron los bloques de cada red de atención más 1 "Control Saturado".

Para analizar los puntajes que arroja esta tarea se han tomado los índices de eficiencia propuestos por Wang et al. (2015), en los tiempos de reacción (RT) en milisegundos. Los índices

de eficiencia para la red de Alerta (1), Orientación (2), Control ejecutivo (3) y Control Saturado (4) se calcularon como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$Alerta = \frac{RT(\text{Pista Central}) - RT(\text{sin Pista})}{RT(\text{sin Pista})}. \quad (1)$$

$$Orientación = \frac{RT(\text{Objetivo Espacial}) - RT(\text{Objetivo Central})}{RT(\text{Objetivo Central})}. \quad (2)$$

$$Control = \frac{RT(\text{Incongruente}) - RT(\text{Congruente})}{RT(\text{Congruente})}. \quad (3)$$

$$Control Saturado = \frac{RT(\text{Incongruente S}) - RT(\text{Congruente S})}{RT(\text{Congruente S})}. \quad (4)$$

Además de los 3 bloques vinculados a las 3 redes atencionales, se ha propuesto el bloque “Control Saturado” en el que se añaden más estímulos (flechas) con el mismo conflicto que se presenta en el bloque Control (congruente/incongruente), esta propuesta se basa en hallazgos previos con el mismo tipo de población y el efecto del nivel de glucosa (Manríquez-Calderón & Villuendas-González, 2019).

Tarea de Memoria de Trabajo (Working Memory Task) Sternberg

El paradigma de Sternberg propone un modelo de memoria del cual se desprende una tarea de memoria de trabajo, también se ha diseñado como una tarea computarizada utilizada en la investigación. La tarea de Sternberg, (1969) y sus adaptaciones ha sido una prueba popular para explorar la memoria de trabajo, en esta tarea al participante se le muestra una serie de símbolos en una pantalla (matriz de codificación, 1-6 letras o dígitos) que el participante intenta mantener en la memoria; después de un momento donde no se muestra nada en la pantalla se presenta un único símbolo, el objetivo. El participante debe responder indicando si el objetivo estaba presente en el conjunto de datos anterior, la respuesta se recoge presionando uno de dos botones que indique sí o no.

En estudios realizados en adultos combinando la tarea de Sternberg con datos de imagenología han mostrado que al realizar la tarea se activan redes neuronales relacionadas con la memoria de trabajo, áreas en el lóbulo occipital y temporal, incluyendo el giro lingual y la corteza primaria somatosensorial (Manoach, Greve, Lindgren, & Dale, 2003).

El diseño consiste en láminas con un conjunto de letras en mayúscula que aparece unos segundos en la pantalla para luego desaparecer y dejar sólo una señal en seguida de una sola letra en minúscula que puede o no haber estado incluida en el conjunto de letras anterior, la tarea del evaluado es responder apretando una tecla si esa segunda letra pertenecía o no al primer conjunto (figura 7).

La prueba cuenta con 10 ensayos de práctica que le dan al evaluado feedback si este contestó de forma correcta, incorrecta o tardó en contestar. Seguido de dos bloques de conjuntos de, uno de 4 y otro de 6 letras que aparecerán de forma aleatoria

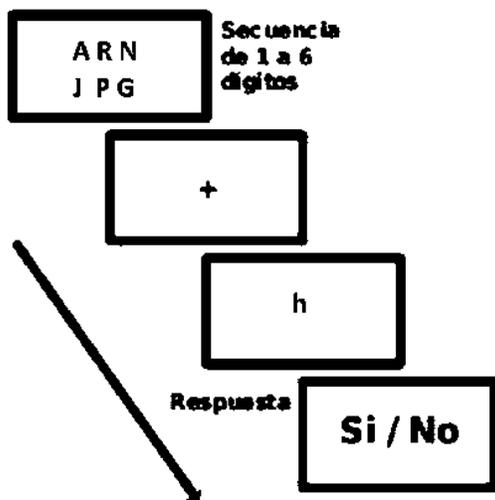


Figura 7: Estructura de la tarea de Memoria de Trabajo

En la figura se muestra la secuencia de láminas presentadas al sujeto evaluado. El primer estímulo presenta el conjunto de letras en mayúscula que el evaluado debe recordar para responder luego si la letra que se presenta en minúscula pertenece o no al primer conjunto.

Fluidez Verbal

La fluidez verbal (FV) es una medida de la capacidad de un individuo de generar palabras que comienzan con una letra específica o de una categoría semántica, desempeña un papel destacado dentro de la investigación (Tombaugh, Kozak, & Rees, 1999), por su gran uso en la valoración neuropsicológica, tanto clínica como experimentalmente, por su fácil y rápida administración. La tarea consiste en generar tantas palabras como sea posible fonológica o semánticamente (M. Ramírez, Ostrosky-Solís, Fernández, & Ardila-Ardila, 2005).

En la tarea semántica se pide generar palabras pertenecientes a una categoría semántica; por ejemplo, animales, frutas, ropa, transportes, verbos, etc. Se otorga un minuto como tiempo límite para ejecutar la tarea (Bryan & Luszcz, 2000; Lezak, 1995).

La fluidez verbal mide principalmente la velocidad y facilidad de producción verbal; además, evalúa la disponibilidad para iniciar una conducta en respuesta ante una tarea novedosa (Crawford, Parker, McKinnley, & McKinlay, 1992; Lezak, 1995). Asimismo, valora las funciones del lenguaje (denominación, tamaño del vocabulario), la velocidad de respuesta, la organización mental, las estrategias de búsqueda, así como la memoria a corto y largo plazo (Ruff, Light, Parker, & Levin, 1997). También se ha propuesto que influyen en la ejecución, la atención y vigilancia, el almacén léxico o semántico, los mecanismos de recuperación y la memoria de trabajo (Auriacombe et al., 1993).

Para este experimento se incluirán FV Semántica y Fonológica: en la tarea se solicita a los participantes que digan el mayor número posible de palabras de ej. “animales” o palabras que inician con “M”, “S” durante un minuto cada categoría. Se le pide a los participantes no repetir palabras ni utilizar diminutivos o aumentativos.

Tarea de Ejecución Continua (Continuous Performance Test “CPT”)

El CPT es una tarea diseñada por Keith Connors en 1994 para evaluar atención sostenida. Es una tarea estructurada bajo el paradigma Go/No-Go. La prueba se ha utilizado comúnmente para el diagnóstico del TDAH y para evaluar trastornos de vigilancia (González-Garrido, Gómez-Velázquez, Fernández-Harmony, Oropeza De Alba, & Ruiz-Sandoval, 2001). Un número elevado de errores por omisión y tiempos de reacción lentos son indicador de problemas de atención, así como los cambios en los tiempos de reacción durante el desarrollo de la prueba.

La prueba se compone de dos bloques, en el primer bloque No Warning (NW) aparece un conjunto de letras en el monitor, la consigna fue presionar un botón sólo cuando apareciera en la pantalla la letra X. En el segundo bloque With Warning (WW) apareció el mismo conjunto de letras que en el bloque anterior, para el segundo bloque la consigna fue presionar el botón cuando apareciera la letra X, la cual irá siempre precedida por una letra A, sin embargo, la letra A no siempre precedería a la letra X. En la figura 8 se muestran algunos ejemplos de ensayos de la tarea.

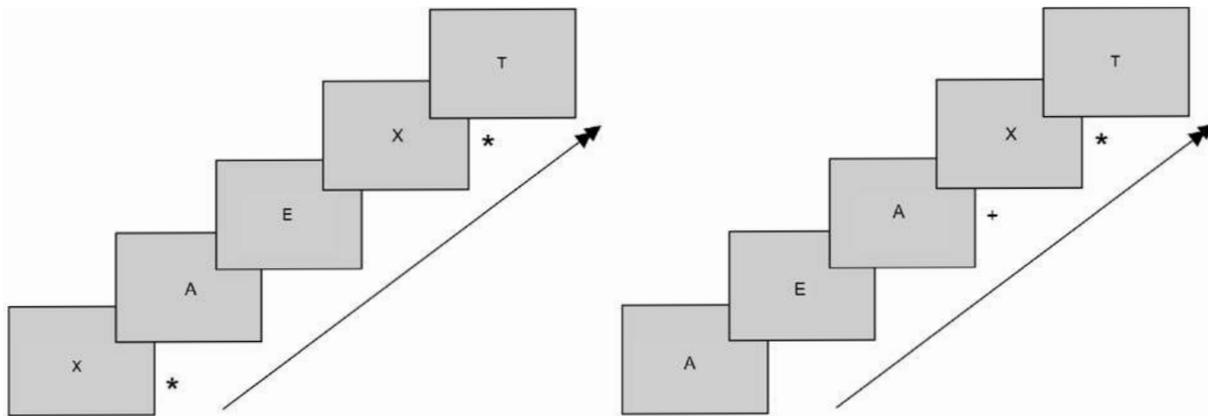


Figura 8: Estructura de la tarea de Atención Sostenida (CPT)

A la izquierda se ilustra con ejemplos de ensayos el bloque No Warning (NW), donde el participante deberá atender únicamente a la letra X, a la derecha está el ejemplo del bloque With Warning (WW), donde el participante debe responder únicamente cuando aparezca la letra X, que estará precedida siempre de la letra A, pero la letra A no siempre aparecerá antes de una X.

El objetivo de esta tarea en este proyecto específicamente es mostrar un efecto de ralentización en los tiempos de reacción en la parte inicial y tardía de cada bloque, ya que por la misma naturaleza de la prueba, esta puede llegar a ser tediosa para los participantes.

Desayuno

Ingredientes: 1/2 taza de avena (348 cal)
 1 manzana (52 cal)
 1 taza de leche baja en grasa (90 cal)
 8 almendras (60 cal)
 3 cucharadas de amaranto (15 cal aprox).

El desayuno consiste en un batido de manzana con leche y el resto de ungridientes, fue propuesto por un grupo de nutriólogos por sus ingredientes de bajo índice glucémico, alto contenido de fibra y su lenta degradación metabólica, además de su composición en macronutrientes, bajo coste y fácil preparación. El alimento completo suma un total de 565 calorías,

Glucómetro

Medidor de glucosa comercial “Accu-Check” con tiras reactivas de la misma marca.

Tiempo de medición:

Aproximadamente 5 segundos (aplicación de la sangre con la tira reactiva dentro del medidor). Aproximadamente 8 segundos (aplicación de la sangre con la tira reactiva fuera del medidor)

Tipo de muestra:

Capilares (en dedos).

Procedimiento

Los sujetos fueron seleccionados para ser invitados a participar en el experimento por medio de participantes clave, con el fin de encontrar participantes residentes de Morelia (no foráneos) y así reducir la variabilidad experimental. Se les explicó de forma detallada las características del experimento para luego firmar el consentimiento informado y solicitar datos personales. Se agendó de forma individual a cada participante por medio de mensajería instantánea para las evaluaciones y entrega del kit de desayuno.

Se le citó para su primera evaluación, un día antes de la evaluación se recordó a cada participante que ese día debía consumir su último alimento alrededor de las 7pm y no comer nada sólido, refresco, té o café hasta la mañana siguiente, después de la evaluación. El horario de la evaluación fue 9am. Al llegar al laboratorio se le realizó la toma de glucosa, medición de altura, peso, IMC, porcentaje de grasa, porcentaje de músculo e índice de grasa visceral. Seguido de esto, se le administraron las pruebas de Redes Atencionales y Memoria de Trabajo de Sternberg (el orden de las pruebas se invirtió en la segunda evaluación en todos los casos).

Por último, se le entregó el kit de desayuno para 12 días y se le dio cita a los 8 días para la segunda evaluación (el kit fue armado con más desayunos de los necesarios para dar un rango más flexible a la fecha de evaluación), ahora en condición de desayuno, el participante recibió la instrucción de tomar el desayuno antes de las 9am todos los días. En la segunda cita el

participante llegó habiendo consumido el desayuno 2 horas antes, se tomaron los datos fisiológicos al igual que en la primera evaluación y se administran las pruebas.

A los participantes que cumplieron con el orden desayuno-ayuno se les citó una primera vez ocho días antes de la primera evaluación para la entrega del kit, el resto del proceso fue el mismo descrito antes con mayor precisión del orden de la condición experimental. En la figura 9 se ilustra el proceso que cursaron los participantes para contrabalancear el orden del proceso experimental.

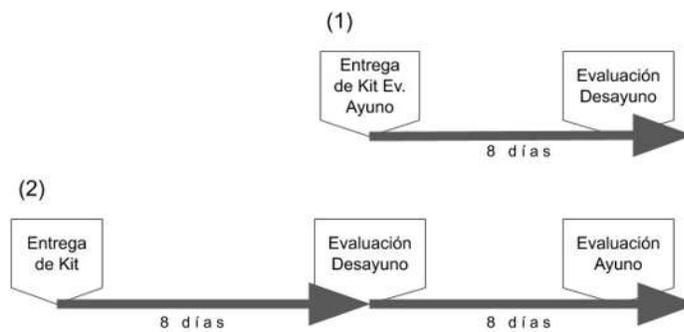


Figura 9: Proceso de orden contrabalanceado de los participantes

El 50% de la muestra cumplió con el orden Ayuno-Desayuno (1) y el resto de la muestra cumplió con el orden Desayuno-Ayuno (2).

Resultados

En primer lugar se analizaron los datos de Glucosa, dado que es una variable que según la literatura pueden contribuir a que las variables de rendimiento cognitivo tengan diferencias significativas. En la tabla 3 se presentan los datos descriptivos de las distribuciones de Glucosa. Se evaluó la normalidad de las distribuciones con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó una prueba *t* de Student para muestras relacionadas de la variable glucosa, se encontró que hay diferencias entre ayuno y desayuno ($t(45) = -3.2, p = .003$).

Tabla 3: Estadísticos descriptivos de la variable Glucosa

		Media	DE	EE	K-S (<i>p</i>)
Glucosa	Ayuno	89.67	7.78	1.6	.167
	Desayuno	96.36	9.11	1.7	.200

Nota: *DE* (desviación estándar), *EE* (error estándar) K-S (Kolmogorov-Smirnov)

Prueba de redes atencionales (Attention Network Test)

Se analizó la distribución de los tiempos de respuesta para la tarea de atención (ANT). En la tabla 4 se muestran los estadísticos de tendencia central y de dispersión, así como el valor *p* para la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Podemos encontrar que las medias de cada bloque son muy parecidas o incluso iguales en las dos condiciones experimentales, por ejemplo en el bloque de Orientación, teniendo este precedente se podría adelantar a inferir que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 4: Estadísticos descriptivos de los índices de eficiencia del Attention Network Test.

		Media	DE	EE	K-S (<i>p</i>)
Alerta	Ayuno	-0.10	0.06	0.01	.20
	Desayuno	-0.11	0.05	0.01	.20
Orientación	Ayuno	0.08	0.07	0.01	.20
	Desayuno	0.08	0.06	0.01	.20
Control	Ayuno	0.10	0.09	0.01	.01
	Desayuno	0.12	0.12	0.02	.20
Control Saturado	Ayuno	0.04	0.06	0.01	.20
	Desayuno	0.06	0.08	0.01	.20

Nota: Se reportan los índices de eficiencia de cada red calculados con los tiempos de reacción en milisegundos. *DE* (desviación estándar), *EE* (error estándar) K-S (Kolmogorov-Smirnov)

Se realizó un análisis de correlación entre las variables de los índices de eficiencia de la tarea de redes atencionales y la variable glucosa, en la tabla 5 se muestran los resultados donde se puede observar que no hay correlación estadísticamente significativa entre las variables de la tarea en la condición de ayuno y los valores de glucosa tomados también en la condición de ayuno. De la misma forma que en la condición “desayuno”.

Tabla 5: Correlación entre el nivel de glucosa e índices de eficiencia de la tarea de redes atencionales en ambas condiciones experimentales.

			Alerta	Orientación	Control	Control Saturado
Glucosa	Ayuno	<i>r</i> Pearson	-.002	.017	.006	-.038
		<i>p</i>	.98	.90	.96	.79
	Desayuno	<i>r</i> Pearson	.190	-.076	-.044	-.119
		<i>p</i>	.18	.60	.76	.41

En la figura 10 se muestran las medias de los índices de eficiencia de las redes atencionales en las condiciones ayuno y desayuno, donde la eficiencia en la condición de ayuno es mejor que en la condición de desayuno, sin embargo, es un cambio mínimo y no hay diferencias estadísticamente significativas. Se realizó un análisis multivariante de la varianza para medidas repetidas (MANOVAmr) con los índices de eficiencia de redes. No se encontró un efecto de la condición (ayuno vs. desayuno) ($F(1,46)= 0.893, p=.47$).

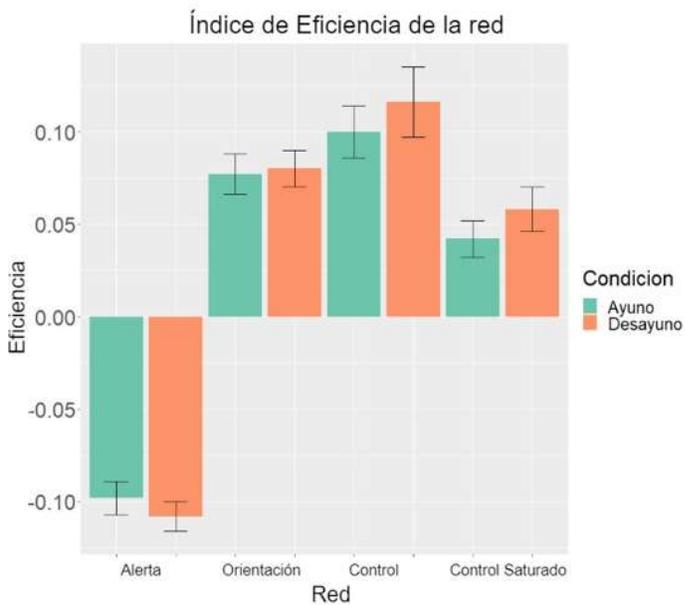


Figura 10: Eficiencia de las redes atencionales en las dos condiciones experimentales

Se encuentra codificado en distintos colores la condición experimental Ayuno-Desayuno. En el eje X se encuentran las Redes (bloques) atencionales, en el eje Y encontramos los puntajes de eficiencia. Las columnas representan la razón de la diferencia observada entre las dos condiciones de la prueba (magnitud de la eficiencia). Las barras representan ± 1 error estándar. La condición de ayuno se ve beneficiada en todos los bloques, sin embargo no hay diferencias estadísticamente significativas.

Tarea de Memoria de Trabajo “Paradigma de Sternberg”

Tal como se esperaba, la figura 11 muestra que en el bloque de 6 estímulos ($m_e=.94$) los participantes cometieron más errores que en el bloque de 4 estímulos (Ayuno $m_e=.84$, desayuno $m_e=.81$). Sin embargo, la distribución de las puntuaciones es muy parecida entre las dos condiciones experimentales (Ayuno-Desayuno). Además, el bloque de 4 estímulos presenta un efecto techo y en el bloque de 6 estímulos hay mayor variabilidad de respuestas correctas.

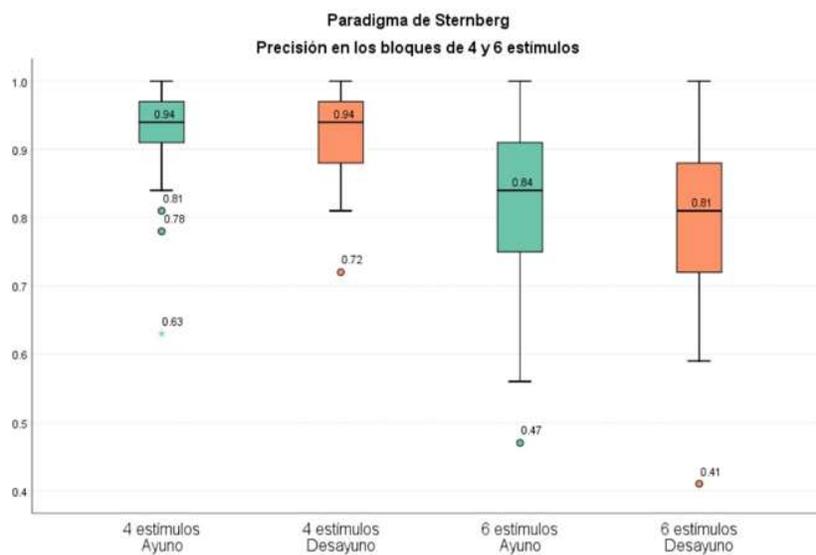


Figura 11: Probabilidad de precisión por número de estímulos y condición (Paradigma de Sternberg)

En la gráfica se muestra en el eje Y la probabilidad de precisión, en el eje X se representa las dos condiciones experimentales (Ayuno y Desayuno) y los dos bloques, de 4 y 6 estímulos. El 1.0 indica que la totalidad de ensayos del bloque fue contestado correctamente. La línea central de las cajas representa la mediana y los círculos los datos extremos de cada condición.

La figura 12 muestra la precisión en relación al tipo de objetivo. En general, los participantes tuvieron más aciertos cuando el objetivo era ausente ($me=.94$) en comparación con la condición Presente ($me=.84$). Las dispersiones son similares entre las condiciones.

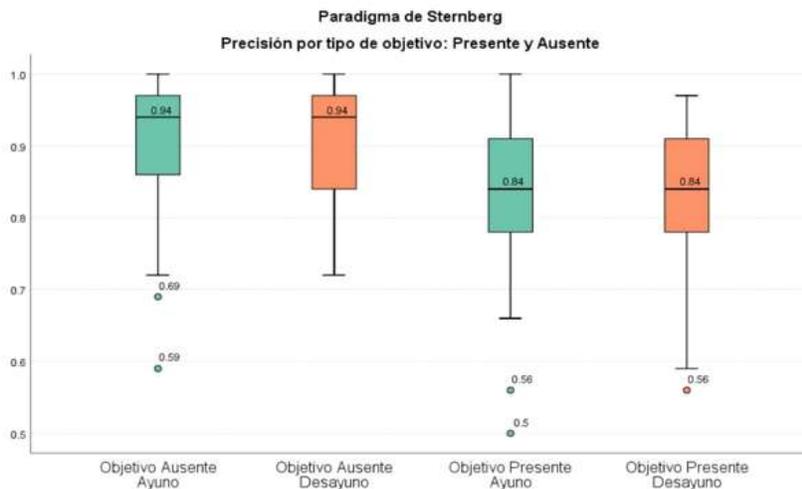


Figura 12: Índice de precisión por tipo de objetivo (Paradigma de Sternberg)

En la gráfica se muestra el índice de precisión en los dos tipos de objetivos, ausente y presente. El eje Y representa la probabilidad de aciertos. el 1.0 indica que la totalidad de ensayos fue contestado correctamente, por lo que el índice va de 0 a 1. La línea central de las cajas representa la mediana y los círculos los datos extremos de cada condición.

En la tabla 6 se describen los datos de tendencia central así como el valor p para la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Se observa en la tabla que al igual que en la tarea de redes atencionales, las medias de las variables de la tarea (número de estímulos por bloque y tipo de objetivo), en las dos condiciones experimentales (ayuno-desayuno) son muy parecidas.

Tabla 6: Estadísticos descriptivos de las variables de la tarea de Memoria de trabajo.

		Media (RT)	ME (ACC)	D.E	EE	K-S (p)
Bloque 4	Ayuno	884	.94	158.8	23.16	.04
Estímulos	Desayuno	867	.94	146.0	21.30	.20
Bloque 6	Ayuno	948	.84	205.7	30.00	.20
Estímulos	Desayuno	940	.81	192.0	27.96	.20
Objetivo	Ayuno	900	.84	182.0	26.48	.01
Presente	Desayuno	877	.84	168.0	24.50	.13
Objetivo	Ayuno	924	.94	174.2	25.41	.18
Ausente	Desayuno	928	.94	168.5	24.58	.20

Nota: Se presentan los estadísticos de los tiempos de reacción en milisegundos. En la tarea de memoria de trabajo (Paradigma de Sternberg) se encuentran dos bloques, de 4 y 6 estímulos (letras mayúsculas a memorizar), con dos tipos de objetivo: Presente, cuando la letra minúscula SÍ se encontraba en el conjunto de letras mayúsculas anterior y Ausente, cuando la letra minúscula NO se encontraba en el conjunto de letras mayúsculas anterior. RT (tiempo de respuesta/reacción), ME (mediana), ACC (precisión), DE (desviación estándar), EE (error estándar) K-S (Kolmogorov-Smirnov).

Se realizó un análisis de correlación entre las variables de la tarea de memoria de trabajo, tomando únicamente los tiempos de reacción y la variable glucosa. En la tabla 7 se muestran los resultados donde se puede observar que no hay correlación estadísticamente significativa entre las variables de la tarea en la condición de ayuno y los valores de glucosa tomados también en la condición de ayuno. De la misma forma que en la condición “desayuno”.

Tabla 7: Correlación de las variables de la tarea de memoria de trabajo con la variable glucosa en ambas condiciones experimentales (ayuno-desayuno)

			4 Estímulos	6 Estímulos	Presente	Ausente
Glucosa	Ayuno	r Pearson	-.053	.128	-.025	.050
		p	.71	.38	.86	.73
	Desayuno	r Pearson	-.009	-.074	-.123	.041
		p	.95	.60	.40	.78

Se realizó un análisis multivariante de varianza para medidas repetidas para la tarea de memoria de trabajo en la que no se encontró un efecto de las condiciones experimentales ayuno y desayuno (A-D) ($F(1,46)=0.768$, $p=.552$). De igual forma, no se obtuvieron diferencias en las comparaciones univariantes del análisis de varianza.

En la figura 13 se muestran las medias para los bloques de 4 y 6 estímulos en la condición de ayuno y desayuno. Los participantes respondieron más rápido en la condición de desayuno ($m=867$, $ee=21.30$) en comparación con la condición de ayuno ($m=884$, $ee=23.16$). Sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas.

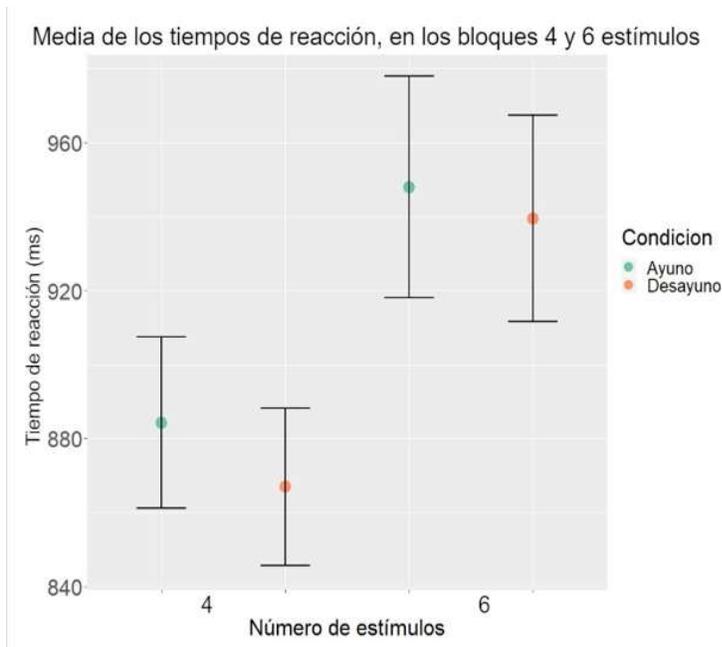


Figura 13: Tiempos de reacción por número de estímulos.

En la gráfica se muestran las medias de los tiempos de de reacción en el bloque de 4 y 6 estímulos para las dos condiciones experimentales Ayuno y Desayuno, Las barras representan ± 1 error estándar. Nota: El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

En la figura 14 se muestran las medias del tipo de Objetivo en las dos condiciones experimentales (Ayuno-Desayuno), como se puede observar en el Objetivo Presente las medias de ayuno ($m=900$, $ee=26.48$) y desayuno ($m=877$, $ee=24.50$) se separan más una de otra, beneficiando el tiempo de reacción en la condición de Desayuno, a diferencia del Objetivo Ausente donde encontramos las medias más cercanas (Ayuno: $m=924$, $ee=25.41$, Desayuno: $m=928$, $ee=24.58$).

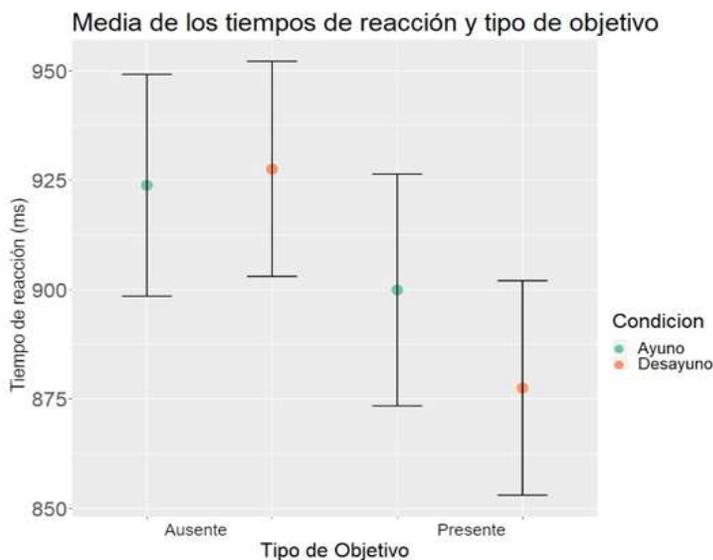


Figura 14: Tiempo de reacción y tipo de objetivo en la tarea de memoria de trabajo (Paradigma de Sternberg)

En la gráfica se muestran las medias de los tiempos de reacción para el Objetivo presente, esta condición refiere a los ensayos donde la letra en minúscula SÍ pertenecía al conjunto de letras anterior. Y el tipo de Objetivo Ausente, refiere a los ensayos dónde la letra minúscula NO se encontraba dentro del conjunto de letras anterior. En el eje X encontramos las dos condiciones experimentales Ayuno y Desayuno, las barras de error representan ± 1 error estándar. Nota: El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle de los datos.

Fluidez Verbal (FLV)

Se muestran en la tabla 8 los descriptivos de las respuestas correctas de la tarea fluidez verbal, en las variantes: Semántica y Fonológica. Los participantes tuvieron un mejor rendimiento en la tarea semántica. Además, las dos modalidades los participantes evocaron más palabras en la condición de ayuno.

Tabla 8 Estadísticos descriptivos de las variables de la tarea de Fluidez Verbal: Fonológica y Semántica

		Media	EE	DE
Fonológica	Ayuno	15.40	0.64	4.49
	Desayuno	14.76	0.51	3.56
Semántica	Ayuno	22.12	0.64	4.49
	Desayuno	21.63	0.64	4.48

Nota: Se presentan los estadísticos de las palabras evocadas correctas. En la tarea de Fluidez Verbal se encuentran dos tareas, Fonológica y Semántica. *DE* (desviación estándar), *EE* (error estándar).

En la figura 15 se muestra que en la tarea FLV Semántica los participantes evocaron más palabras que en la modalidad fonológica. Además, los participantes en la condición de ayuno evocaron más palabras que en la condición desayuno, aunque la diferencia es muy pequeña. Como se observa, a diferencia de las otras tareas del proyecto, en FLV no hay tanta variabilidad en las respuestas. Al realizar un análisis multivariante de varianza para medidas repetidas, no se encontró un efecto de la condición (Ayuno-Desayuno) ($F(1,46)=0.93, p=.911$).

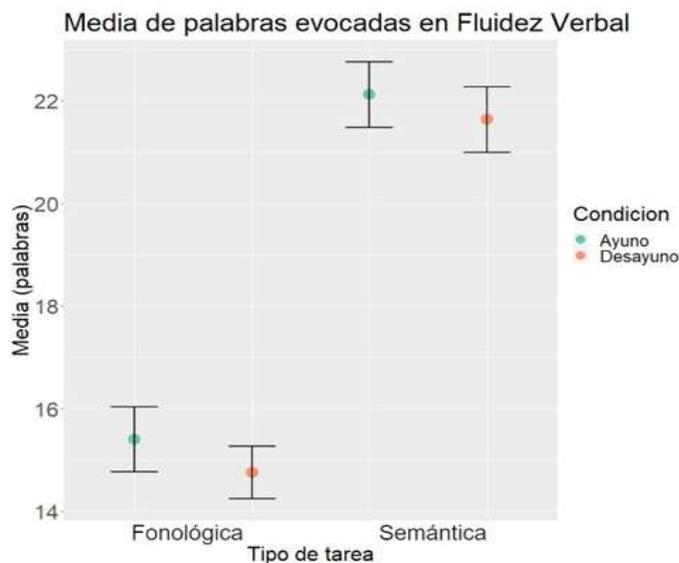


Figura 15: Media de palabras en la tarea de Fluidez Verbal.

Las barras de error representan ± 1 error estándar. Nota: El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

Prueba de ejecución continua (Continuous Performance Test)

Esta tarea de atención sostenida se aplicó sólo a una parte de la muestra total de participantes (35 participantes) debido a que se incorporó tardíamente a los instrumentos. Sin embargo, para el análisis se han tomado 30 participantes que completaron los dos momentos de evaluación (A-D). En general se tuvo un buen rendimiento considerando la precisión en las respuestas para ambos bloques (NW: $m=72.54$, $DE=14.07$, $EE=2.37$; WW: $m=73.54$, $DE=14.13$, $E.E=2.38$). El análisis se reporta con los tiempos de reacción dado que en la precisión hay un efecto techo. En la tabla 9 se muestran los resultados del análisis exploratorio para esta tarea, considerando los tiempos de reacción en milisegundos.

Tabla 9: Estadísticos descriptivos de la Prueba de Ejecución Continua (CPT)

		Media	DE	EE	K-S (p)
Bloque NW	Ayuno	403	37.7	7.08	.20
	Desayuno	400	39.2	7.18	.09
Bloque WW	Ayuno	385	56.12	10.55	.18
	Desayuno	373	40.19	6.93	.13
	Ayuno	397	42.47	7.93	.20
Bloque NW Inicial	Desayuno	399	38.87	7.26	.20
	Ayuno	411	39.91	7.45	.11
Bloque NW Tardío	Desayuno	401	41.67	7.26	.09
	Ayuno	380	51.39	9.67	.20
Bloque WW Inicial	Desayuno	371	47.08	8.90	.20
	Ayuno	393	68.65	12.90	.20
Bloque WW Tardío	Desayuno	381	45.36	8.10	.20

Nota: Se muestran en la tabla los estadísticos descriptivos de los tiempos de reacción en milisegundos.

DE (desviación estándar), *EE* (error estándar) K-S (Kolmogorov-Smirnov). En el bloque NW se encuentran los ensayos donde el participante debe presionar una tecla cuando aparece en pantalla la letra X. En el bloque WW al participante se le dio la instrucción de responder cuando vea la letra X que en este caso vendrá precedida por la letra A (para más información, ver apartado de Instrumentos).

En un análisis de correlación realizado con las variables de la tarea de rendimiento continuo y los niveles de glucosa en sangre en ambas condiciones experimentales (ayuno-desayuno). Se pudo comprobar que no existe correlación entre el nivel de glucosa en sangre y las puntuaciones en la tarea de rendimiento continuo (ver tabla 10).

Tabla 10: Correlación entre el nivel de glucosa y el rendimiento en la tarea de ejecución continua en ambas condiciones experimentales (Ayuno-Desayuno)

		Bloque NW	Bloque NW inicial	Bloque NW tardío	Bloque WW	Bloque WW inicial	Bloque WW tardío	
Glucosa	Ayuno	r pearson .139	.134	.126	.292	.378*	.228	
		p	.44	.46	.49	.10	.03	.21
	Desayuno	r pearson .049	.124	-.023	-.109	-.072	-.153	
		p	.78	.49	.89	.54	.68	.39

En la figura 16 se muestra la precisión de aciertos de cada bloque de la tarea de ejecución continua (NW WW), como se puede observar segundo bloque presenta un efecto techo, contrario a lo que se podría suponer por efecto de la fatiga. Ya que el orden de los bloques siempre fue el mismo NW y WW.

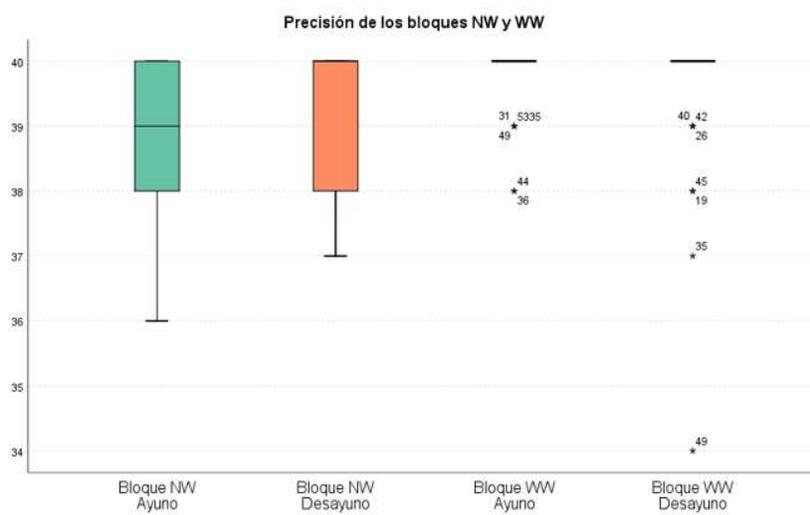


Figura 16: Precisión de los bloques de la Prueba de Ejecución Continua (CPT)

En la gráfica se muestra el promedio de los aciertos de los dos bloques de la tarea NW y WW, en ambas condiciones experimentales (Ayuno – Desayuno). Los datos extremos se muestran con un asterisco (*). El máximo de aciertos por bloque es 40.

En la figura 17 se muestra la precisión de aciertos respecto a la etapa (Inicial y Tardía) de cada bloque de la tarea (NW WW), en esta ocasión ambas condiciones y bloques presentan un efecto techo.

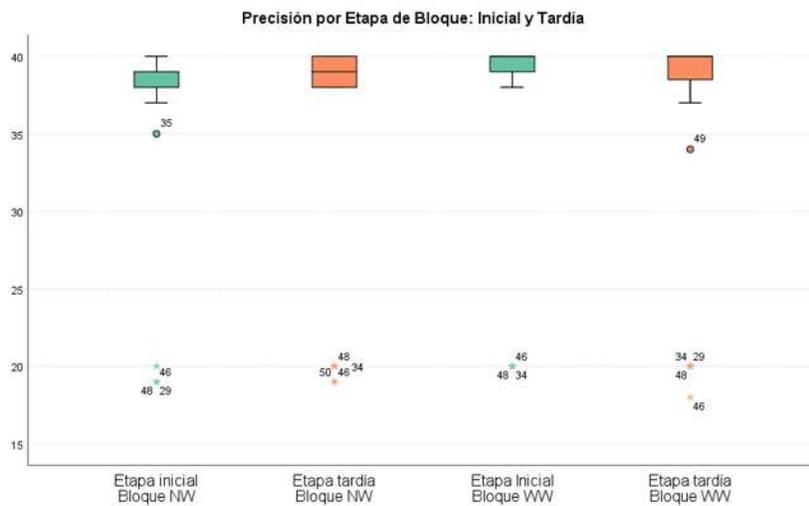


Figura 17: Precisión de la etapa (Inicial/Tardía) los bloques de la Prueba de Ejecución Continua (CPT)

En la gráfica se muestra la media de los aciertos de las etapas en cada bloque de la tarea (NW y WW). Los datos extremos se muestran con un asterisco (*). El máximo de aciertos por bloque es 40.

Al realizar el análisis multivariado de varianza para medidas repetidas (MANOVAmr) no se encontró algún efecto de la condición (A-D) ($F(1,29)=0.885, p=.521$). Sin embargo, a fin de mostrar la tendencia general en los bloques NW y WW se expone la figura 18, donde se muestra tiempos de reacción más cortos en la condición de desayuno.

Además, los participantes fueron más eficientes en el bloque WW en ambas condiciones (WW: Ayuno($m=385, DE=56.12, EE=10.55$) Desayuno($m=373, D.E.=40.19, EE=6.93$)), contrario a lo que se podría inferir debido al efecto del cansancio, ya que en todas las ocasiones se presentan los bloques en el orden NW (NW: Ayuno($m=403, D.E.=37.7, EE=7.08$) Desayuno($m=400, D.E.=39.2, EE=7.18$)) WW. También se puede observar que en el segundo bloque (WW) la variabilidad disminuyó en la condición de desayuno (ver figura 18).

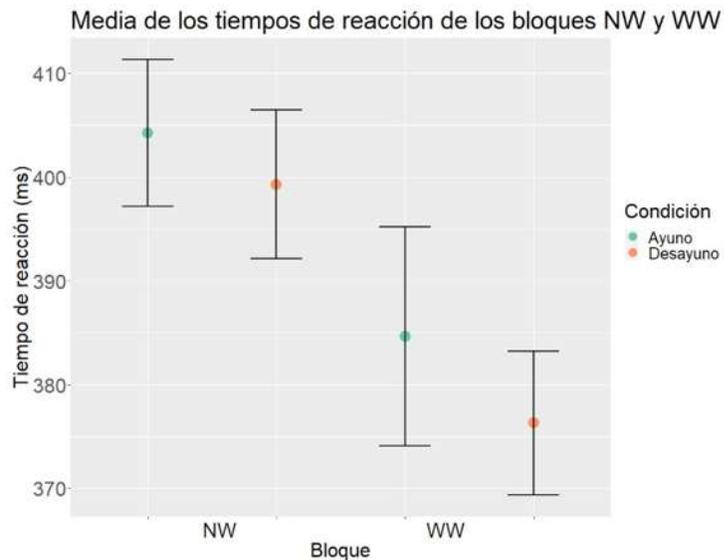


Figura 18: Tiempo de reacción de los bloques NW y WW de la Prueba de Ejecución Continua

En la gráfica se muestran las medias de los tiempos de reacción para cada condición experimental (ayuno-desayuno) en ambos bloques (NW-WW), Las barras representan ± 1 error estándar. El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

En la figura 19 se muestran los tiempos de reacción del bloque NW. Se puede observar que hacia el final del bloque la medición en ayuno ($m=411$, $DE=39.91$, $E.E=7.45$) tiene tiempos de reacción más lentos en comparación de la condición de desayuno ($m=401$, $DE=41.67$, $E.E=7.26$).

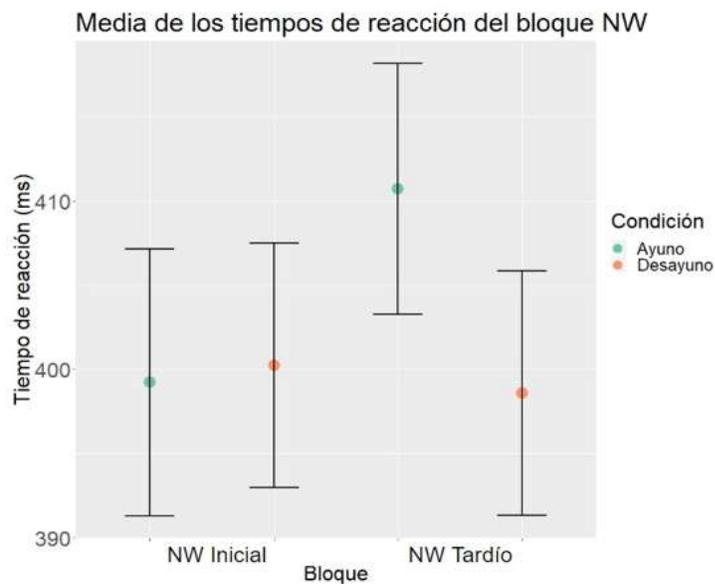


Figura 19: Medias del Bloque NW y etapa Inicial y Tardía

A la izquierda se muestran las medias de la etapa inicial del bloque NW. A la derecha se encuentran las medias de la etapa tardía del bloque NW. Ambas etapas se muestran separadas y codificadas en distinto color por condición experimental (ayuno-desayuno). Se muestran las medias de los tiempos de reacción en milisegundos. Las barras representan ± 1 error estándar. El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

En la etapa tardía del bloque NW podemos observar que los participantes en la condición de ayuno respondieron de forma más lenta que en condición de desayuno, a diferencia de la etapa inicial del mismo bloque, donde los tiempos de reacción son muy similares entre condiciones. Sin embargo, las diferencias en milisegundos son mínimas y no son estadísticamente significativas.

En la figura 20 se muestran los tiempos de reacción del bloque WW. En este bloque la etapa inicial tiene tiempos de reacción más cortos como se esperaba. En la etapa tardía del bloque se puede observar que la condición de desayuno (m=381, DE=45.36, E.E=8.10) tiene tiempos de reacción más cortos que la condición ayuno (m=393, DE=68.65, E.E=12.90), además que se puede observar mayor variabilidad en ayuno, en la etapa tardía.

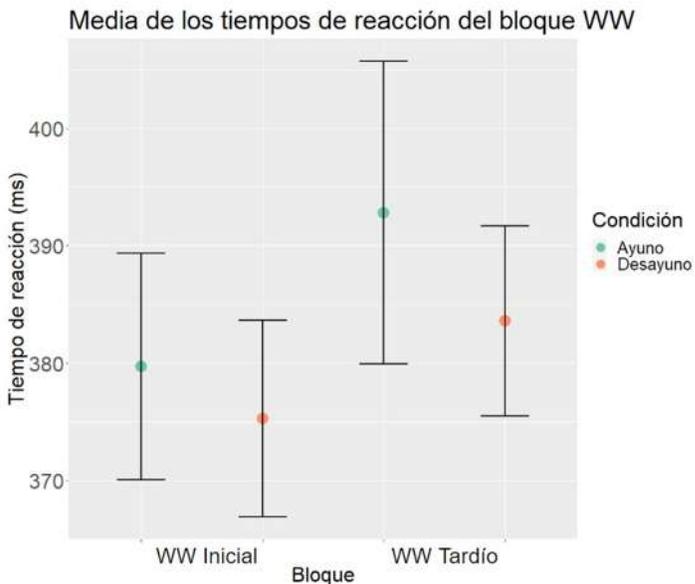


Figura 20: Medias del Bloque WW en etapa Inicial y Tardía

A la izquierda se muestran las medias de la etapa inicial del bloque WW. A la derecha se encuentran las medias de la etapa tardía del bloque WW. Ambas etapas se muestran separadas y codificadas en distinto color por condición experimental (ayuno-desayuno). Se muestran las medias de los tiempos de reacción en milisegundos. Las barras representan ± 1 error estándar. El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

Además que parece que hay un patrón en los bloques de esta tarea, ya que los participantes en condición de desayuno se benefician con tiempos de respuesta más cortos a lo largo de la tarea, mientras que los participantes en la condición de ayuno, van retardando sus respuestas hacia la etapa tardía del bloque y la variabilidad aumenta.

Análisis Complementarios

Se realizó un análisis complementario con una parte de la muestra, con el objetivo de tener una muestra equilibrada en la variable género. Dado que el metabolismo y la respuesta de la insulina es distinta en hombres y mujeres (Cooper et al., 2017). Se tomaron 18 participantes (50% mujeres) pareados por la variable IMC la edad media de los hombres es de 22.33 ($DE=2.17$) y de las mujeres es 21 ($DE= 1.8$). Se realizó por segunda ocasión un análisis de varianza para medidas repetidas para las tareas de Redes Atencionales y Memoria de Trabajo, a fin de conocer si los resultados continuaban sin mostrar diferencia en las condiciones experimentales o si, al controlar la variable género los resultados eran mostraban diferencias estadísticamente significativas.

A continuación, se muestran los resultados de tendencia central y test de normalidad (Tabla 11) para IMC, grasa, grasa visceral y glucosa en las dos condiciones experimentales y separado por el grupo sexo a fin de mostrar que ambos grupos sean parecidos en complejión y evitar sesgos en este análisis complementario.

Tabla 11: Estadísticos descriptivos de la variable Glucosa para el análisis complementario n=18

			Media	EE	DE	K-S (p)
IMC	Ayuno	H	29.38	2.11	6.34	.20
		M	27.03	1.17	3.51	.19
	Desayuno	H	29.37	2.05	6.14	.20
		M	27.04	1.24	3.71	.20
Grasa	Ayuno	H	30.93	3.14	9.41	.20
		M	42.39	2.12	6.35	.20
	Desayuno	H	30.60	2.84	8.52	.20
		M	42.99	2.14	6.43	.13
Grasa Visceral	Ayuno	H	11.00	1.66	4.97	.20
		M	5.33	0.37	1.12	.04
	Desayuno	H	10.89	1.62	4.86	.20
		M	5.33	0.37	1.12	.04
Glucosa	Ayuno	H	90.67	3.99	11.97	.20
		M	95.56	4.18	12.53	.02
	Desayuno	H	92.78	3.08	9.23	.10
		M	101.22	6.32	18.95	.20

Nota: *DE* (desviación estándar), *EE* (error estándar) K-S (Kolmogorov-Smirnov)

Prueba de redes atencionales (Attention Network Test)

Se realizó el análisis exploratorio de los índices de eficiencia de redes atencionales (Tabla 12), donde encontramos que la tendencia en las medidas es similar entre el análisis general y el análisis complementario, ya que persiste un beneficio en los índices de eficiencia en la condición de desayuno. Aunque en el bloque de Control Saturado el grupo de mujeres se vio beneficiado en la condición de ayuno y el grupo de hombres se benefició en la condición de desayuno. La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov reporta una distribución normal de la muestra en todos los índices de eficiencia.

Tabla 12: Estadísticos descriptivos de los índices de eficiencia del Attention Network Test del análisis complementario n=18

			Media	DE	K-S (<i>p</i>)
Alerta	Ayuno	H	-0.099	0.043	.41
		M	-0.096	0.063	
	Desayuno	H	-0.071	0.052	.90
		M	-0.099	0.049	
Orientación	Ayuno	H	0.085	0.034	.93
		M	0.058	0.102	
	Desayuno	H	0.113	0.052	.95
		M	0.092	0.069	
Control	Ayuno	H	0.133	0.120	.42
		M	0.092	0.111	
	Desayuno	H	0.136	0.051	.93
		M	0.109	0.067	
Control Saturado	Ayuno	H	0.068	0.072	.38
		M	0.062	0.060	
	Desayuno	H	0.113	0.086	.90
		M	0.019	0.066	

Nota: Se reportan los índices de eficiencia de cada red calculados con los tiempos de reacción en milisegundos. DE (desviación estándar), K-S (Kolmogorov-Smirnov)

Se realizó la prueba de esfericidad de Mauchly la cual resultó $p > .05$, con lo cual puede asumirse esfericidad en las varianzas. Realizamos un análisis de varianzas para medidas repetidas para comprobar si las diferencias en las condiciones experimentales son estadísticamente significativas. El MANOVA muestra que hay diferencias estadísticamente significativas en las condiciones experimentales ($F(1,17)=5.96, p=.008, \eta^2p=.684$).

En la tabla 13 se muestra los valores de MANOVA y valor p para los cuatro bloques que componen la tarea de redes atencionales. Como podemos observar, sólo los bloques de Orientación y Control Saturado presentan diferencias estadísticamente significativas en las dos condiciones experimentales (Ayuno-Desayuno), se muestran también los valores de tamaño del efecto (η_p^2).

Tabla 13: Se muestran los resultados de MANOVA con esfericidad asumida para las medidas de los 4 bloques de la tarea de redes atencionales así como el valor p y el valor Eta parcial².

	F	p	η_p^2
Alerta	0.48	.501	.03
Orientación	12.28	.004	.47
Control	2.27	.154	.14
Control Saturado	14.01	.002	.50

En el bloque de Alerta (Figura 21) las medias de hombres y mujeres en la condición de ayuno son muy parecidas y las barras de error se muestran prácticamente empalmadas, pero en la condición desayuno los participantes hombres mejoran su eficiencia, a diferencia de las mujeres que mantienen el mismo rendimiento.

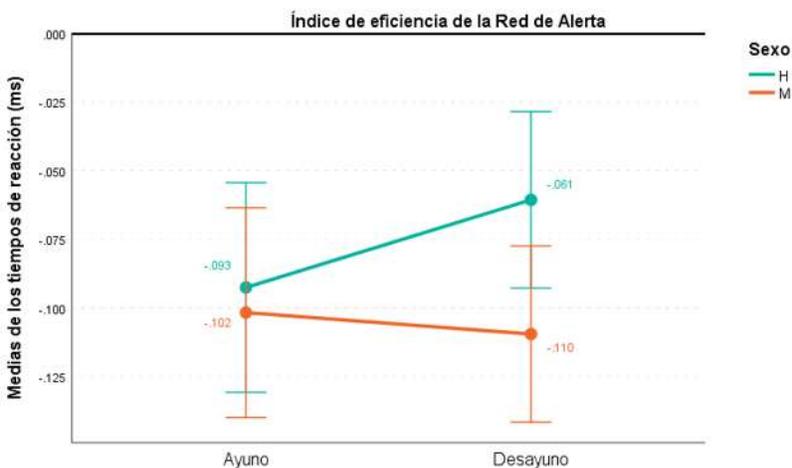


Figura 21: Índices de eficiencia en red Alerta (n=18)

En la gráfica se muestran las medias de los índices de eficiencia de la red de Alerta, separadas en líneas distintas la variable género. En las dos condiciones experimentales Ayuno y Desayuno, Las barras representan ± 1 error estándar.

En la eficiencia de la red de orientación, las participantes mujeres son quienes se benefician con tiempos más cortos de respuesta en la condición de ayuno. Hombres y mujeres presentan un rendimiento similar en la condición de desayuno (Ver figura 22).

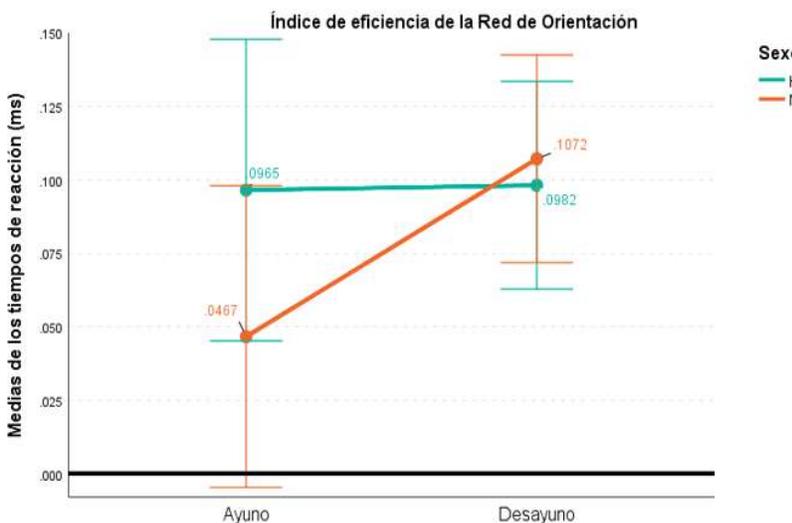


Figura 22: Eficiencia en la Red de Orientación entre Hombres y Mujeres (n=18)

En la gráfica se muestran las medias de los índices de eficiencia de la red de Orientación, separadas en líneas distintas la variable género. En las dos condiciones experimentales Ayuno y Desayuno, Las barras representan ± 1 error estándar.

En la figura 23 se muestra la distribución de la red de control en las dos condiciones experimentales, ambos grupos (hombres y mujeres) se encuentran cercanos en la condición de Ayuno, las barras de error muestran mayor variabilidad en la condición de ayuno. Aunque en ambas condiciones los datos de los dos grupos se empalman.

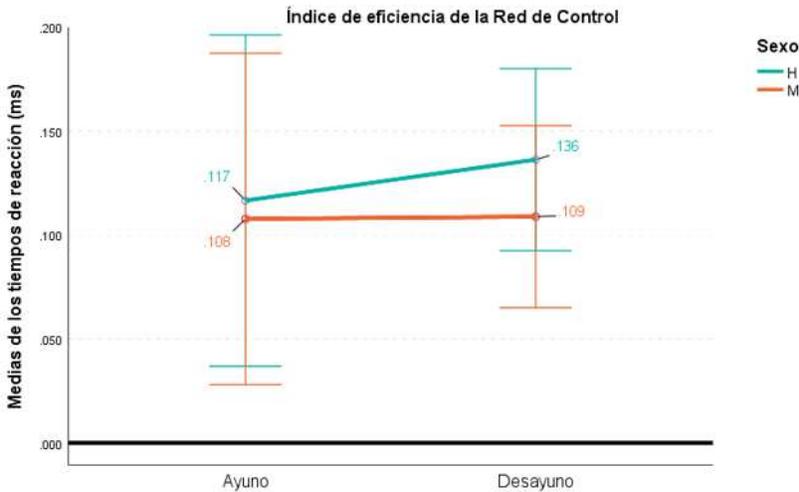


Figura 23: Eficiencia en la Red de Control entre Hombres y Mujeres (n=18)

En la gráfica se muestran las medias de los índices de eficiencia de la red de Control, en líneas distintas la variable género. en las dos condiciones experimentales Ayuno y Desayuno, Las barras representan ± 1 error estándar.

En la figura 24 se muestra la distribución del bloque de “Control Saturado” en las dos condiciones experimentales, ambos grupos (hombres y mujeres) se encuentran cercanos en la condición de Ayuno, los hombres presentan una eficiencia ligeramente mayor ($m=0.054$) a la de las mujeres ($m=0.075$). Sin embargo, en la condición de desayuno se invierte la relación y se maximiza la separación de la eficiencia, las mujeres mejoraron la eficiencia ($m=0.006$) y para los hombres empeoró la eficiencia en la condición de desayuno ($m=0.125$).

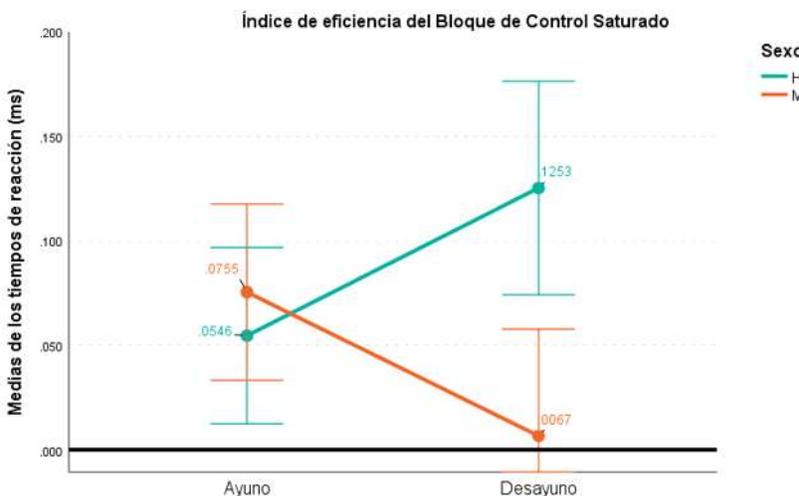


Figura 24: Eficiencia en el bloque “Control Saturado” entre hombres y Mujeres (n=18)

En la gráfica se muestran las medias de los índices de eficiencia de la red de Orientación, en líneas separadas la variable género. En las dos condiciones experimentales Ayuno y Desayuno, Las barras representan ± 1 error estándar.

Tarea de Memoria de Trabajo “Paradigma de Sternberg”

Se realizó también un análisis exploratorio para las variables de la tarea de memoria de trabajo. En la tabla 14 se muestran de forma detallada los estadísticos de tendencia central y la prueba de bondad de ajuste, la cual muestra una distribución normal en todas las variables de la prueba.

Tabla 14: Estadísticos descriptivos con las variables de la tarea de Memoria de trabajo. Se presentan los estadísticos de los tiempos de reacción en milisegundos.

			Media	DE	K-S (<i>p</i>)	
Bloque 4S	Ayuno	H	829	168	0.51	
		M	882	188		
	Desayuno	H	798	145	0.79	
		M	906	73		
Bloque 6S	Ayuno	H	869	134	0.75	
		M	1,017	214		
	Desayuno	H	854	164	0.6	
		M	988	198		
	Target Presente	Ayuno	H	844	157	0.67
			M	926	205	
Desayuno		H	781	147	0.55	
		M	979	145		
Target Ausente	Ayuno	H	848	171	0.43	
		M	945	176		
	Desayuno	H	866	162	0.72	
		M	980	168		

Nota: Se reportan los índices de eficiencia de cada red calculados con los tiempos de reacción en milisegundos. DE (desviación estándar), K-S (Kolmogorov-Smirnov)

Se realizó un análisis multivariante de varianzas para medidas repetidas para comprobar si las diferencias en las condiciones experimentales son diferentes estadísticamente. El MANOVA muestra que no hay efecto de la condición Ayuno-Desayuno ($F(1,17)=.221, p=.921, \eta^2p=.074$). En las pruebas univariadas de ANOVA se encontró que no hay diferencias entre las condiciones experimentales (A-D) para las distintas variables de medida que conforman la tarea de Memoria de Trabajo.

A continuación, se muestran los gráficos a fin de observar la tendencia en los datos, esta vez en líneas separadas hombres y mujeres. En las figuras 25 y 26 se encuentran las medias de los tiempos de respuesta para los bloques de 4 y 6 estímulos respectivamente. En los que se

puede observar que los hombres tienen mejor rendimiento y que no hay un cambio en ambas condiciones (ayuno-desayuno), sin embargo, no hay un efecto del grupo (Hombres y Mujeres).

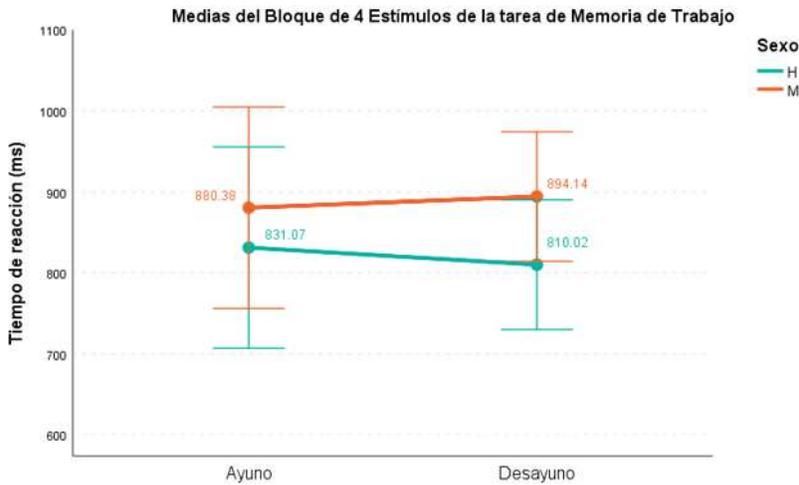


Figura 25: Tiempos de reacción del bloque 4 estímulos de la tarea Paradigma de Sternberg entre Hombres y Mujeres (n=18)

Se muestran las medias de los tiempos de reacción en milisegundos. Las barras representan ± 1 error estándar. El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

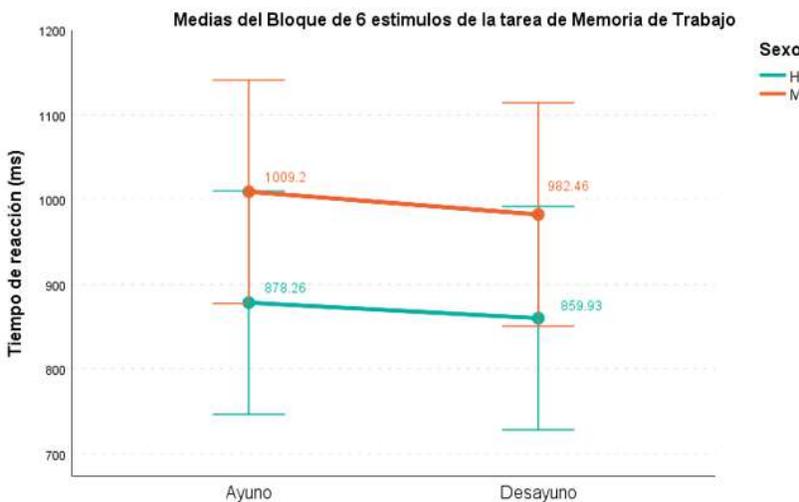


Figura 26: Tiempos de reacción del bloque de 6 estímulos de la tarea Paradigma de Sternberg entre Hombres y Mujeres (n=18)

Se muestran las medias de los tiempos de reacción en milisegundos. Las barras representan ± 1 error estándar. El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

En las figuras 27 y 28 se encuentran las medias de los tiempos de respuesta para los ensayos con objetivo Ausente y Presente respectivamente. En la figura 27 la relación de ambos grupos se mantiene igual en ambas condiciones (Ayuno-Desayuno), los hombres presentan tiempos de reacción más cortos que las mujeres.

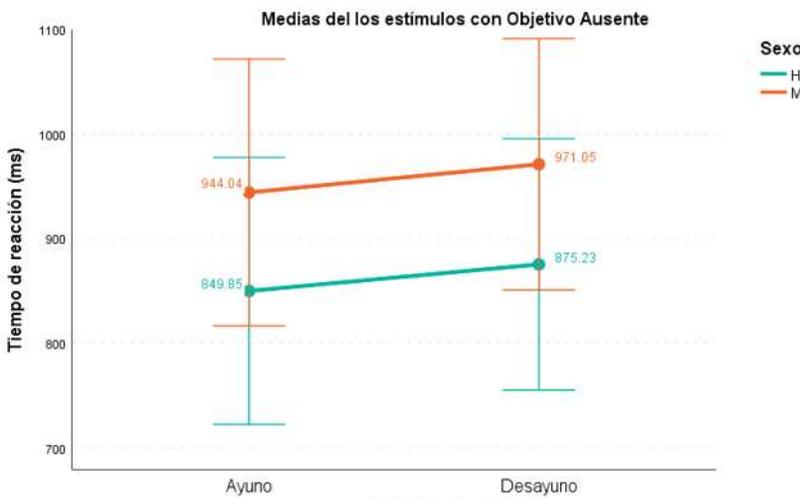


Figura 27: Media de los tiempos de reacción de los ensayos con Objetivo Ausente (n=18)
 Se muestran las medias de los tiempos de reacción en milisegundos. Las barras representan ± 1 error estándar. El eje Y no parte de 0 para ver con mayor detalle la tendencia de los datos.

En la figura 28, se puede observar que, de igual forma los hombres tuvieron mejor rendimiento en ambas condiciones, sin embargo, hay un beneficio en la condición de desayuno para el grupo de hombres (Ayuno m=850, Desayuno m=791).

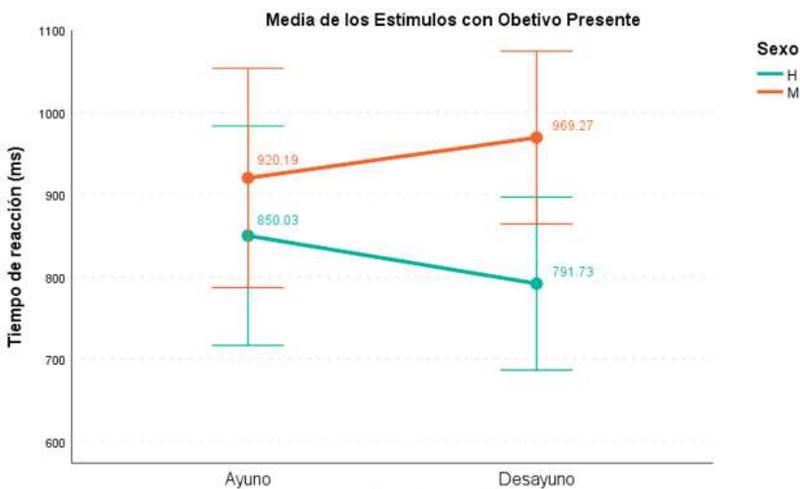


Figura 28: Tiempos reacción del tipo de objetivo "Presente"
 Se muestran las medias de los tiempos de reacción de los ensayos con objetivo Presente en la tarea de memoria de trabajo entre Hombres y Mujeres (n=18). En líneas separadas la variable sexo y en el eje X al momento de Ayuno y Desayuno. Las barras representan ± 1 error estándar.

Discusión

El ayuno o desayuno no afectan el rendimiento cognitivo, o por lo menos eso parece que muestran los resultados de la presente investigación. A pesar de nuestra hipótesis y la idea popular del desayuno como “la comida más importante del día” no encontramos un efecto negativo en el rendimiento de los participantes que habían ayunado.

Dado que los resultados no muestran diferencias estadísticamente significativas en las condiciones experimentales, en ninguna de las variables cognitivas, se podría interpretar esto en varias direcciones. La primera, la manipulación de la condición experimental (ayuno vs. Desayuno) no produjo diferencias en las variables analizadas dado que no representa una diferencia real en el rendimiento cognitivo el estar en ayuno o haber desayunado un alimento de bajo índice glucémico, como el que hemos propuesto, en la población universitaria. Cabe destacar que para el presente estudio se consideró proporcionar un único desayuno dado que en otros estudios no se controló la homogeneidad de la ingesta de alimento (Defeyter, Russo, & Scholey, 2013; González-Garrido et al., 2019; Veasey, Gonzalez, Kennedy, Haskell, & Stevenson, 2013).

Considerando que las condiciones metodológicas fueron las adecuadas, podrían presentarse otras interpretaciones alternativas a los resultados obtenidos. La primera de ellas es que la muestra de este proyecto se conformó por población sana, además, son sujetos activos académicamente y con un rango de años escolares muy corto. Todas estas características ponen esta muestra de población en una “ventaja” respecto a las muestras de otros estudios donde sí han encontrado diferencias entre las condiciones de ayuno y desayuno (González-Garrido et al., 2019).

La segunda interpretación está relacionada con el nivel de dificultad de las tareas utilizadas: éste no fue demasiado exigente para la muestra de este proyecto. La dificultad de la tarea y la contabilización de errores ha mostrado diferencias en otros estudios (Wesnes et al., 2003). Sin embargo, para confirmar esta interpretación no tenemos evidencia en la literatura que concluya que las tareas de baja dificultad o exigencia no tienen efecto en las condiciones de Ayuno vs. Desayuno. Aunado a esto, para este proyecto se eligieron tareas que además de

contabilizar los errores y aciertos fueran sensibles al tiempo de respuesta a fin de considerar si la condición experimental repercutía en la velocidad de procesamiento al realizar una tarea.

Una tercera interpretación a tomar en cuenta es la composición del desayuno que se eligió, se optó por un alimento de bajo índice glucémico que no produjera picos de glucosa en sangre a fin de que mantuviera un rendimiento energético constante por más tiempo. Este podría ser el motivo para que el rendimiento en ambas condiciones experimentales no fuera diferente. Algunos estudios donde proponen distintos alimentos con distinta composición de macronutrientes y carga glucémica han encontrado diferencias entre el ayuno y el alimento de mayor carga glucémica o de mayor índice glucémico (Jones, Sünram-Lea, & Wesnes, 2012; Wesnes et al., 2003).

La cuarta interpretación que parece tener más solidez en la literatura es que probablemente las diferencias no se reflejan de manera conductual. Y este proyecto está evaluado únicamente con datos conductuales en el rendimiento de las tareas. Gran parte de la literatura revisada en la que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas cuentan con datos conductuales y datos fisiológicos, lo que resulta en una evaluación más sensible (González-Garrido et al., 2019; Messier, Tsiakas, Gagnon, & Desrochers, 2010; Murphy et al., 2014).

La última interpretación es que los resultados no son concluyentes debido a una posible falta de control en el aspecto metodológico, pues en el presente estudio no se controló la variable género para tener una muestra equilibrada, aproximándose a 50% de cada género. Sin embargo, cabe resaltar que no se tomó en cuenta este dato pues la literatura revisada no concluye en diferencias en el rendimiento cognitivo entre hombres y mujeres ni es una variable controlada (Edefonti, Bravi, & Ferraroni, 2017; Jones et al., 2012; Karlen, Masino, Fortino, & Martinelli M, 2011). Además, al optar por medidas repetidas estamos comparando al participante con él mismo, por lo que no hay grupos distintos que sólo hayan experimentado una de las condiciones. Por otro lado es difícil establecer de qué manera afectó el desequilibrio de la variable género a los resultados obtenidos. Tanto la falta de diferencias como las eventuales diferencias.

Otro aspecto que pudo ayudar a explicar los resultados de las evaluaciones de las dos condiciones experimentales es que no se obtuvo una primera evaluación para compararla con las evaluaciones de cada condición experimental, o bien, contar con un grupo control. Esto a fin de captar con mayor detalle el cambio que se da con el ayuno o con el desayuno, ya que tal vez ambas condiciones experimentales tienen un efecto sobre la línea base, pero no entre condiciones.

Por otra parte, existe una variable que sí se consideró pero salió de las posibilidades del estudio la forma de controlarla, ya que no hay certeza de los datos de ayuno o desayuno, fue pues imposible comprobar si los participantes cumplieron con las horas de ayuno que se solicitó, o en la condición de ayuno, si los participantes llegaron a la evaluación después de dos horas de consumir el desayuno de prueba. El único dato que se tiene es la medida de glucosa que sí presenta diferencias en las dos condiciones experimentales (Ayuno - Desayuno).

Todos estos factores que no fueron controlados pueden estar modificando los datos que se analizaron, por lo que optar por la primera conclusión es muy arriesgado, para posteriores estudios deben ser tomadas en cuenta estas precisiones.

El análisis complementario se realizó con la finalidad de simular los resultados que posiblemente se tendrían si la variable género se hubiera controlado en el experimento original, ya que algunos autores sugieren que hay diferencias en la metabolización de la glucosa (Cooper et al., 2017). Como se puede observar en este nuevo análisis, existen diferencias en la tarea de redes atencionales en la condición Ayuno versus Desayuno. Específicamente en los bloques de Orientación y Control Saturado.

Cabe resaltar que los resultados del análisis complementario no son una conclusión general del presente estudio, ya que como se explicó en el apartado de resultados, este nuevo análisis se realizó con sólo 18 participantes, por lo que es una muestra muy pequeña y no se podría generalizar, sin embargo, parece que tomando otras medidas de control, podrían encontrarse resultados más consistentes.

En líneas generales, el presente trabajo aporta un diseño metodológico que consideramos es adecuado, por ejemplo, las medidas repetidas y el orden contrabalanceado. Los resultados tal vez podrían mostrar diferencias estadísticamente significativas si se incluyeran datos fisiológicos y conductuales al análisis, como se ha encontrado en otros estudios antes citados.

Otra recomendación que consideramos útil es la recolección de la muestra, respecto a la variable índice de masa corporal (IMC): una alternativa sería tener una muestra homogénea en las variables antropométricas, otra alternativa interesante sería recolectar una muestra con participantes en los extremos de las variables, por ejemplo, la mitad de la muestra en el límite inferior del IMC normal y la otra mitad con IMC de sobre peso u obesidad, ya que en algunos estudios se ha encontrado que en adultos las diferencias entre ayuno y desayuno se concentran en personas con resistencia a la insulina que también coinciden con IMCs elevados.

Referencias

- Adolphus, K., Lawton, C. L., Champ, C. L., & Dye, L. (2016). The Effects of Breakfast and Breakfast Composition on Cognition in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Advances in Nutrition*, 7(3), 590S-612S. <https://doi.org/10.3945/an.115.010256>
- Arteaga Llona, A. (2006). The glycemic index. A current controversy. *Nutricion Hospitalaria*, 21 Suppl 2, 53-59,55-60. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/16771073>
- Auriacombe, S., Grossman, M., Carvell, S., Gollomp, S., Stern, M. B., & Hurtig, H. I. (1993). Verbal fluency deficits in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 7(2), 182.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (1986). Working Memory Oxford University Press. New York.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Banich, M. T. (2009). Executive Function: The Search for an Integrated Account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>
- Barkley, R. A. (2012). Executive functions: What they are, how they work, and why they evolved. In *Executive functions: What they are, how they work, and why they evolved*. New York, NY, US: Guilford Press.
- Benson, D. F., & Stuss, D. T. (1990). Frontal Lobe Influences on Delusions: A Clinical Perspective. *Schizophrenia Bulletin*, Vol. 16, pp. 403-411. <https://doi.org/10.1093/schbul/16.3.403>
- Benton, D., & Brock, H. (2010). *Mood and the macro-nutrient composition of breakfast and the mid-day meal*. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.08.001>
- Benton, D., & Nabb, S. (2003). Carbohydrate, memory, and mood. *Nutrition Reviews*. <https://doi.org/10.1301/nr.2003.may.S61-S67>
- Blanco-Menéndez, R., & Vera de la Puente, E. (2013). Un marco teórico de las funciones ejecutivas desde la neurociencia cognitiva. *Eikasia Revista de Filosofía*, 48, 199-216.
- Broadbent, D. E. (1958). Perception and communication. In *Perception and communication*. <https://doi.org/10.1037/10037-000>
- Bruce-Keller, A. J., Umberger, G., McFall, R., & Mattson, M. P. (1999). Food restriction reduces brain damage and improves behavioral outcome following excitotoxic and metabolic insults. *Annals of Neurology*, 45(1), 8-15. [https://doi.org/10.1002/1531-8249\(199901\)45:1<8::AID-ART4>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1531-8249(199901)45:1<8::AID-ART4>3.0.CO;2-V)
- Bryan, J., & Luszcz, M. A. (2000). Measurement of Executive Function: Considerations for Detecting Adult Age Differences. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22(1), 40-55. [https://doi.org/10.1076/1380-3395\(200002\)22:1;1-](https://doi.org/10.1076/1380-3395(200002)22:1;1-)

8;FT040

- Colmenero Jiménez, J. M., Catena Martínez, A., & Fuentes, L. J. (1970). VISUAL ATTENTION: A REVIEW ABOUT ATTENTIONAL NETWORKS OF THE BRAIN. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 17(1), 45–67. Retrieved from <https://revistas.um.es/analesps/article/view/29081>
- Cooper, S. B., Dring, K. J., Morris, J. G., Cousins, B. E. W. W., Nute, M. L., & Nevill, M. E. (2017). Sex differences in adolescents' glycaemic and insulinaemic responses to high and low glycaemic index breakfasts: a randomised control trial. *British Journal of Nutrition*, 117(4), 541–547. <https://doi.org/10.1017/S0007114517000447>
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201–215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Cowan, N. (1998). *Attention and memory: an integrated framework*. Oxford University Press.
- Crawford, J. R., Parker, D. M., McKinnley, W., & McKinlay, W. W. (1992). Assessment of frontal lobe dysfunction. In *A handbook of neuropsychological assessment* (pp. 267–291). Psychology Press.
- de Cabo, R., & Mattson, M. P. (2019). Effects of Intermittent Fasting on Health, Aging, and Disease. *The New England Journal of Medicine*, 381(26), 2541–2551. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1905136>
- De Noreña Martínez, D., Blázquez Alisente, J. L., González Rodríguez, B., & Gil Orejudo, E. (2012). Corteza prefrontal, memoria y funciones ejecutivas. *Neuropsicología de La Corteza Prefrontal y Las Funciones Ejecutivas*, 271–298.
- Defeyter, M. A., Russo, R., & Scholey, A. (2013). *The effect of breakfast cereal consumption on adolescents' cognitive performance and mood*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00789>
- Denckla, M. B. (1996). A theory and model of executive function: A neuropsychological perspective. *Attention, Memory, and Executive Function.*, pp. 263–278. Baltimore, MD, US: Paul H Brookes Publishing Co.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, Vol. 70, pp. 80–90. <https://doi.org/10.1037/h0039515>
- Di Francesco, A., Di Germanio, C., Bernier, M., & De Cabo, R. (2018). A time to fast. *Science*, 362(6416), 770–775. <https://doi.org/10.1126/science.aau2095>
- Donohoe, R. T., & Benton, D. (1995). Cognitive functioning is susceptible to the level of blood glucose. *Appetite*, 24(3), 279.
- Duncan, J. (1980). The Locus of Interference in the Perception of Simultaneous Stimuli. *Psychological Review*, 87, 272–300.
- Dye, L., & Blundell, J. (2002). Functional foods: psychological and behavioural functions. *British Journal of Nutrition*, 88(S2), S187–S211. <https://doi.org/10.1079/bjn2002684>
- Edefonti, V., Bravi, F., & Ferraroni, M. (2017, December 15). Breakfast and behavior in morning tasks: Facts or fads? *Journal of Affective Disorders*, Vol. 224, pp. 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.12.028>
- Erbslöh, F., Bernsmeier, A., & Hillesheim, H. R. (1958). Der Glucoseverbrauch des Gehirns und seine Abhängigkeit von der Leber. *Archiv Für Psychiatrie Und Nervenkrankheiten Vereinigt Mit Zeitschrift Für Die Gesamte Neurologie Und Psychiatrie*, 196(6), 611–626. <https://doi.org/10.1007/BF00344388>
- Eriksen, C. W., & Hoffman, J. E. (1974). Selective attention: Noise suppression or signal enhancement? *Bulletin of the Psychonomic Society*, 4(6), 587–589. <https://doi.org/10.3758/BF03334301>
- Fan, J., Mccandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). *Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks*.
- Foster-Powell, K., Holt, S., Brand-Miller, J., & Brand, J. (2002). International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 5–56. Retrieved from <https://watermark.silverchair.com/5.pdf?>

token=AQECAHi208BE49Ooan9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAZwwggGYBgkqhkiG9w0BBwagggJMI
IBhQIBADCCAX4GCSqGSIb3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMoHdX8kzkHL33Gqw1AgEQgIIBT4Xt9IFZ-
Qp2a3fshBPojXYOn7TUozTTZyeeOOKaLw7EMPF_NsDDo

- Funes, M. J., & Lupiañez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: una tarea para medir las funciones atencionales de Orientación, Alerta y Control Cognitivo y la interacción entre ellas. *Psicothema*, *15*(2), 260–266. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72715217>
- Fuster, J. M. (2008). *The Prefrontal Cortex New York*. Academic Press.
- Gilmore, A. W., Nelson, S. M., & McDermott, K. B. (2015). A parietal memory network revealed by multiple MRI methods. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(9), 534–543. <https://doi.org/10.1016/J.TICS.2015.07.004>
- Goldman-Rakic, P. S. (1987). Development of Cortical Circuitry and Cognitive Function. *Child Development*, *58*(3), 601–622. <https://doi.org/10.2307/1130201>
- González-Garrido, A. A., Brofman-Epelbaum, J. J., Gómez-Velázquez, F. R., Balart-Sánchez, S. A., & Ramos-Loyo, J. (2019). Skipping Breakfast Affects the Early Steps of Cognitive Processing: An Event-Related Brain Potentials Study. *Journal of Psychophysiology*, *33*(2), 109–118. <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000214>
- González-Garrido, A. A., Gómez-Velázquez, F. R., Fernández-Harmony, T., Oropeza De Alba, J. L., & Ruiz-Sandoval, J. L. (2001). Event-Related Brain Potentials During a Continuous Performance Test (CPT) Task in Normal Children. In *Archives of Medical Research* (Vol. 32).
- González-Garrido, A. A., Márquez-Orta, E., & Ramos-Loyo, J. (2006). *La atención y sus alteraciones del cerebro a la conducta*. Manual Moderno, UNAM.
- Harlow, J. M. (1848). Passage of an iron rod through the head. *The Boston Medical and Surgical Journal (1828-1851)*, *39*(20), 0_1.
- Horie, N. C., Serrao, V. T., Simon, S. S., Gascon, M. R. P., Dos Santos, A. X., Zambone, M. A., ... Cercato, C. (2016). Cognitive effects of intentional weight loss in elderly obese individuals with mild cognitive impairment. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *101*(3), 1104–1112. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-2315>
- Howarth, C., Padraig, G., & Attwell, D. (2012). Updated energy budgets for neural computation in the neocortex and cerebellum. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, *32*, 1222–1232. <https://doi.org/doi:10.1038/jcbfm.2012.35>
- Hoyland, A., Dye, L., & Lawton, C. L. (2009, December). A systematic review of the effect of breakfast on the cognitive performance of children and adolescents. *Nutrition Research Reviews*, Vol. 22, pp. 220–243. <https://doi.org/10.1017/S0954422409990175>
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. Holt.
- Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., ... Goff, D. V. (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *34*(3), 362–366. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.3.362>
- Jones, E. K., Sünram-Lea, S. I., & Wesnes, K. A. (2012). Acute ingestion of different macronutrients differentially enhances aspects of memory and attention in healthy young adults. *Biological Psychology*, *89*(2), 477–486. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.12.017>
- Karlen, G., Masino, M., Fortino, M., & Martinelli M. (2011). Consumo de desayuno en estudiantes universitarios: hábito, calidad nutricional y su relación con el índice de masa corporal. *DIETA*, *29*, 23–30. Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/diaeta/v29n137/v29n137a03.pdf>
- Kety, S. S. (1957). The general metabolism of the brain in vivo. In *Metabolism of the nervous system* (pp. 221–237). Elsevier.

- Koolman, J., & Röhm, K.-H. (2005). *Bioquímica Humana: Texto Y Atlas* (4th ed.). Retrieved from <https://books.google.co.cr/books?id=f61Mvd-vl60C&pg=PA148&dq=fermentacion+levaduras+piruvato&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwixrrHHhfjAhWiY98KHZNdBrsQ6AEIMzAC#v=onepage&q=fermentacion+levaduras+piruvato&f=false%0Ahttps://es.scribd.com/doc/313700982/Koolman-Jan>
- Laberge, D. (1995). Computational and anatomical models of selective attention in object identification. *The Cognitive Neurosciences.*, pp. 649–663. Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- León-Carrión, J. (1995). *Manual de neuropsicología humana*. Siglo Veintiuno de España,.
- 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. (1995). Neuropsychological Assessment (3ra ed.) New York: Oxford University Press. *Journal of Neuroscience*, 19, 7733–7741.
- Li, B., Zhao, J., Lv, J., Tang, F., Liu, L., Sun, Z., ... Cui, R. (2013). Additive antidepressant-like effects of fasting with imipramine via modulation of 5-HT2 receptors in the mice. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2013.08.015>
- Luria, A. R. (1977). *Las funciones corticales superiores del hombre*. Orbe,.
- MacKay, D. M. (1973). *Visual Stability and Voluntary Eye Movements BT - Central Processing of Visual Information A: Integrative Functions and Comparative Data* (H. Autrum, P. O. Bishop, V. Braitenberg, K. L. Chow, R. L. De Valois, R. B. Freeman, ... R. Jung, Eds.). https://doi.org/10.1007/978-3-642-65352-0_5
- Mahoney, C. R., Taylor, H. A., Kanarek, R. B., & Samuel, P. (2005). Effect of breakfast composition on cognitive processes in elementary school children. *Physiology & Behavior*, 85, 635–645. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.06.023>
- Manoach, D. S., Greve, D. N., Lindgren, K. A., & Dale, A. M. (2003). Identifying regional activity associated with temporally separated components of working memory using event-related functional MRI. *NeuroImage*, 20(3), 1670–1684. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2003.08.002>
- Manríquez-Calderón, C. S., & Villuendas-González, E. R. (2019). Relación entre el nivel de glucosa y la eficiencia de la red atencional de control en adultos jóvenes sanos. *Cuadernos de Neuropsicología*, 13(52), 55–61. <https://doi.org/10.7714/CNPS/13.2.205>
- Marangoni, F., Poli, A., Agostoni, C., di Pietro, P. D., Cricelli, C., Brignoli, O., ... Paoletti, R. (2009). A consensus document on the role of breakfast in the attainment and maintenance of health and wellness. *Acta Biomédica Atenei Parmensis*, 80(2), 166–171.
- Martin, B., Mattson, M. P., & Maudsley, S. (2006). Caloric restriction and intermittent fasting: Two potential diets for successful brain aging. *Ageing Research Reviews*, 5(3), 332–353. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2006.04.002>
- Mattison, J. A., Colman, R. J., Beasley, T. M., Allison, D. B., Kemnitz, J. W., Roth, G. S., ... Anderson, R. M. (2017). Caloric restriction improves health and survival of rhesus monkeys. *Nature Communications*, 8(May 2016). <https://doi.org/10.1038/ncomms14063>
- Mattson, M. P., Duan, W., & Guo, Z. (2003). Meal size and frequency affect neuronal plasticity and vulnerability to disease: cellular and molecular mechanisms Diet and the nervous system. *Journal of Neurochemistry*, 84(3), 417–431.
- Mattson, M. P., Moehl, K., Ghena, N., Schmaedick, M., & Cheng, A. (2018). Intermittent metabolic switching, neuroplasticity and brain health. *Nature Reviews. Neuroscience*, 19(2), 63–80. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.156>
- Mattson, M. P., & Wan, R. (2005). Beneficial effects of intermittent fasting and caloric restriction on the cardiovascular and cerebrovascular systems. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 16(3), 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.12.007>

- Meikle, A., Riby, L. M., & Stollery, B. (2005). Memory processing and the glucose facilitation effect: The effects of stimulus difficulty and memory load. *Nutritional Neuroscience*, 8(4), 227–232. <https://doi.org/10.1080/10284150500193833>
- Melanson, K. J. (2008). Back-to-School Nutrition. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 2(5), 397–401. <https://doi.org/10.1177/1559827608320637>
- Mergenthaler, P., Lindauer, U., Dienel, G. A., & Meisel, A. (2013, October). Sugar for the brain: The role of glucose in physiological and pathological brain function. *Trends in Neurosciences*, Vol. 36, pp. 587–597. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.07.001>
- Messier, C., Tsiakas, M., Gagnon, M., & Desrochers, A. (2010). Effect of age and glucoregulation on cognitive performance. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(8), 809–821. <https://doi.org/10.1080/13803390903540323>
- 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>
- Mirsky, A. F. (1987). Behavioral and psychophysiological markers of disordered attention. *Environmental Health Perspectives*, 74, 191–199. <https://doi.org/10.1289/ehp.8774191>
- Mirsky, A. F., & Duncan, C. C. (1987). An Introduction to Modern Techniques of Clinical Neuropsychology. In *Advances in Psychosomatic Medicine* (pp. 167–184). <https://doi.org/10.1159/000414012>
- Mirsky, A. F., & Van Buren, J. M. (1965). On the nature of the “absence” in centrencephalic epilepsy: A study of some behavioral, electroencephalographic and autonomic factors. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 18(4), 334–348. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0013-4694\(65\)90053-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0013-4694(65)90053-2)
- Murphy, T., Dias, G. P., & Thuret, S. (2014). Effects of diet on brain plasticity in animal and human studies: Mind the gap. *Neural Plasticity*, Vol. 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/563160>
- Nabb, S., & Benton, D. (2006). The influence on cognition of the interaction between the macro-nutrient content of breakfast and glucose tolerance. *Physiology and Behavior*, 87(1), 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.08.034>
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, Vol. 75, pp. 522–536. <https://doi.org/10.1037/h0026699>
- O’reilly, R. C., Braver, T. S., & Cohen, J. D. (1997). *A Biologically-Based Computational Model of Working Memory*.
- Ortiz, T., Martínez, A. M., Fernández, A., Maestu, F., Campo, P., Hornero, R., ... Poch, J. (2008). Efecto de la estimulación auditiva a una frecuencia de 5 Hz en la memoria verbal. *Actas Espanolas de Psiquiatria*, 36(6).
- Owen, O. E., Morgan, A. P., Kemp, H. G., Sullivan, J. M., Herrera, M. G., & Cahill, G. F. (1967). Brain metabolism during fasting. *The Journal of Clinical Investigation*, 46(10), 1589–1595. <https://doi.org/10.1172/JCI105650>
- Parasuraman, R., & Davies, D. R. (1984). *Varieties of Attention*. Academic Press.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 73–89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Portellano Pérez, J. A., & García Alba, J. (2014). *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria*. Síntesis.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3–25. <https://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance X: Control of Language Processes*, 32, 531–556. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/203918232>
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17(2), 75–79. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0166-2236\(94\)90078-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0166-2236(94)90078-7)

- Posner, M. I., Klein, R., Summers, J., & Buggie, S. (1973). On the selection of signals. *Memory & Cognition*, *1*(1), 2–12. <https://doi.org/10.3758/BF03198062>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). THE ATTENTION SYSTEM OF THE HUMAN BRAIN. *Annu. Rev. Neurosci*, *13*, 25–42. Retrieved from http://cns.bu.edu/Profiles/Mingolla.html/cnsftp/cn730-2007-pdf/posner_petersen90.pdf
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). Images of mind. *Images of Mind.*, pp. ix, 257–ix, 257. New York, NY, US: Scientific American Library/Scientific American Books.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1992). CHAPTER 5 - Attentional Mechanisms and Conscious Experience (A. D. Milner & M. D. B. T.-T. N. of C. Rugg, Eds.). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-498045-7.50010-4>
- Pribram, K. H. (1973). THE PRIMATE FRONTAL CORTEX – EXECUTIVE OF THE BRAIN. *Psychophysiology of the Frontal Lobes*, 293–314. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-564340-5.50019-6>
- Qiu, G., Spangler, E. L., Wan, R., Miller, M., Mattson, M. P., So, K.-F., ... Ingram, D. K. (2012). Neuroprotection provided by dietary restriction in rats is further enhanced by reducing glucocorticoids. *Neurobiology of Aging*, *33*(10), 2398–2410. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.11.025>
- Ramírez, M., Ostrosky-Solís, F., Fernández, A., & Ardila-Ardila, A. (2005). Fluidez verbal semántica en hispanohablantes: Un análisis comparativo. *Revista de Neurología*, *41*(8), 463–468. <https://doi.org/10.33588/rn.4108.2004597>
- Reinmuth, O. M., Scheinberg, P., & Bourne, B. (1965). Total Cerebral Blood Flow And Metabolism: A New Method for the Repeated Serial Measurement of Total Cerebral Blood Flow Using Iodoantipyrine (1131) With a Report of Determination in Normal Human Beings of Blood Flow, Oxygen Consumption, Glucose Utilization. *Archives of Neurology*, *12*(1), 49–66. <https://doi.org/10.1001/archneur.1965.00460250053007>
- Ribarič, S. (2012). Diet and Aging. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1–20. <https://doi.org/10.1155/2012/741468>
- Robbins, T. W. (1996). Dissociating executive functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *351*(1346), 1463–1471.
- Rosenthal, J. M., Amiel, S. A., Yaguez, L., Bullmore, E., Hopkins, D., Evans, M., ... Williams, S. C. R. (2001). The Effect of Acute Hypoglycemia on Brain Function and Activation: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Diabetes*, *50*(7), 1618–1626. <https://doi.org/10.2337/diabetes.50.7.1618>
- Roth, R. M., Isquith, P. K., & Gioia, G. A. (2005). *BRIEF-A: Behavior rating inventory of executive function--adult version: Professional manual*. Psychological Assessment Resources.
- Ruff, R. M., Light, R. H., Parker, S. B., & Levin, H. S. (1997). The psychological construct of word fluency. *Brain and Language*, *57*(3), 394–405. <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1755>
- Schroeder, V. M., & Kelley, M. L. (2009). Associations Between Family Environment, Parenting Practices, and Executive Functioning of Children with and Without ADHD. *Journal of Child and Family Studies*, *18*(2), 227–235. <https://doi.org/10.1007/s10826-008-9223-0>
- Singh, R., Lakhanpal, D., Kumar, S., Sharma, S., Kataria, H., Kaur, M., & Kaur, G. (2012). Late-onset intermittent fasting dietary restriction as a potential intervention to retard age-associated brain function impairments in male rats. *Age*. <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9289-2>
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1987). Effectiveness of an attention-training program. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *9*(2), 117–130. <https://doi.org/10.1080/01688638708405352>
- Sokoloff, L. (1960). The metabolism of the central nervous system in vivo. *Handbook of Physiology, Section I, Neurophysiology*, *3*, 1843–1864.
- Speakman, J. R., & Mitchell, S. E. (2011). Caloric restriction. *Molecular Aspects of Medicine*, *32*(3), 159–221.

<https://doi.org/10.1016/j.mam.2011.07.001>

- Spencer, S. J., Korosi, A., Layé, S., Shukitt-Hale, B., & Barrientos, R. M. (2017). Food for thought: how nutrition impacts cognition and emotion. *Science of Food, 1*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41538-017-0008-y>
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory, 82*(2), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2004.06.005>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, Vol. 18*, pp. 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tolfrey, K., & Zakrzewski, J. K. (2012). *Breakfast, glycaemic index and health in young people*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2012.09.001>
- Tombaugh, T. N., Kozak, J., & Rees, L. (1999). Normative Data Stratified by Age and Education for Two Measures of Verbal Fluency: FAS and Animal Naming. *Archives of Clinical Neuropsychology, 14*(2), 167–177. <https://doi.org/10.1093/arclin/14.2.167>
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist, 40*, 438–451. <https://doi.org/10.1037/0003-066x.40.4.385>
- Veasey, R. C., Gonzalez, J. T., Kennedy, D. O., Haskell, C. F., & Stevenson, E. J. (2013). Breakfast consumption and exercise interact to affect cognitive performance and mood later in the day: a randomized controlled trial. *Appetite, 61*, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.04.011>
- Vega, L., & Iñárritu, M. C. (2010). *Fundamentos de Nutricion y Dietetica* (Primera; C. Ramírez, Ed.). México, DF: México, Pearson Educación de México.
- Wahl, D., Coogan, S. C. P., Solon-Biet, S. M., De Cabo, R., Haran, J. B., Raubenheimer, D., ... Le Couteur, D. G. (2017). Cognitive and behavioral evaluation of nutritional interventions in rodent models of brain aging and dementia. *Clinical Interventions in Aging, 12*, 1419–1428. <https://doi.org/10.2147/CIA.S145247>
- Wang, Y. F., Jing, X. J., Liu, F., Li, M. L., Long, Z. L., Yan, J. H., & Chen, H. F. (2015). Reliable attention network scores and mutually inhibited inter-network relationships revealed by mixed design and non-orthogonal method. *Scientific Reports, 5*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep10251>
- Weiss, E. P., & Fontana, L. (2011). Caloric restriction: powerful protection for the aging heart and vasculature. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology, 301*(4), H1205–H1219. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00685.2011>
- Wesnes, K. A., Pincock, C., Richardson, D., Helm, G., & Hails, S. (2003). Breakfast reduces declines in attention and memory over the morning in schoolchildren. *Appetite, 41*(3), 329–331. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2003.08.009>
- Witte, A. V., Fobker, M., Gellner, R., Knecht, S., & Flöel, A. (2009). Caloric restriction improves memory in elderly humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(4), 1255–1260.