

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Factores nutricionales en la infancia y funciones
ejecutivas en la adolescencia

Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Gestión
de Políticas y Programas para el Desarrollo Infantil Temprano
que presenta:

Fabiola Lazarte Chávez

Asesora:

María Teresa Moreno Zavaleta

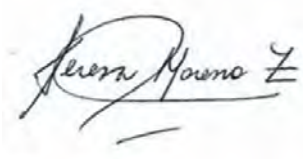
Lima, 2023

Informe de Similitud

Yo, *María Teresa Moreno Zavaleta*, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesora de la tesis/el trabajo de investigación titulado *Factores nutricionales en la infancia y funciones ejecutivas en la adolescencia* del/de la autora *Fabiola Lazarte Chávez*, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 20%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 22/08/2023
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 22 de agosto 2023

<u>Moreno Zavaleta, María Teresa</u>	
DNI: 25567864	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3994-487X	

RESUMEN

Los primeros años de vida el cerebro es más flexible o “plástico” y contempla períodos sensibles o críticos, donde una amplia gama de entornos e interacciones influyen sobre este. La adolescencia también es un periodo sensible, pues se reorganiza la estructura cerebral y se da una maduración cognitiva y cerebral.

Si la deficiencia de un nutriente ocurre en el periodo de tiempo cuando este es necesario para el desarrollo neurológico, puede que el desarrollo del cerebro sea alterado, los niños que no están adecuadamente alimentados corren el riesgo de no alcanzar su potencial de desarrollo en las habilidades cognitivas, motoras y socioemocionales. Para la ejecución de este estudio se utilizaron datos de un estudio aleatorizado doble longitudinal realizado en Instituto de Investigación Nutricional (IIN) en el cual un grupo de adolescentes de 14 años que recibieron un suplemento diario de micronutrientes entre los 6 y 18 meses fueron evaluados en área cognitiva. El objetivo permitió examinar los indicadores nutricionales medidos en la infancia que explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes.

Los principales hallazgos de este estudio proponen que la talla para la edad y el estado de zinc en el primer año de edad explican el rendimiento en la prueba de memoria de trabajo espacial cuando son se controlan por variables sociodemográficas, escolares y por sexo. Así mismo se encuentran diferencias por sexo en esta misma prueba mostrando un mejor rendimiento en los hombres en comparación de las mujeres. Es necesario reforzar los programas de suplementación y alimentación que se complementan con estrategias integrales que aborden múltiples factores de riesgo.

Palabras Clave: Desarrollo infantil temprano, nutrición, desarrollo cognitivo, funciones ejecutivas, zinc, hierro, indicadores antropométricos, adolescencia.

ABSTRACT

The first years of life the brain is more flexible or "plastic" and contemplates sensitive or critical periods, where a wide range of environments and interactions influence it. Adolescence is also a sensitive period, as the brain structure is reorganized and there is cognitive and cerebral maturation.

If a nutrient deficiency occurs in the time period when it is necessary for neurodevelopment, brain development may be altered, children who are not adequately nourished risk not reaching their developmental potential in skills cognitive, motor and socio-emotional. For the execution of this study, data from a randomized double-longitudinal study carried out at the Institute for Nutritional Research (IIN) were used, in which a group of 14-year-old adolescents who received a daily micronutrient supplement between 6 and 18 months were evaluated in cognitive area. The objective allowed us to examine the nutritional indicators measured in childhood that explain the performance in tests of executive functions in a group of adolescents.

The main findings of this study propose that height-for-age and zinc status in the first year of age explain performance on the spatial working memory test when controlled for sociodemographic, school, and gender variables. Likewise, differences by sex are found in this same test, showing a better performance in men compared to women. It is necessary to reinforce supplementation and feeding programs that are complemented by comprehensive strategies that address multiple risk factors.

Keywords: Early child development, nutrition, cognitive development, executive function, zinc, iron, anthropometric indicators, adolescence.

DEDICATORIA

A mis asesoras María Teresa Moreno y Magaly Noblega por guiarme y motivarme con mucha paciencia y constancia en cada paso de esta tesis para culminarla

A todos los docentes de la maestría, porque cada conocimiento que adquirí en cada curso aportó en la realización de esta tesis.

A los participantes de este estudio, que sin ellos no hubiera sido posible.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	5
1.1 El Desarrollo Cognitivo desde la Perspectiva del Desarrollo Cerebral	5
1.2 Las Funciones Ejecutivas	6
1.3 Estado de Nutrición durante la Etapa Infantil	9
1.3.1 Indicadores Antropométricos	10
1.3.2 Indicadores Bioquímicos	11
1.4 El Rol de la Nutrición en el Desarrollo Cognitivo	12
1.4.1 Indicadores antropométricos relacionados al funcionamiento cognitivo	14
1.4.2 Micronutrientes y su influencia en el funcionamiento cognitivo	18
1.5 La Nutrición en la Infancia y sus Efectos a Largo Plazo en las Funciones Ejecutivas	21
CAPÍTULO 2: DISEÑO METODOLÓGICO	24
2.1. Problema de investigación	25
2.2 Objetivos de la investigación	26
2.3 Variables de la investigación	27
2.4 Fundamentación del enfoque metodológico y nivel de la investigación	28
2.5. Diseño metodológico	28
2.6. Población y muestra	29
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de la información	32
2.7.1 Índice de Memoria de Trabajo de la Escala de Inteligencia para Niños de Wechsler - Cuarta Edición (WISC-IV).	32
2.7.2 The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery CANTAB Connect Research	33
2.7.3 Cuestionario de Historia Escolar	35
2.7.4 Validación de instrumentos	35
2.8 Aplicación de Instrumentos	36
2.9. Procedimientos para organizar y analizar la información recogida	37
2.10. Consideraciones éticas de la investigación	38

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	57
CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	67



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Variables, dimensiones, indicadores e instrumentos del estudio.	27
Tabla 2	Características sociodemográficas en la infancia del grupo de estudio de adolescentes.	30
Tabla 3	Características de la historia escolar del grupo de estudio en la etapa adolescente.	31
Tabla 4	Características nutricionales en el grupo de estudio durante la infancia al inicio y al final del estudio anterior.	41
Tabla 5	Medias, desviaciones estándar y diferencia de puntajes en las pruebas de Funciones Ejecutivas	42
Tabla 6	Diferencia por sexo en los puntajes de las pruebas de Función Ejecutiva	43
Tabla 7	Correlaciones significativas entre los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas y las variables nutricionales, sociodemográficas y escolares.	44
Tabla 8	Prueba de ANCOVA para la variable dependiente Flexibilidad Cognitiva-Total de Incorrectas	47
Tabla 9	Prueba de ANCOVA para las variables dependiente Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 12 cajas	48
Tabla 10	Prueba de ANCOVA para la variable dependiente Memoria de Trabajo Espacial-Errores Totales.	49

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo examinar los indicadores nutricionales medidos en la infancia que explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes que participaron de un programa de suplementación de micronutrientes durante 6 meses entre los 6 y 18 meses de edad.

Los primeros años de vida se consideran los más importantes en la vida de un individuo porque ocurre un fenómeno evolutivo producto de interacciones multidireccionales entre factores biológicos, neuromusculares e influencias ambientales a través del tiempo que da como resultado cambios conductuales, biológicos, fisiológicos y psicológicos que llevan a una progresión de habilidades entre la niñez y adolescencia. El cerebro es más flexible o “plástico” en etapas tempranas y contempla períodos sensibles o críticos, donde una amplia gama de entornos e interacciones influyen sobre este. La adolescencia también es un periodo sensible, pues se reorganiza la estructura cerebral y se da una maduración cognitiva y cerebral.

Si la deficiencia de un nutriente ocurre en el periodo de tiempo cuando este es necesario para el desarrollo neurológico, el desarrollo del cerebro será perjudicado. Cada proceso cerebral ocurre en diferentes períodos de tiempo superpuestos en diferentes áreas del cerebro. Los niños que no están adecuadamente alimentados corren el riesgo de no alcanzar su potencial de desarrollo en las habilidades cognitivas, motoras y socioemocionales.

Lo descrito anteriormente motivó la realización de esta investigación, dado que la actual situación de los niños en el país nos indica que no logran desarrollar su máximo potencial de desarrollo durante etapas tempranas, lo cual conlleva implicancias posteriores es su desempeño escolar y en su productividad en la adultez. A pesar de que atender a la primera infancia ha sido una de las principales

acciones del gobierno en los últimos años todavía hay mucho camino que recorrer. El fortalecimiento de los programas sociales como una manera de garantizar que los niños tengan derechos a la salud, educación y cuidado en edades tempranas y así asegurar su máximo potencial de desarrollo e igualdad de oportunidades ha sido el reflejo de este esfuerzo. Incluso, los programas de primera infancia ya no solo se enfocan en el aumento de talla, mejorar la atención de salud y promover una adecuada nutrición, sino que han incorporado aspectos relacionados al desarrollo cognitivo y socioemocional. A pesar de ello, la encuesta ENDES 2020 indica, a través del reporte de las madres, que menos de la mitad de las niñas y niños de 24 a 36 meses de edad logran un aspecto del desarrollo cognitivo como es la función simbólica, siendo este resultado más frecuente en la zona rural (51.3%) que en la urbana (39.6%). La brecha entre los niños con madres de educación superior y niños con madres de una educación menor es casi de un 10%. Por otro lado, la evaluación MELQO (2018) sobre la calidad de los ambientes de aprendizaje y desarrollo temprano mostró que el 54% de los niños logró completar el 25% o menos de las tareas relacionadas al indicador de funciones ejecutivas. Así mismo, a pesar de que en los últimos años ha habido avances con respecto al estado nutricional de los niños en los primeros años de vida, según la ENDES (2020) todavía tenemos un porcentaje de 13 % de niños menores de 3 años con desnutrición crónica y un 40% de niños entre los 6 y 36 meses con anemia.

Tanto el deficiente estado nutricional como el desarrollo cognitivo de un gran porcentaje de niños en el Perú es preocupante. La evidencia señala que los niños con adecuado estado nutricional en los primeros años de vida crecen de manera físicamente saludable, mejoran la respuesta inmunológica a enfermedades y tienen un menor riesgo de tener deficiencias como la anemia, cuyas secuelas pueden ser irreversibles (Algarín et al.,2003; Glewwe y King, 2001, como citado en Martínez y Soto, 2012). También es necesario tomar en cuenta la existencia de periodos críticos en los cuales el cerebro necesita contar con ciertos nutrientes y con la estimulación de las vías sensoriales para su adecuado desarrollo lo cual influirá en el desarrollo físico y en las capacidades cognitivas que los niños van adquiriendo (Ivanovic, 1996; Mustard, 2006, como citado en Martínez y Soto, 2012).

La importancia de los periodos críticos se sustenta en la investigación de las neurociencias, que explica una progresión de procesos cognitivos en el desarrollo cerebral que ocurre de forma acelerada durante la etapa fetal y la primera infancia volviéndola muy sensible a las deficiencias nutricionales (Bryan et al., 2004). La adolescencia también es un periodo sensible, pues la evidencia sostiene que en este periodo se da una reorganización de la estructura cerebral, una maduración cognitiva y cerebral y en particular un mayor desarrollo en la corteza frontal durante la pubertad (Asato et al., 2010).

Las conexiones neuronales permiten que se desarrollen funciones desde el nacimiento de manera secuencial, desarrollándose primero los circuitos simples como base para que posteriormente se desarrollen circuitos más complejos. Las primeras funciones que se desarrollan son las visuales y auditivas, las que luego dan paso a sobre todo a habilidades de lenguaje y posteriormente a funciones cognitivas superiores entre las cuales se encuentran las funciones ejecutivas y las habilidades autorregulatorias que permiten planear, focalizar nuestra atención, recordar instrucciones y realizar múltiples tareas regulatorias. De estas, se forman funciones ejecutivas de orden superior como: razonamiento, resolución de problemas y planeamiento (Georgieff, 2007, Nyradi et al. 2013).

En consecuencia, surge la pregunta que motiva el presente estudio; ¿Qué indicadores nutricionales en la etapa infantil explican las funciones ejecutivas en la adolescencia? Se plantea como hipótesis de este estudio que existen indicadores nutricionales que explican el rendimiento en pruebas de flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y memoria de trabajo espacial. Existen muchos estudios que asocian diversas deficiencias nutricionales en el desarrollo cognitivo, sin embargo estos varían en cuanto al grupo de edad, el tipo de deficiencia, el tiempo de suplementación y el tipo de habilidades intelectuales que se midieron, siendo muy pocos los que evaluaron funciones ejecutivas (Costello et al., 2021). Es de vital importancia seguir estudiando cuáles son algunos de los factores nutricionales presentes en la infancia que influyen en el desarrollo de habilidades cognitivas que perduran hasta la etapa adolescente.

Finalmente, la presente tesis se organiza en 4 capítulos. El primero describe el marco conceptual y contextual donde se hace referencia a los constructos

implicados en la investigación y estudios que proporcionan evidencia de indicadores nutricionales en la infancia que se relacionan con el desarrollo cognitivo posterior. En el segundo capítulo se presenta el diseño metodológico donde se hace referencia al problema de investigación, el método de la investigación, los objetivos, los instrumentos y procedimiento de recojo de información. El tercer capítulo aborda los resultados del análisis de información y el cuarto y último capítulo la discusión.



CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 El Desarrollo Cognitivo desde la Perspectiva del Desarrollo Cerebral

El Desarrollo Infantil es un fenómeno evolutivo que se determina no solo de forma natural, sino que es producto de interacciones multidireccionales entre factores biológicos, neuromusculares e influencias ambientales a través del tiempo que da como resultado una progresión de habilidades (Fernald et al 2009, Shonkoff y Phillips 2000). Este fenómeno evolutivo se traduce en cambios conductuales, biológicos, fisiológicos y psicológicos que ocurre en la transición de un niño dependiente a un adolescente autónomo (Fernald et al. 2009). Para estos autores, estos cambios pueden referirse al desarrollo del lenguaje, habilidades cognitivas, motoras y socioemocionales entre otros.

Los Lineamientos Primero Infancia (MIDIS, 2016) plantea el desarrollo infantil desde el concepto de Myers et al. (2013) quien lo describe como: “un proceso de cambio en el que el niño aprende a dominar niveles más complejos de movimientos, sentimientos, pensamientos y relaciones con los demás” (Myers et al., 2013, p. 11). Este mismo autor lo describe como un proceso multidimensional, integral, oportuno y continuo, que incluye elementos interrelacionados que deben ser considerados de manera integral. Este proceso se va dando a manera que el niño interactúa con las cosas, personas y estímulos de su ambiente biofísico y social lo cual llevará a la construcción de habilidades, cada vez más complejas y ayudarán a actuar de manera autónoma.

Desde el punto de vista del capital humano, la investigación científica ha demostrado que el desarrollo de las capacidades en los primeros años da la posibilidad a una persona de desarrollar su potencial y determina su éxito socioeconómico, su productividad, su estado de salud mental. Orientar recursos económicos al desarrollo infantil temprano es la inversión social más rentable ya que es en esta etapa donde se establecen los fundamentos del desarrollo, prosperidad y sostenibilidad de un país (Heckman, 2008).

Una explicación a la importancia de este periodo, la da en mayor parte, la investigación en las neurociencias (Shonkoff, 20 la cual postula que la mayor parte del desarrollo del cerebro ocurre de forma acelerada durante la etapa fetal y la

primera infancia. Durante las primeras etapas de vida, las neuronas mandan señales eléctricas para comunicarse entre ellas. Estas conexiones se proliferan rápidamente y se mantienen, crecen y se fortalecen si se usan repetidamente, además se conectan con otras áreas del cerebro. Los circuitos simples se desarrollan primero y estos establecen las bases para que circuitos más complejos se desarrollen luego. Es por eso, que no podemos desarrollar habilidades más complejas si es que las habilidades básicas no les dan soporte (Center on the Developing Child, 2007).

El cerebro es más flexible o “plástico” en etapas tempranas y contempla períodos sensibles o críticos, donde una amplia gama de entornos e interacciones influyen sobre este. Los periodos sensibles en la etapa temprana son oportunidades para el desarrollo porque el cerebro está abierto al cambio y hace que sea más fácil influir en la arquitectura del cerebro. A medida que el cerebro madura adquiere mayor especialización para asumir funciones más complejas, es menos capaz de reorganizarse y adaptarse. Son las múltiples experiencias y las interacciones con el ambiente y las personas adultas que influyen en la arquitectura del cerebro de manera significativa y moldean el proceso que determina si el cerebro establecerá bases sólidas para el aprendizaje, las conductas y la salud (Center on the Developing Child, 2007).

1.2 Las Funciones Ejecutivas

Desde la perspectiva psicológica, el desarrollo cognitivo tiene como objetivo el estudio de los procesos mentales los cuales permiten conocer y aprender información de nuestro contexto, para luego devolvérsela a este mismo. Estos procesos mentales interactúan entre ellos y cada uno influye en la operación y desarrollo de otros procesos. Flavell (1993)

Como se explica en el punto anterior, las conexiones neuronales permiten que se desarrollen funciones desde el nacimiento de manera secuencial. De esta manera, las primeras que se desarrollan son las visuales y auditivas, las que luego dan paso a habilidades de lenguaje y posteriormente a funciones cognitivas superiores entre las cuales se encuentran las funciones ejecutivas y las habilidades auto-regulatorias. Estas últimas permiten planear, focalizar nuestra atención,

recordar instrucciones y realizar múltiples tareas regulatorias. A pesar de que no existe coherencia conceptual para determinar las funciones ejecutivas muchos autores coinciden que son habilidades cognitivas que conducen nuestra conducta para llegar a una meta. Otros autores definen a las funciones ejecutivas como procesos cognitivos y emocionales que incluyen el control de impulsos, capacidad para iniciar acciones, capacidad para mantener la atención y la persistencia como un resultado de la integración de la emoción y la cognición (Blair y Razza, 2007).

Los procesos cognitivos de la función ejecutiva están vinculados a las regiones dorsolaterales de la corteza prefrontal. En el 2003, Hughes menciona que los lóbulos frontales son responsables por actividades cognitivas superiores como el planeamiento, resolución de problemas, focalización de la atención y aspectos de memoria, entre los cuales estarían las funciones ejecutivas. El área del cerebro que más lentamente se desarrolla es el córtex frontal ya que comienza su mielinización a los 6 meses de edad y continúa hasta la adultez. Las funciones relacionadas a esta parte del cerebro, como las funciones ejecutivas, se desarrollan y van cambiando desde el nacimiento hasta la adultez en base a los cambios e interacción de la corteza frontal con otras partes del cerebro. Por ende, habilidades básicas como la inhibición o atención emergen durante la infancia y establecen las bases para funciones de más alto nivel (Best, 2010).

Muchos estudios se han centrado en medir las funciones ejecutivas durante la niñez y no se ha considerado la evolución de estos procesos en el tiempo hasta la adolescencia y adultez. Best (2010) quien realiza una revisión para analizar cambios evolutivos de las funciones ejecutivas a lo largo del tiempo, concluye que efectivamente las funciones ejecutivas emergen durante los primeros años de vida, pero se fortalecen durante la niñez y la adolescencia. Esta propuesta de alguna manera se apoya en lo mencionado por Thatcher (citado en Hughes, 2013) cuando observó aceleraciones en la mielinización desde el nacimiento hasta los dos años, de 7 a 9 años y en la adolescencia. Las funciones ejecutivas tienen diferentes componentes los cuales maduran a diferentes ritmos, la estructura y función cerebral en la adolescencia permiten que las funciones ejecutivas sean más eficaces y eficientes. Algunos estudios concluyen que las habilidades de atención y la memoria de trabajo maduran aún más durante la adolescencia a medida que evolucionan

habilidades más complejas que permiten el monitoreo del desempeño, el aprendizaje de retroalimentación y el razonamiento relacional. Las mayores capacidades para integrar más información contextual de la experiencia también son evidentes en la adolescencia, lo que permite una mayor flexibilidad cognitiva para la toma de decisiones en la realización de tareas novedosas (Crone y Dahl, 2012, Steinbeis y Crone, 2016 en Berthelsen 2017).

Dentro de los múltiples componentes de las funciones ejecutivas las más investigadas son (Lehto et al., 2003, Miyake et al., 2000 en Diamond, 2013.): control inhibitorio (incluye auto-control y control de interferencia), memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva. De estas tres funciones otras funciones de orden superior se pueden construir que incluyen selección de metas, razonamiento y solución de problemas, planeamiento, atención sostenida y auto-regulación (Costello, 2021).

Los autores definen la memoria de trabajo como procesos de monitoreo y actualización de representaciones que adicionan información relevante y eliminando la información que no es (Best 2010). También la definen como la capacidad para mantener información en la mente y utilizar esta información para guiar la conducta inmediata con la ausencia de información externa (Goldman-Rakic, 1995 en Brocki 2004).

El control inhibitorio significa tener la habilidad para controlar o suprimir las respuestas automáticas, habituales o dominantes cuando estas acciones son necesarias para llegar a una acción (Best 2010). Sin el control inhibitorio las conductas de las personas estarían guiadas por impulsos, malos hábitos, o serían influenciadas por estímulos externos (Diamond 2013). Por lo tanto, el control inhibitorio permite cambiar o escoger cómo reaccionar y cómo comportarnos. Barkley (1997 en Brocki 2004) propuso que la conducta inhibitoria contribuye al funcionamiento de otras funciones ejecutivas como: la memoria de trabajo (verbal o no verbal), la autorregulación de emociones, la motivación y el análisis y síntesis de la información. El control inhibitorio y la memoria de trabajo son procesos continuos que implican el éxito o el fracaso del control ejecutivo según la interacción que se dé entre estos dos procesos.

La flexibilidad cognoscitiva se refiere a la habilidad para cambiar rápidamente de una respuesta a otra usando diferentes opciones de estrategias. Implica la flexibilidad para cambiar entre dos conceptos diferentes, conjuntos mentales, operaciones mentales, o diferentes reglas (Qiao, 2020), pensar acerca de conceptos diferentes y tener la habilidad para cambiar de perspectiva (Costello, 2021). Esta habilidad aparece entre los 3 y los 5 años cuando al niño se le facilita cambiar de una regla a otra, por ejemplo, en tareas de clasificación de objetos. La flexibilidad dependerá del número de reglas que se planteen en la tarea, mientras más número de reglas, más compleja la tarea y por tanto mayor número de respuestas de tipo perseverativo que denotan menos flexibilidad cognoscitiva.

Las funciones ejecutivas son procesos cognitivos que cumplen un rol importante en la conducta del niño, en su funcionamiento cognitivo, control emocional y habilidades sociales (Diamond, 2013) todas estas demostrando a su vez ser cruciales en el rendimiento escolar.

Se han encontrado diferencias por género en el rendimiento de pruebas de funciones ejecutivas específicamente de memoria de trabajo De Luca et al. (2003), informó que entre los 10 y los 14 años, los niños registraban menos errores en los resultados de la memoria de trabajo. Así mismo, un meta-análisis de Voyer et al. (2017) describe una ventaja masculina pequeña pero significativa en la muestra general en todas las tareas de memoria de trabajo espacial, excepto las que evalúan la variables ubicación, donde las mujeres demuestran un mejor desempeño. En este estudio se encontró una diferencia significativa por sexo entre los niños de ambos grupos de estudio y las niñas del grupo control.

1.3 Estado de Nutrición durante la Etapa Infantil

Para conocer el estado nutricional de un individuo o población podemos basarnos en indicadores directos como son los valores antropométricos, pruebas bioquímicas y datos clínicos (Castillo Hernández, 2004). La valoración del estado nutricional permite conocer o estimar el estado de nutrición de un individuo o población en un momento dado y sospechar la prevalencia de problemas nutricionales.

Luna Hernández et al. (2018) definen el estado nutricional como “la condición física que presenta el niño como resultado del balance entre sus necesidades e ingesta de energía y nutrientes”. Según diferentes autores, el estado nutricional se comprende como el estado en que un individuo se encuentra en relación con la ingesta de alimentos y de qué manera son organizados por el organismo. Así mismo el estado nutricional también considera si esta ingesta es suficiente para los requerimientos nutricionales según su edad, sexo, estado fisiológico y actividad física. Según estos autores, la evaluación del estado nutricional consiste en “medir indicadores de la ingesta en relación con su salud física” e identificar si existe un estado nutricional inadecuado que se verán reflejados en el peso y la talla según la edad cronológica del niño evaluado. La valoración del estado nutricional se efectúa mediante diversos indicadores que pueden ser dietéticos, clínicos, antropométricos, bioquímicos y biofísicos. La presente investigación presenta indicadores antropométricos y bioquímicos lo cuales se describen en la siguiente sección.

1.3.1 Indicadores Antropométricos

En primer lugar, se encuentran los indicadores relacionados a la evaluación antropométrica. La antropometría es la medición científica del cuerpo de cada individuo, el cual permite valorar el tamaño, es decir el crecimiento de un niño y la composición corporal de este y comparar sus mediciones con un patrón de referencia aceptado internacionalmente como por ejemplo los patrones de referencia de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2006).

Los indicadores antropométricos más comunes que conocemos son: a) peso para la talla, b) talla para la edad, c) peso para la edad, d) medición de circunferencia de cintura y de cadera e e) índice de masa corporal (Castillo Hernández, 2018). Para el presente estudio consideraremos los indicadores de peso, talla y edad con los cuales podremos obtener puntuaciones estandarizadas (z scores) de talla para la edad, peso para la edad e IMC.

1.3.2 Indicadores Bioquímicos

Un segundo grupo de indicadores son los bioquímicos, los cuales permiten medir el nivel hemático (sanguíneo) de vitaminas, minerales y proteínas e identificar la carencia específica de estos. Dentro de las deficiencias más comunes está la de nutrientes de hierro. La anemia es una condición en la que hay menos hemoglobina (Hb) de la normal en el cuerpo, lo que disminuye la capacidad de transportar el oxígeno necesario para el desarrollo celular, incluyendo evidentemente las neuronas. La principal causa de la anemia es la deficiencia de hierro.

El zinc es un micronutriente esencial para el cuerpo humano que está involucrado en los procesos metabólicos relacionados con las proteínas, lípidos y ácido nucleico y en la transcripción genética. A pesar de que es un elemento que se encuentra en grandes cantidades en el cuerpo, no puede almacenarse en grandes cantidades por lo cual requiere de ingesta regulares o suplementación. La deficiencia de zinc es un problema de salud pública en muchos países y se considera que es un factor que contribuye a muchas enfermedades entre las cuales se encuentran las relacionadas a los problemas de crecimiento, síntomas inflamatorios y gastrointestinales e involucramiento cutáneo (Maxfield 2021).

De acuerdo con la OMS (2021) la malnutrición se define como “las carencias, los excesos y los desequilibrios de la ingesta calórica y de nutrientes de una persona”. Abarca tres grandes grupos de afecciones:

- 1) La desnutrición, que incluye: a) un peso deficiente para la talla b) el retraso del crecimiento (una talla deficiente para la edad) y la insuficiencia ponderal (un peso deficiente para la edad).
- 2) La malnutrición, que incluye las insuficiencias de micronutrientes (la falta de vitaminas o minerales importantes) o el exceso de micronutrientes
- 3) El sobrepeso, la obesidad y las enfermedades no transmisibles relacionadas con la alimentación (cardiopatías, la diabetes y algunos cánceres).

Autores como Black (2017) presentan evidencia que la malnutrición en edades tempranas no solo afecta el potencial físico y cognitivo del niño sino que también afecta características no cognitivas tales como la motivación y la

perseverancia lo cual perjudica su salud, su rendimiento educativo y su éxito socioeconómico cuando sea adulto.

1.4 El Rol de la Nutrición en el Desarrollo Cognitivo

Cuando la adversidad causa un estrés elevado continuo, ciertas áreas del desarrollo del cerebro son interrumpidas causando dificultades en la salud física y mental, el desarrollo cognitivo, el desempeño escolar, el bienestar emocional y social. La pobreza, la nutrición inadecuada y la poca estimulación puede afectar que los niños no desarrollen su máximo potencial y que esto pueda prosperar hasta la época escolar y la adolescencia (Grantham-McGregor, 2007). Las dos primeras series de Lancet en el 2007 y 2011 (Grantham Mc-Gregor et al. 2007, Engle et al.2011) proveyeron de evidencia de los principales factores de riesgo psicosociales y biológicos que afectan el desarrollo en la primera infancia; pobreza, violencia, nutrición, criminalidad etc. Posteriormente, el marco conceptual del DIT presenta estos factores y riesgos como parte de las cadenas causales que influyen en el desarrollo integral de los niños desde antes de la concepción hasta la vida adulta. El tercer informe de The Lancet (2017) refuerza la idea que, desde el punto de vista del ciclo vital, las experiencias adversas en la niñez tienen efectos a nivel fisiológico y epigenéticos a largo plazo en el desarrollo y cognición del cerebro y cómo finalmente se da una disminución de la productividad, del éxito económico y calidad de vida en la adultez (Shonkoff, 2017)

La asociación entre la nutrición y el desarrollo cognitivo se ha demostrado en el tiempo a través de diversos estudios, los cuales sugieren una conexión importante entre una mejora en la nutrición y un funcionamiento cerebral óptimo (Nyradi 2013). Es más probable que la deficiencia de nutrientes perjudique el desarrollo del cerebro si esta ocurre en el periodo de tiempo en el cual la necesidad de ese nutriente para el desarrollo neurológico es alta. Varios nutrientes son necesarios para procesos específicos de desarrollo neurológico. Cada proceso ocurre en diferentes períodos de tiempo superpuestos en diferentes áreas del cerebro. Establecer vínculos entre nutrientes específicos, procesos específicos del neurodesarrollo y el período de privación o suplementación permite formular hipótesis específicas sobre el efecto de la privación o suplementación de nutrientes en el desarrollo cerebral (Prado, 2014).

De lo anteriormente descrito, se concluye la importancia de los periodos críticos como periodos de tiempo dentro del cual el cerebro es más sensible a intervenciones específicas (nutricionales, sociales, de salud, entre otras).

Funciones del cerebro como la generación de conexiones eléctricas entre las neuronas y el desarrollo sináptico necesitan de ciertos nutrientes como ácido fólico, hierro, zinc, grasas específicas (p.ej. gangliósidos, ácido docosahexaenoico (DHA)). Ciertos componentes de nutrientes cumplen un papel fundamental en la proliferación celular, la síntesis de ADN, el metabolismo de neurotransmisores y hormonas. Así mismo, son parte del sistema de enzimas en el cerebro (Bhatnagar and Taneja, 2001; Lozoff and Georgieff, 2006; Zeisel, 2009; De Souza et al., 2011; Zimmermann, 2011 en Nyradi 2013).

Durante los primeros dos años de vida, los lóbulos frontales que controlan las funciones cognitivas superiores (planeamiento, secuencia y autorregulación) tiene un crecimiento acelerado. Esto nuevamente sucede entre los 7 y 9 años de edad y también hacia los 15 años de edad. De la misma manera, algunas estructuras subcorticales como el ganglio basal, la amígdala y el hipocampo que también están involucradas en funciones cognitivas superiores como la memoria, las funciones ejecutivas y las emociones continúan hasta la adolescencia tardía. Por lo tanto, durante los primeros dos años, las partes del cerebro asociadas al desarrollo de las funciones ejecutivas son muy sensibles a las deficiencias nutricionales (Bryan et al., 2004). La adolescencia también es un periodo sensible pues la evidencia sostiene que en este periodo se da una reorganización de la estructura cerebral, maduración cognitiva y cerebral y en particular un mayor desarrollo en la corteza frontal durante la pubertad (Asato et al., 2010, Blakemore et al., 2010). Adicionalmente a estos mecanismos biológicos, el efecto de la mala nutrición sobre el crecimiento físico, la actividad física y el desarrollo motor, que a su vez puede influir en el desarrollo del cerebro dependen y serán mediados también por condiciones del contexto. Específicamente, Prado (2014) propone dos vías. El primer camino es a través del comportamiento del cuidador y el segundo es a través de la exploración del entorno por parte del niño. A través del primer camino, el cuidador puede tratar al niño que está bajo su cuidado como menor de los que realmente es y por lo tanto, no proporcionarles la estimulación adecuada para su edad, lo que podría resultar en

una alteración en el desarrollo cerebral. Adicionalmente, los niños desnutridos pueden estar frecuentemente enfermos y por lo tanto, irritables y retraídos, lo que lleva a los cuidadores a interactuar con ellos de manera negativa. El segundo camino es la actividad reducida debido a la desnutrición la cual puede limitar la exploración del entorno por parte del niño y el inicio de las interacciones con el cuidador, lo que también podría conducir a un desarrollo cerebral deficiente. Sin embargo, en un estudio con bebés jamaicanos con retraso en el crecimiento, la suplementación nutricional afectó el desarrollo cognitivo pero no los niveles de actividad. Además, la actividad y el desarrollo no estaban relacionados entre sí, lo que sugiere que este mecanismo no medió el efecto de la nutrición en el desarrollo cognitivo de este grupo de niños.

1.4.1 Indicadores antropométricos relacionados al funcionamiento cognitivo

Existen diferentes estudios que han asociado el estado nutricional, medido a través de indicadores antropométricos, en diferentes funciones cognitivas. El estudio longitudinal del Instituto de Nutrición de América Central y Panamá (INCAP) ha proporcionado mucha data de la relación entre la nutrición en la infancia y el desarrollo cognitivo y el rendimiento escolar en etapas posteriores controlando por factores socioculturales. Dicho estudio estuvo conformado por cuatro grupos de niños de 4 comunidades diferentes asignados aleatoriamente. Al grupo experimental se les dio un suplemento de proteína y al grupo control quienes recibieron un suplemento con calorías. Las asociaciones más fuertes se dieron entre el peso al nacer y el desarrollo motor en las primeras doce semanas de vida, más no en el desarrollo cognitivo. La relación fue más fuerte con un bajo peso al nacer (≤ 2.5 kg) aun cuando fue controlada por covariables. A los 6,15 y 24 meses de edad, entre varios indicadores nutricionales, la talla y el peso se asociaron fuertemente con el desarrollo motor y mental. Sin embargo, cuando se controla por peso y la talla en esas mismas edades ya no se correlaciona con el rendimiento cognitivo. A los tres años de edad, los índices de desarrollo mental y motor de la prueba de Bayley¹

¹ Escalas de evaluación del desarrollo infantil Bayley II. Bayley, N. (1993). Bayley Scales of Infant Development. Second Edition (BSID-II). San Antonio: Hartcourt Brace & Company.

(1993) se relacionaron con la talla para la edad y el peso para la edad en el nacimiento. La ganancia de peso durante los primeros 24 meses de vida también se relaciona positivamente con el desarrollo del niño después de los dos años de edad pero no con crecimiento. Algunos estudios que evaluaron a la cohorte de niños de 3 a 7 años encontraron que el crecimiento físico era un buen predictor del vocabulario y la memoria a corto plazo en mujeres y hombres. Cuando esta misma cohorte fue evaluada en la adolescencia y adultez temprana, se encontró que el desempeño intelectual, cuando se controló por educación de la madre, escolaridad y características familiares y sociodemográficas, mostraba una relación con la talla para la edad medida a los 3 años con mejores resultados en los hombres que en las mujeres. Así mismo, se demostró que una mejor nutrición entre los 0 y los 3 años de edad, tuvo efectos en la escolaridad de las mujeres quienes cursaron 1.2 años más de escolaridad en comparación con los hombres. Los análisis longitudinales hasta la etapa adulta de esta misma cohorte demostraron que, en el grupo de hombres, una mejor nutrición entre los 0 y 2 años de edad tuvo un impacto en los salarios (ingresos por horas), las horas trabajadas fueron menores y los ingresos por año se incrementaron (Maluccio et al., 2006, Hoddinott et al., 2008 y Behrman, 2008 en Martínez y Soto 2012).

Resultados similares se observaron en el estudio de Ivanovic (2009) quien refiere que el estado nutricional (en combinación con factores familiares, educativos y socioeconómicos) de un grupo de niñas y niños chilenos medido en el primer año escolar, tuvo efectos sobre su desempeño en una prueba de aptitudes en la adolescencia. A su vez, esta variable tuvo relación con el ingreso o no a centros de educación superior.

Dentro de los indicadores nutricionales antropométricos más estudiados y que han demostrado relación con el desarrollo cognitivo o indicadores escolares es la talla baja para la edad. Este indicador se utiliza para identificar un retraso en el crecimiento. El retraso en el crecimiento es definido por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2006) como una estatura inferior en más de dos desviaciones típicas a la mediana de los patrones de crecimiento infantil. Esta condición se da como consecuencia de una nutrición inadecuada y brotes de infección repetidos durante los primeros 1000 días de vida. Martorell (2010) muestra a través de una

revisión de 5 estudios que el periodo que va desde la prenatalidad hasta los 24 meses de edad es el que más se asocia con el desarrollo de la cognición, las funciones ejecutivas y el rendimiento escolar, siendo la ganancia de peso en este periodo un predictor importante de estos aspectos. Sin embargo, luego de los 24 meses la asociación ya no es tan fuerte. Un incremento de una desviación estándar en la ganancia de peso antes de los 24 meses se asoció con 0.52 años más escolaridad. Similarmente, Crookston (2011) observó que un incremento de 1 desviación estándar en el índice antropométrico talla para la edad, se asocia con un incremento de 2.35 puntos en la prueba de lenguaje receptivo PPVT (Peabody Picture Vocabulary) y 0.16 puntos en una escala de evaluación del desarrollo cognitivo.

Otra perspectiva es dada por Leroy y Frongillo (2019) quienes reportan que efectivamente el retardo en el crecimiento ha sido asociado a déficits cognitivos pero con la presencia de otros determinantes como: una nutrición deficiente, un cuidado inadecuado e infecciones repetidas. Según estos mismos autores, el retraso en el crecimiento no es una causa directa de un retraso cognitivo, motor o socioemocional. Es a través de dos mecanismos que el retraso en el crecimiento se asocia a un retraso en el desarrollo. En primer lugar el tamaño de cuerpo pequeño se asocia directamente a una reducción en la actividad motora lo cual limita la habilidad del niño de explorar y acceder a estimulación y por tanto reduce las oportunidades para el desarrollo del lenguaje, socioemocional y cognitivo. Por otro lado, el desarrollo motor parece ser más una consecuencia de factores que incluyen; balance, mielinización, fortaleza muscular y resistencia, pero no talla corporal. El segundo mecanismo es el efecto Rosenthal el cual propone que la poca estatura del niño reduce las expectativas de las cuidadoras acerca del potencial de desarrollo que tienen sus niños. Por lo tanto, desde la perspectiva de Leroy y Frongillo (2019) intervenir para reducir un crecimiento deficiente y disminuir la desnutrición crónica no resolverá los problemas del desarrollo de los niños.

Existe otro grupo de estudios que asocian la talla para la edad o el crecimiento durante la infancia con indicadores escolares como el rendimiento en pruebas de capacidad cognitiva e inteligencia. La revisión de Victora et al. (2008) reporta una asociación a largo plazo entre el crecimiento y la educación la cual fue

demostrada en el estudio de INCAP en Guatemala y Zimbabwe. En Guatemala, la talla y la circunferencia de la cabeza a los 2 años estuvo asociada de manera inversa con el desempeño académico en mujeres adultas. En Cebu, el retraso en el crecimiento a los dos años estuvo asociado con inicio retrasado a la escuela, mayor repitencia y deserción. En Guatemala, como lo hemos mencionado anteriormente, la suplementación de alimentos durante la infancia mejoró la escolaridad en las mujeres en 1.2 años y los puntajes en las pruebas en mujeres y hombres. En Zimbabwe una diferencia de 3.4 cm en la talla para la edad de 3 años se asociaba a un grado más de escolaridad.

En su reporte también mencionó que de los 18 estudios revisados sólo 3 no reportó asociaciones significativas con talla para la edad. Con excepción de los estudios donde se incluyeron niños con malnutrición, 4 de 5 estudios longitudinales reportaron que la talla para la edad predecía un desempeño escolar y cognitivo en edades posteriores. Un re análisis de la cohorte de niños del Milenio junto con nueva data de Brasil y África del Sur mostró que el retraso en el crecimiento entre los 12 y 36 meses de edad predice un desempeño cognitivo deficiente y notas bajas en la niñez media. En análisis posteriores, al ajustar por variables confusoras se reducía la magnitud de los efectos y solo quedaron como variables predictoras de escolaridad; la talla para la edad y peso para la edad.

Prado et al. (2014) basada en la data de 4 cohortes con más de 4000 niños en Malawi, Ghana y Burkina Faso identificó los factores de riesgo para la talla para la edad a los 18 meses, resultados en pruebas de lenguaje y habilidad motora. Se identificó que había ciertas variables que interactúan en la asociación con estas áreas como por ejemplo, la diversidad en la alimentación del niño, las concentraciones de hemoglobina y la talla para la edad en el nacimiento. También demostró que los predictores claves para indicadores de desarrollo fueron la variedad de materiales en el juego y las actividades con la cuidadora. Estos resultados sugieren que los factores ambientales se sobreponen solo en una parte. En un segundo análisis con data de cohortes de más de 5000 niños en Etiopía, India, Perú, y Vietnam, el crecimiento lineal de 1 a 12 años sólo explicaba el 0.4-3.4 % de la varianza de los resultados cognitivos o de desempeño académico de 9 a 12 años. Resultados similares encontraron asociaciones muy bajas entre el crecimiento

lineal y pruebas cognitivas en Indonesia. En ambos estudios factores asociados a la vivienda y a los padres tal como educación del padre y de la madre e indicadores del ambiente hogar predicen con mayor fuerza la cognición y el desempeño escolar más que el crecimiento lineal. A pesar de que ambos procesos fisiológicos son distintos, comparten ciertos determinantes. El retraso en el crecimiento es un marcador de un ambiente donde se presentan factores que limitan el crecimiento y el desarrollo a través de mecanismos que se sobreponen. El desarrollo del niño puede ser mejorado sin observar cambios en el crecimiento y el desarrollo no necesariamente mejorará cuando se mejora la ganancia de peso. Consecuentemente, se ha demostrado que las intervenciones nutricionales tienen solo un tercio del efecto en el desarrollo neuroconductual comparado con intervenciones de cuidado y estimulación (Prado et al. 2014, 2019).

1.4.2 Micronutrientes y su influencia en el funcionamiento cognitivo

La deficiencia de micronutrientes también ha sido identificada como un factor de riesgo para el adecuado desarrollo cognitivo puesto que muchos nutrientes son necesarios para el desarrollo del cerebro. Específicamente Prado (2014) menciona que pueden tener efectos en procesos claves como 1) proliferación de neuronas, 2) crecimiento de axones y dendritas, 3) formación, poda y función de sinapsis, 4) mielinización y 5) apoptosis neuronal. Es importante considerar que los efectos nutricionales en el desarrollo cerebral no solo implican la provisión de determinados substratos sino también la síntesis y activación de factores de crecimiento. La necesidad de nutrientes para el desarrollo del cerebro es clara pero aún no sabemos hasta qué punto la privación de ellos tiene efectos a largo plazo en las funciones cerebrales. El impacto real va depender de varios elementos como la experiencia del niño, el aporte del entorno, el momento de la privación de nutrientes, el grado de deficiencia de los nutrientes y la posibilidad de recuperación. De hecho un entorno de poca calidad afectará los mismos procesos implicados en el desarrollo que la deprivación nutricional. La deficiencia de nutrientes y de estimulación influyen de manera paralela y de diferentes pudiendo ser efectos que interactúan, que se complementan o que median.

El hierro es necesario para procesos específicos del neurodesarrollo antes del nacimiento y durante los primeros años de vida, incluida la proliferación neuronal y el crecimiento de axones y dendritas, formación de sinapsis y mielinización. La relación entre el hierro y las habilidades cognitivas están mediados por la producción de la molécula ATP, alteraciones en la función dopaminérgica, la mielinización y la estructura y función del hipocampo (Beard en Gewa, 2009). El hipocampo está asociado a las funciones de la memoria mientras que el sistema dopaminérgico está asociado tanto a la memoria como a la atención y el control motor (Gewa, 2009). La deficiencia de hierro durante las fases críticas del desarrollo neurológico se asocia con déficits persistentes en el desempeño cognitivo y conductual. Un estudio que ejemplifica esto es el de Nepal (Christian 2010 en Black 2017) donde se mostró que el consumo de suplementos prenatales de hierro y ácido fólico causó un efecto positivo sobre el rendimiento cognitivo y el funcionamiento ejecutivo de los niños en edad escolar. Sin embargo, cuando se les dio estos mismos suplementos a niños de entre 12 y 35 meses de edad no tuvieron ningún efecto (Murray-Kolb, 2012).

Varios estudios han demostrado que el efecto de la suplementación nutricional en el desarrollo del cerebro depende del estado nutricional inicial. Por ejemplo, en Bangladesh e Indonesia, solo se encontró un efecto positivo de la suplementación materna con micronutrientes múltiples durante el embarazo y el posparto en el desarrollo motor y cognitivo de los niños de madres desnutridas. En cuanto a la deficiencia de hierro, en Chile, los bebés con baja concentración de hemoglobina a la edad de 6 meses mostraron una mejor cognición a la edad de 10 años si habían sido alimentados con fórmula fortificada con hierro (en comparación con la fórmula baja en hierro) durante la infancia, mientras que los niños con alta concentración de hemoglobina a la edad de 6 meses se desempeñaron mejor en las tareas cognitivas a la edad de 10 años si había recibido fórmula baja en hierro (Lozoff, 2012). En resumen, una mayor gravedad de la deficiencia nutricional aumenta tanto la probabilidad de efectos negativos en el desarrollo del cerebro como la probabilidad de responder positivamente a la suplementación nutricional. Esta misma, investigadora mostró en el grupo de niños Chilenos que los que recibieron estimulación durante un año cada semana mejoraron en los puntajes de

pruebas cognitivas y socioemocionales solo si es que habían tenido anemia por deficiencia de hierro.

Estudios recientes como el de Leonard (2020) identificó que en el censo de Australia a 250 niños que tuvieron mediciones de desarrollo infantil temprano (AEDC) en años escolares y de hemoglobina entre los 6 y 23 meses de edad dieron como resultado que los niños que tuvieron anemia eran más vulnerables en dos o más dominios de la prueba en comparación con los que no han tenido anemia. Además, la anemia en la etapa infantil duplica el riesgo de vulnerabilidad en el desarrollo en la etapa escolar (OR 2.2 [1.1, 4.3] P =.020). La anemia es una etapa tardía de la deficiencia de hierro; los efectos perjudiciales de la deficiencia de hierro repercuten en el cerebro en desarrollo antes de que se desarrolle la anemia.

Otros estudios como el de Lozoff et al. (2000) muestran una asociación entre la deficiencia de hierro o anemia y problemas de déficit cognitivo (la memoria espacial y la capacidad de memoria, entre otros) y/o de conducta. Estas asociaciones incluyen criterios de causalidad, como la relación dosis-efecto, demostrando que cuando se incrementa la severidad de la anemia también se incrementa la severidad del déficit cognitivo y el efecto a largo plazo. La anemia es una etapa tardía de la deficiencia de hierro y los efectos perjudiciales de la deficiencia de hierro repercuten en el cerebro en desarrollo antes de que se desarrolle la anemia.

Una explicación del efecto de la deficiencia de hierro en las funciones ejecutivas la brinda Lukowski (2010). Ella las define como procesos cognitivos superiores que permiten planear, focalizar nuestra atención, recordar instrucciones y realizar múltiples tareas regulatorias y que están asociadas al estrato cerebral y al hipocampo. El estrato cerebral envía dopamina a la corteza prefrontal utilizada para el control de funciones ejecutivas tales como control inhibitorio, planificación, sostenido atención, memoria de trabajo, regulación de emociones, almacenamiento y recuperación de memoria, motivación y recompensa. El hipocampo, situado en el lóbulo temporal medial, está implicado en reconocimiento, memoria y memoria espacial. Este mismo autor postula que estas dos zonas del cerebro maduran considerablemente durante la etapa postnatal y ambas han mostrado efectos de la deficiencia de hierro en animales (Beard 2006 en Lukowski 2010). Esto permite

concluir que la deficiencia de hierro en la infancia puede alterar ciertas funciones cognitivas en regiones del cerebro relacionadas a las funciones ejecutivas.

La deficiencia de zinc afecta al 40% de la población global (Maret and Sandstead, 2006). Muchos investigadores sugieren que el zinc es un nutriente vital para el cerebro con roles funcionales y estructurales. (Black, 2003a; Bryan et al., 2004). Específicamente, el zinc es un factor existente en más de 200 enzimas que regulan diversas actividades metabólicas que incluyen la síntesis de proteínas, DNA y RNA. Adicionalmente el zinc tiene un rol en la neurogénesis, maduración y migración de neuronas y la formación de sinapsis (Black, 2003a; Bryan et al., 2004)

El zinc también se encuentra en concentraciones altas en la sinapsis de las neuronas del hipocampo las cuales están involucradas en el aprendizaje y la memoria. Además, modula ciertos neurotransmisores incluyendo glutamato y receptores GABA. Los estudios revisados que asocian la suplementación de zinc con el desarrollo cognitivo son variados, dispersos y no consistentes. Una explicación a estos resultados puede ser que la suplementación solo de zinc puede causar un imbalance o deficiencias de otros micronutrientes dado que los micronutrientes interactúan entre ellos. Por ejemplo un estudio en Bangladesh (Black et al 2004) no mostró efectos del zinc en el rendimiento de la Escala de Bayley III pero si cuando era combinado con hierro.

1.5 La Nutrición en la Infancia y sus Efectos a Largo Plazo en las Funciones Ejecutivas

La maduración de funciones cognitivas específicas sucede paralelamente a la maduración de la estructura y función del cerebro. Costello (2020) sugiere que el desarrollo prolongado de las funciones ejecutivas que empieza en la infancia temprana hasta la adolescencia se debe también a un prolongado desarrollo de la parte frontal del cerebro las cuales contribuyen a la base neural de las funciones ejecutivas. El lóbulo frontal está involucrado en el control y coordinación de las funciones ejecutivas superiores tales como planeamiento, desarrollo de estrategias, solución de problemas, focalización de la atención y la inhibición de respuestas. Este prolongado desarrollo de la parte frontal del cerebro se debe a la maduración tardía

de áreas asociadas como el córtex prefrontal y las cortezas temporales superiores. Así mismo, las funciones ejecutivas necesitan de las conexiones cerebrales con casi todas las partes del cerebro.

En tal sentido, según este mismo autor, el desarrollo de las funciones ejecutivas y los procesos cerebrales que las subyacen son influenciadas por una variedad de factores biológicos y ambientales siendo la nutrición uno de los factores más modificables en los niños. Por lo tanto, los nutrientes que recibe el niño a través de su dieta tienen un rol importante en el desarrollo de las funciones ejecutivas. El lóbulo frontal tiene una fase de rápido desarrollo durante la niñez lo cual hace a este periodo de vulnerabilidad una oportunidad para promover el desarrollo de funciones ejecutivas a través de la provisión de nutrientes claves durante este periodo.

A pesar de esta evidencia descrita anteriormente existen muy pocos estudios que midieron los efectos de factores nutricionales en habilidades cognitivas más complejas como lo son las funciones ejecutivas. Además, se conoce que la malnutrición temprana tiene efectos a nivel conductual en la niñez pero son muy pocos los estudios que evalúan los efectos en la etapa adolescente (Galler, 2017). Las intervenciones dirigidas a niños con historia de desnutrición en la primera infancia abarcan solo la etapa infantil y no se ha demostrado que reviertan completamente los déficits conductuales y cognitivos en la adolescencia. Las intervenciones nutricionales por sí solas proporcionan beneficios a corto plazo, pero sólo limitados a largo plazo para las funciones cerebrales y conductuales. Los resultados en adolescentes con historia de malnutrición en la infancia, que implican no solo retardo en el crecimiento y desnutrición proteico-calórica sino deficiencias de hierro y otros micronutrientes, reportan problemas de inatención, de conducta, agresión hacia sus pares, depresión, fracaso escolar y bajo IQ (Lozoff, 2006).

Morgan (2015) evaluó el efecto de la malnutrición en la infancia sobre la memoria de trabajo y comparó el rendimiento cognitivo entre población urbana y rural para determinar los elementos del ambiente que afectan la cognición. Se encontró que los niños malnutridos mostraron una diferencia significativa en la atención selectiva, visual, memoria auditiva y funciones ejecutivas en comparación con el grupo sin desnutrición. En base a estos resultados se puede inferir que los niños con desnutrición presentan un retraso en el desarrollo del córtex prefrontal

causando un funcionamiento retrasado en la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas.

Otro factor de riesgo para un adecuado desarrollo cognitivo y que ha sido estudiado ampliamente es la deficiencia de hierro. El estudio de Algarin (2003) evaluó el efecto de la anemia por deficiencia de hierro en la infancia en las funciones ejecutivas a los 10 años, específicamente el control inhibitorio. La evaluación se realizó en tres grupos de niños: de zona rural con una adecuada nutrición, de zona urbana con adecuada nutrición y de zona rural con anemia por deficiencia de hierro. Los resultados muestran una asociación entre la anemia por deficiencia de hierro y menores tiempos de reacción así como también un control inhibitorio menor medidos después de 8 o 9 años de recibir tratamiento.

Otro estudio, (Lukowski et al. 2010) se basó en un seguimiento a los 19 años de edad de una cohorte de niños que fueron suplementados en la etapa infantil. Encontró que el grupo que experimentó deficiencia de hierro severa en la infancia tuvo un peor desempeño en pruebas de funciones ejecutivas relacionadas a la flexibilidad cognitiva, planeamiento y control inhibitorio. Sin embargo, al medir la Memoria de Trabajo Espacial, no se encontró efectos de la deficiencia severa de hierro sobre esta función cognitiva.

Otro estudio en escolares de 12 a 16 años mostró el efecto de la fortificación con perlas con hierro biofortificadas los efectos de la deficiencia de hierro en una variedad de mediciones cognitivas que incluyen funciones ejecutivas. Los que fueron fortificados en comparación con el grupo control tuvieron muchas mejoras en tareas con control inhibitorio y atención las cuales incluyen control ejecutivo así como el tiempo de reacción y memoria.

La deficiencia severa de zinc, particularmente durante los períodos de rápido crecimiento del cerebro como la gestación y la adolescencia está asociada con alteraciones en el desarrollo cerebral y la cognición y una mayor respuesta al estrés (Golub, 1995a 2000b en Costello, 2021) además de estar asociado a déficits en la atención y al desarrollo motor (Black, 1998). Pocos estudios han examinado el efecto a largo plazo de la suplementación de zinc en las funciones ejecutivas. Entre los estudios que muestran un efecto del zinc sobre tareas que implican funciones

ejecutivas, está el de Sandstead (1998). En un ensayo clínico aleatorizado con niños de 6 a 9 años donde se suplementó con 20 mg de zinc a un grupo, a otro grupo con 20 mg de zinc con micronutrientes y un tercer grupo con micronutrientes sin zinc 6 días a la semana por 10 semanas. Las evaluaciones cognitivas consistían en formación de conceptos, razonamiento abstracto, percepción visual, atención sostenida, memoria a corto plazo y habilidad motora fina. Los resultados indicaron que los grupos de niños que consumieron zinc eran superiores en tareas que involucraron las funciones ejecutivas, memoria a corto plazo, percepción y motricidad fina. De manera interesante, también se demostró que la suplementación de zinc combinada con otros micronutrientes tiene el mayor efecto en la cognición lo que podría sugerir un efecto sinérgico.

Dos estudios evaluaron el efecto a largo plazo del zinc en el desarrollo cognitivo en escolares de primaria. El de Pongcharoen et al. (2011) donde los niños fueron suplementados desde los 4 a 6 meses durante 6 meses y el de Murray-Kolb et al. (2012) donde fueron suplementados entre los 12 y 35 meses de edad. En ambos no se encontraron efectos del zinc en pruebas de desarrollo cognitivo y solo un estudio incluía pruebas de funciones ejecutivas. El estudio de Sudfeld 2019 que evaluó la suplementación solo de zinc y también de micronutrientes, no encontró ningún tipo de interacción con los 3 dominios de desarrollo intelectual considerados en el estudio dentro de los cuales se incluían las funciones ejecutivas, aun habiendo controlado por factores sociodemográficos.

CAPÍTULO 2: DISEÑO METODOLÓGICO

El presente capítulo presenta el diseño metodológico de la investigación el cual describe: la fundamentación del enfoque, el nivel, las variables, el método de recolección de datos, la muestra y los instrumentos. Asimismo, se especifican los procedimientos utilizados para elaborar, validar los instrumentos y para analizar la información recogida. Por último, se indica el procedimiento ético que siguió el estudio para cumplir con lo establecido dentro de los parámetros de rigurosidad.

2.1. Problema de investigación

Los estudios que relacionan características nutricionales con un desarrollo cognitivo posterior, específicamente en la etapa adolescente, son escasos en nuestro contexto. Sabemos a través de amplia evidencia, que las características nutricionales en la infancia es un factor clave que podría influir en el desarrollo cognitivo posterior, sin embargo, en situaciones de pobreza las características pueden convivir con otros factores de riesgo, que también afectan el funcionamiento cognitivo de niños y jóvenes de zonas urbano-marginales. Algunos estudios han mostrado efectos de indicadores nutricionales como la talla para la edad, el estado de nutrientes como el zinc y el hierro en diferentes funciones cognitivas algunos de ellos manteniendo los efectos a largo plazo del funcionamiento cognitivo. Muchos de estos estudios evalúan el funcionamiento cognitivo con pruebas de inteligencia global y muy pocos de ellos incluyen las funciones ejecutivas. Las funciones ejecutivas son procesos esenciales en cualquier aspecto de la vida de un individuo como la conducta el funcionamiento cognitivo, el control emocional y las habilidades sociales. Además, se ha demostrado que predicen el rendimiento escolar y la productividad en la adultez y están relacionadas a los procesos de la parte frontal del cerebro. El desarrollo las funciones ejecutivas, por tanto, son sensibles a diferentes factores del ambiente, como lo es la nutrición en los primeros años de vida, cuando justamente los procesos cerebrales se desarrollan de manera muy rápida. Un adecuado estado nutricional de un niño proporciona una necesaria para que las funciones ejecutivas se desarrollen adecuadamente. Por lo contrario, un estado de nutrición deficiente durante los primeros años de vida, cuando el cerebro es muy vulnerable a las insuficiencias nutricionales, no proporciona los nutrientes necesarios para que determinadas partes del cerebro se desarrollen adecuadamente por lo que pueden tener efectos en las funciones ejecutivas que se desarrollan posteriormente.

A partir de lo planteado esta investigación plantea responder a la pregunta ¿Qué indicadores nutricionales en la etapa infantil explican las funciones ejecutivas en la adolescencia?

2.2 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Examinar los indicadores nutricionales medidos en la infancia que explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes que participaron de un programa de suplementación de micronutrientes durante 6 meses entre los 6 y 18 meses de edad.

Hipótesis: El peso para la edad, la talla para la edad, el índice de masa corporal, la hemoglobina sérica, la ferritina y el zinc sérico explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes que recibieron una suplementación de micronutrientes durante 6 meses entre los 6 y 18 meses de edad.

Objetivos Específicos

1. Describir los valores antropométricos y bioquímicos medidos en el grupo de estudio en la etapa infantil.
2. Describir los puntajes obtenidos en las pruebas de funciones ejecutivas en el grupo de estudio durante la etapa de la adolescencia.
3. Identificar qué valores nutricionales, sociodemográficos y escolares medidos en el grupo de estudio en la etapa infantil se relacionan con las funciones ejecutivas.
4. Analizar los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas por género en un grupo de estudio durante la etapa de la adolescencia
5. Identificar los valores nutricionales, sociodemográficos y escolares medidos en un grupo de niños en la etapa infantil se relacionan con las funciones ejecutivas.

2.3 Variables de la investigación

En el presente cuadro (Tabla 1) se describen las variables de estudio, las dimensiones e indicadores correspondientes a cada dimensión, así como también el instrumento de medición.

Tabla 1

Variables, dimensiones, indicadores e instrumentos del estudio.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Valor antropométrico	Medidas antropométricas	Peso para la edad (kg)	Balanza pediátrica
		Talla para la edad (cm)	Tallímetro de madera
		Índice de masa corporal (kg/m ²)	Balanza pediátrica y Tallímetro de madera
Valores bioquímicos	Estado de hierro	Hemoglobina sérica (mg/dL)	Muestra de sangre venosa
	Estado de hierro	Ferritina sérica (ug/L)	Muestra de sangre venosa
	Estado de Zinc	Zinc sérico (mmol/L)	Muestra de sangre venosa
	Control Inhibitorio: Es la capacidad para suprimir o suspender un pensamiento o acción	Test de Control Inhibitorio	The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery CANTAB Connect Research
Funciones Ejecutivas	Memoria de Trabajo Espacial: Capacidad para mantener y manipular temporalmente la	Test de Memoria de Trabajo Espacial	The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery CANTAB Connect Research
		Test de Capacidad de Memoria Espacial	

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
	información, para dar una respuesta a una tarea	Índice de Memoria de Trabajo-WISC IV	Índice de Memoria de Trabajo de la Escala de Inteligencia para Niños de Wechsler - Cuarta Edición (WISC-IV).
	Flexibilidad Cognitiva: Habilidad para cambiar de una regla a otra para dar una respuesta empleando estrategias alternativas (Anderson, 2002).	Test Multitarea	The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery CANTAB Connect Research

2.4 Fundamentación del enfoque metodológico y nivel de la investigación

La presente investigación planteó un enfoque cuantitativo porque se utilizó la recolección de datos de medición numérica relacionados a las variables independientes (indicadores antropométricos y bioquímicos) como los relacionados a las variables dependientes como son los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas.

Específicamente, se utilizó un análisis estadístico para comprobar hipótesis derivadas de una pregunta de investigación y establecer si existen relaciones entre las variables de medición. Este proceso llevó a responder a la pregunta de investigación usando pruebas estadísticas que permitan explicar la relación entre dos variables y comprobar si se cumple la hipótesis planteada.

2.5. Diseño metodológico

Tomando en cuenta diversas clasificaciones sobre tipos de estudio de investigación, el presente se define como un estudio No Experimental. A nivel de profundización del conocimiento que se quiere obtener, este estudio se clasifica

como explicativo ya que busca explicar la relación o asociación entre los indicadores nutricionales en la infancia y las pruebas ejecutivas en la adolescencia. Además, cumple con las características de ser un estudio retrospectivo de cohortes porque se indaga sobre hechos ocurridos en el pasado como serían, en este caso, los indicadores nutricionales durante la etapa infantil y cómo estos podrían explicar su funcionamiento cognitivo más adelante.

2.6. Población y muestra

El grupo de participantes consistió en 192 adolescentes de 14 años de la zona de Villa el Salvador de los cuales 92 son mujeres y 99 son hombres. Este grupo perteneció a una cohorte de adolescentes que participaron durante su infancia, entre el 2004 y 2005 en un ensayo controlado aleatorizado doble ciego entre los 6 y 11 meses de edad. En este ensayo recibieron durante 6 meses un alimento complementario instantáneo fortificado con aportes dietéticos recomendados de múltiples micronutrientes (RDA-Recommended Dietary Allowances) con la fuente de proteínas. El criterio de inclusión fue haber participado en el estudio de la infancia y se excluyeron a niños con enfermedades congénitas y retraso en el desarrollo.

A continuación, se presentan las características de la familia y de los hogares del grupo de estudio durante la infancia (Tabla 2). Con respecto a las características de la madre de los participantes del estudio en la etapa infantil la mayoría (63%) eran convivientes, 24% eran casadas. El 83% eran amas de casa y el 12.4% tenían un trabajo ya sea dependiente o independiente. El promedio de años de la educación de las madres fue 10.8 ($M=10.8$, $SD=2.2$). Solo 32 de ellas reportaron el número de horas que están fuera de casa, que en promedio son 5.9 horas. En cuanto a características del padre, alrededor de dos tercios del total eran empleados (30.7%) o trabajadores independientes (31.3%). La media de años de estudios de los padres asciende a 11.1 ($x=11.1$, $SD=2.2$). El número de personas que vivía en una casa era en promedio 4.6 personas y la cantidad de hermanos en promedio era menos de 1.

En cuanto a las características de los hogares del grupo de estudio, en su mayoría están contruidos con paredes y pisos de cemento. Solo el 50% de los hogares tienen techos de cemento. Casi la totalidad de los hogares cuentan con servicio de desagüe, agua y electricidad propia.

Tabla 2

Características sociodemográficas en la infancia del grupo de estudio de adolescentes.

Características de la muestra	<i>N</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>
Estado civil de la madre				
Soltera	14	7.3		
Conviviente	121	63		
Casada	47	24.5		
Divorciada/Separada	10	5.2		
Ocupación de la madre				
Ama de Casa	160	83.3		
Ama de casa con trabajo en casa	4	2.1		
Trabajo independiente/dependiente	23	12.4		
Estudiante	3	1.6		
Educación de la madre (# años estudio)	192		10.8	2.2
N° de horas madre fuera de la casa	32		5.9	3.8
Educación del padre (# años de estudio)	192		11.1	2.0
Ocupación del padre				
Empleado	59	30,7		
Trabajador independiente	60	31,3		
Trabajador eventual	13	6.8		
Obrero	10	5,2		
Desocupado	6	3,1		
N° de personas viven en casa	192		4.6	2.4
N° de hermanos	192		0.8	1.1
Pisos de la vivienda				
Pisos de Losetas	192	19.8		
Pisos de Cemento	192	74		

Características de la muestra	<i>N</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pisos de Tierra	192	4.2		
Paredes de la vivienda				
Paredes de cemento	145	75.5		
Madera	43	22.4		
Estera	3	1.6		
Servicios de la vivienda				
Agua	156	81.3		
Luz	165	85.9		
Desagüe	165	85.9		

En la Tabla 3 se presentan características escolares de los adolescentes que participaron en este estudio. Se observa que la mayoría de los adolescentes del grupo de estudio asistieron a un colegio público (63.9%) y cursaron el 3er grado (62.8%). El promedio de años de estudio fue de 11.5 y el 62.4% cursó 3 años de educación pre-escolar y el 29.6% 2 años de estudio pre-escolar. De los 37 niños que repitieron de año (19% del total), casi la totalidad 91.9% lo hizo una vez.

Tabla 3

Características de la historia escolar del grupo de estudio en la etapa adolescente.

	<i>N</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>
Tipo de colegio				
Estatad	122	63.9%		
Particular	69	35.9%		
Grado que Cursa				
1ro de Secundaria	5	2.6		
2ndo de Secundaria	32	16.8%		
3ro de Secundaria	120	62.5%		
4to de Secundaria	33	17.2%		
Años de escolaridad incluyendo pre-escolar	191		11.5	1.0
Años de Asistencia a Pre-escolar				

	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
3 años de asistencia al pre-escolar	118	61.5%		
2 años de asistencia al pre-escolar	56	29.2%		
1 año de atención al pre-escolar	12	6.3%		
Repitencia				
Si	37	19.3%		
No	154	80.2%		

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Los instrumentos utilizados para el recojo la medición de las funciones ejecutivas se describen a continuación:

2.7.1 Índice de Memoria de Trabajo de la Escala de Inteligencia para Niños de Wechsler - Cuarta Edición (WISC-IV).

La prueba de WISC-IV es utilizada para medir diversas habilidades y la capacidad cognitiva global de niños y adolescentes de entre 6 años 0 meses y 16 años 11 meses. Permite comparar el rendimiento de la niña, niño y adolescente mediante cuatro dominios como lo son: el Índice de Comprensión Verbal, el Índice de Razonamiento Perceptivo, el Índice de Memoria de Trabajo y el Índice de Velocidad de Procesamiento. Cada uno de estos Índices contiene sub-tests principales, de los cuales se obtiene puntuaciones compuestas.

Para este estudio se utilizó la adaptación mexicana (2007) y específicamente el Índice de Memoria de Trabajo (evaluado a través de la prueba de Retención de Números y de Números y Letras) dado que es una de las variables de estudio. La memoria de trabajo es la capacidad de retener y almacenar la información, de operar mentalmente con esta información, transformarla y generar nueva información. La decisión de utilizar las escalas Weschler es porque estas han sido ampliamente utilizadas, en sus diferentes versiones, en Latinoamérica y en nuestro

país para la medición de la inteligencia y habilidades cognitivas en estudios relacionados con aspectos nutricionales (Caufield et al. 2010, Blouin et al. 2018) y con las funciones ejecutivas (Warthon et al. 2015). Así mismo, algunos estudios (aún no publicados) han utilizado la versión mexicana del WISC-IV para la medición de habilidades cognitivas en adolescentes. El manual técnico de esta versión reporta los índices de dificultad de los ítems como parte del proceso de estandarización. Sin embargo, el estudio de Fina (2012) documenta el análisis de confiabilidad y validez de esta versión y la compara con dos diferentes versiones. Encuentra que la confiabilidad por consistencia interna utilizando el método de dos mitades para la subprueba de retención de dígitos para la edad de los sujetos de este estudio es de una correlación de $r=0.83$. La validez del constructo se realizó a través de un Análisis Factorial Confirmatorio y de un estudio de la matriz de intercorrelaciones de las pruebas. Estas últimas mostraron que la correlación corregida entre la prueba de retención de dígitos y el índice de Memoria de Trabajo arrojó una correlación de $r=0.53$.

2.7.2 The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery CANTAB Connect Research

Esta batería de pruebas neuropsicológicas computarizadas desarrollada por la universidad de Cambridge mide las funciones ejecutivas a través de 13 tests. Las instrucciones de la prueba las brinda una voz grabada en el mismo programa. Los autores consideran que esto ayuda a la consistencia de la prueba entre los estudios y facilita la administración de esta. Además, debido a la naturaleza, la cual no requiere de respuestas verbales, se minimizan las diferencias de lenguaje o cultura entre los sujetos evaluados. Las pruebas se dividen en 5 dominios: atención, memoria, función ejecutiva, toma de decisiones y cognición social. CANTAB se ha utilizado en una serie de estudios en países de ingresos bajos y medianos, incluyendo Brasil (Roque et al. 2011), Costa Rica (Lukowski et al. 2010) y Malawi (Nkhoma et al.2013) en niños de seis años. Otra ventaja de CANTAB es que permite al investigador crear su propia batería utilizando una selección de pruebas basadas en su interés de investigación. Para este estudio las pruebas seleccionadas

corresponden al dominio de Función Ejecutiva. Cada subprueba se califica de manera independiente y arroja diferentes rangos de puntajes.

Test Multitarea. Mide la habilidad para usar múltiples fuentes de información que podría ser potencialmente conflictiva para guiar una conducta. En cada intento una flecha aparece en el lado derecho o izquierdo de la pantalla y se le pide al participante dar una respuesta según la dirección de la flecha o según el lado de la pantalla que la flecha esta. Estas dos reglas se dan de manera entremezclada y de manera incongruente o congruente.

Capacidad de Memoria Espacial. Es un test de memoria visuoespacial basado en la prueba de cubos de Corsi en donde el participante tiene recordar la secuencia en la que cambio de color una serie de bloques blancos.

Memoria de Trabajo Espacial. Evalúa la retención y manipulación de la información visuoespacial. Esta prueba tiene altas demanda de funciones ejecutivas ya que evalúa estrategia además de los errores. Se trata de que el participante, mediante el toque de unos bloques mostrados en la pantalla y usando un proceso de eliminación, debe encontrar una cruz dentro de los bloques para poder llenar una columna al costado de la pantalla.

Test de Control Inhibitorio. Es una prueba de control de impulsos y control inhibitorio ya que se le pide al participante que luego de una fase de aprendizaje donde aprende a seleccionar el botón correspondiente a la dirección de una flecha se introduce un pitillo que indica que no debe dar ninguna respuesta. El retraso entre la presentación de la flecha y el sonido del pitido (retardo de la señal de parada) es variable, impidiendo la predicción y ayudando a evaluar el momento en el que la cancelación de la acción es posible, antes de que se convierta en un proceso automático.

Los reportes de confiabilidad y validez de las pruebas de CANTAB se reportan en diferentes estudios y con poblaciones que incluyen grupos con cuadros clínicos como Alzheimer, Psicosis o TDAH. Un estudio realizado por Abbot (2016) evalúa las propiedades psicométricas de algunas pruebas de la batería CANTAB. Entre las pruebas que se evaluaron está la de Memoria de Trabajo Espacial. Utilizaron la confiabilidad test re-test el cual resultó 0.51. La validación convergente

con las otras pruebas de CANTAB muestran coeficientes de $r=-0.3$, $r=-0.6$ y $r=0.2$ y la validez de constructo con otras pruebas cognitivas van en rango de $-0.3 < r < 0.3$.

2.7.3 Cuestionario de Historia Escolar

A través de un cuestionario (Anexo 2) fueron recogidos algunos datos escolares como: grado actual que cursaba, tipo de colegio al que asistía, años de pre-escolar y repitencia.

2.7.4 Validación de instrumentos

El proceso de validación de instrumentos consistió en realizar un análisis de validez de las pruebas utilizadas en esta población de estudio.

La validez del constructo midió la correlación de los puntajes de los dos subtests que conforman el Índice de Memoria de Trabajo; Retención de Dígitos y Números y Letras, las cuales forman parte del mismo constructo. A través del análisis de validez se conoce el grado de correlación de ambas pruebas. Los resultados indicaron una correlación significativa pero moderada entre ambos subtests ($r=0.478$, $p<0.01$)

La validez convergente consistió en el cálculo de la correlación de los puntajes de los subtests que componen el Índice de Memoria del WISC IV (Retención de Dígitos y Números y Letras) y los puntajes de la prueba de Memoria de Trabajo Espacial. Los resultados (Tabla 4 del Anexo 1) muestran correlaciones moderadas y significativa entre ambas pruebas ($r=0.304$, $p<0.01$). Así mismo, las correlaciones de este Índice con el subtest de Memoria de Trabajo Espacial del CANTAB, arrojan correlaciones inversas y significativas, lo cual es esperable ya que los puntajes de la prueba de Memoria de Trabajo se basan en la cantidad de errores, lo que significa que a menor cantidad de errores mayor es el rendimiento en la prueba. El mayor índice de correlación se logra con la prueba de Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 12 cajas ($r = -0.213$, $p<0.01$) y el menor con la prueba de Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 6 cajas ($r = -0.101$, $p<0.05$). En base a

esto se decide que los resultados de Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 6 cajas no se considerarán en el análisis.

Como parte de la validación de las pruebas de CANTAB se analiza la validez de criterio comparando las medias de los puntajes de las pruebas CANTAB entre el grupo con un nivel de rendimiento alto (puntajes mayores a 109) y un nivel de rendimiento bajo (puntajes menores a 70) en el Índice Total del WISC IV. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 5 del Anexo 1. El grupo que obtuvo puntajes menores de 70 en el Índice Total del WISC IV tuvieron un menor rendimiento en todas las pruebas aplicadas de funciones ejecutivas ($p < 0.05$ y $p < 0.01$) siendo estas diferencias significativas en las variables Test de Flexibilidad Cognitiva-Total de Incorrectas, Secuencia más larga de la Capacidad de Memoria Espacial, Tiempo de Reacción del Test de Control Inhibitorio. Respecto a las pruebas de Memoria de Trabajo, las diferencias fueron significativas excepto por la prueba de Errores de 4 a 8 cajas. En base a este resultado se decide no incluir en el análisis las pruebas con un valor de $p > 0.05$.

2.8 Aplicación de Instrumentos

La aplicación de las pruebas de funciones ejecutivas fue parte de un procedimiento del estudio de seguimiento a la cohorte de niños que participó en el estudio de suplementación mencionado en la sección 2.6. Un grupo de trabajadores de campo se ponen en contacto con los padres de los niños del estudio en su hogar y se les informa de los objetivos y aspectos generales del estudio. Cuando el niño se encuentra en el rango de edad entre los 14 años 4 meses y 14 años 8 meses se le invita a la clínica del Instituto de Investigación Nutricional ubicada en el distrito de Villa el Salvador. Luego de obtener el consentimiento informado firmado de los padres y el consentimiento de los niños se programan tres citas para realizar los exámenes nutricionales, de salud, cognitivos y de desarrollo socioemocional. Los exámenes cognitivos incluían pruebas a resolver en lápiz y papel como los del Índice de Memoria del WISC IV y por otro lado la batería de CANTAB que se aplicaba a través de un software en una Tablet. El mismo programa daba las instrucciones al evaluado y previamente a la prueba, el programa brindaba ejercicios de práctica. Sin

embargo, la evaluadora siempre se aseguraba de que el o la adolescente hubiese entendido la tarea. Estos se aplicaron en dos días en sesiones de aproximadamente 1 hora de duración por psicólogos previamente capacitados en el software y en las demás pruebas. Las pruebas se realizaban en un consultorio privado y se pedía que durante la prueba solo estuviera el adolescente para evitar distracciones.

Todos los datos estaban especialmente codificados sin nombres, para garantizar la confidencialidad.

2.9. Procedimientos para organizar y analizar la información recogida

Las respuestas de las pruebas del Índice de Memoria de Trabajo se anotaban en un cuadernillo llamado “Hoja de Aplicación”. Luego de terminar las pruebas se sumaban los puntajes de los ítems y se transformaban a puntajes estandarizados. Con estos puntajes, se calculaba el Índice de Memoria de Trabajo de acuerdo con las tablas del Manual del WISC IV para cada grupo de edad (Weschler 2003). Estos puntajes se ingresaban a una base de datos que fue creada especialmente para el estudio de seguimiento en el programa Access.

Por otro lado, el mismo programa de CANTAB calcula los puntajes de las diferentes pruebas las cuales se pueden visualizar en la sección de resultados del programa. En esta sección se ordenan los resultados por códigos de los evaluados y se puede bajar a una Hoja de Cálculo de Excel de manera que pueda ser ingresada a una base de datos del SPSS.

Las variables correspondientes a la infancia se obtuvieron de una base de datos construida para el estudio en la infancia. Se identificaron las variables de interés y junto con los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas se construyó una base de datos en el SPSS para su posterior obtención de pruebas estadísticas definidas para la investigación.

2.10. Consideraciones éticas de la investigación

El protocolo para este estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Investigación Nutricional (Lima, Perú) mediante el código N°372-2017/CIEI-IIN. Una vez que los participantes eran contactados e invitados al consultorio del estudio, se les explicaba el objetivo y el procedimiento de este mismo. Se les pedía leer la hoja de consentimiento y en caso de tener alguna duda o pregunta podían preguntar al personal del estudio. La hoja de consentimiento y de asentimiento eran firmados por los participantes si estaban de acuerdo en participar del estudio.



CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Esta sección muestra los resultados del análisis estadístico descrito en la sección anterior. En primer lugar, se presenta una descripción de la muestra de acuerdo con las variables del estudio. Se describen los resultados en relación con los indicadores antropométricos y bioquímicos, así como los resultados de las pruebas de función ejecutiva diferenciándose por género. Seguidamente, se identifican cuáles, de las variables nutricionales que se relacionan con los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas. Finalmente, se realiza un análisis de regresión ANCOVA de manera que, controlando por variables sociodemográficas y escolares se pueda identificar las variables nutricionales que explican las funciones ejecutivas.

3.1 Descripción de la Muestra de Estudio

A continuación se describe la muestra en cuanto a sus características nutricionales y puntajes en las pruebas de funciones ejecutivas.

Las medidas nutricionales descritas en la Tabla 4 corresponden a dos momentos: a) cuando el grupo de estudio entre 6 y 11 meses de edad, ingresan al estudio y empiezan a consumir el suplemento alimenticio y b) cuando el grupo de estudio entre los 12 y 18 meses ha consumido el suplemento por 6 meses y termina su participación en el estudio. Para un mejor entendimiento de la variable en los dos momentos, nos referiremos a ella como “iniciales” y “finales”. A través del análisis usando la prueba T de Student y U Mann Whitney para muestras relacionadas, los resultados muestran que los cambios en los indicadores nutricionales han sido significativos ($p < 0.05$) después de la etapa de suplementación. Luego de la etapa de suplementación se observa un ligero incremento en los niveles de hemoglobina y en la talla para la edad. Por lo contrario, los niveles de zinc, el peso para la edad y el IMC experimentan una disminución de los valores iniciales. Otro resultado a considerar son los valores mínimo y máximo de los niveles de Ferritina Sérica los cuales denotan la existencia de valores fuera de los rangos normales, lo cual nos

lleva a eliminar esta variable de los análisis posteriores debido a un posible sesgo en los resultados.



Tabla 4*Características nutricionales en el grupo de estudio durante la infancia al inicio y al final del estudio anterior.*

	Al Inicio del Estudio Anterior					Al Finalizar el Estudio Anterior					T(U)	p	
	N	Mínimo	Máximo	M	SD	Media	Mínimo	Máximo	M	SD			Media
Hemoglobina(mg/dL)	192	8	13.5	10.47	1.01	10.5	8.8	13.2	11	0.84	11	-6.69	p≤0.001
Zinc (mmolL)	191	0.28	1.39	0.6	0.21	0.56	0.17	1.72	0.57	0.22	0.53	-1.97	0.05
Ferritina Sérica (ng/mL)	181	-1.17	169.94	28.7	31.83	16.23	-2.56	554.8	28.96	46.51	19.12		
Peso para la edad - Zscore (kgs)	191	-2.086	3.76	0.36	1.12	0.26	-2.52	2.83	-0.57	0.97	-0.16	3.97	p≤0.001
Talla para edad-Z score (cms)	192	-2.28	2.79	-0.14	1	-0.05	-2.68	2.92	0.25	1.07	0.2	-2.053	0.04
Índice de Masa Corporal	192	15.77	23.14	18.73	1.49	18.49	14.48	21.54	17.56	1.44	17.54	-7.187	p≤0.001

T: Prueba T de Student para muestras relacionadas paramétricas

U: Prueba U Mann Whitney para muestras relacionadas no paramétricas

Los resultados de las pruebas de funciones ejecutivas en el grupo de estudio se muestran en la Tabla 5. Se logró obtener resultados de 190 niños. La media de los puntajes del Índice de Memoria de Trabajo del WISC IV $M=90.31(SD=\pm 11.28)$ permite indicar que el grupo se encuentra en el límite inferior de un nivel promedio en comparación con el grupo estándar de acuerdo con el manual del WISC IV (Weschler, 2007).

Tabla 5

Medias, desviaciones estándar en las pruebas de Funciones Ejecutivas en la adolescencia

	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mediana</i>
Índice de Memoria de Trabajo	190	56	120	90.31	± 11.28	91
Flexibilidad Cognitiva-Total Incorrectas	190	0	68	15.11	± 12.08	11
Capacidad de Memoria Espacial-Secuencia más larga	190	3	9	7.11	± 1.32	7
Control Inhibitorio-Tiempo de reacción	190	124.75	474.62	252.66	± 62.47	241.72
Memoria de Trabajo Espacial						
Errores de 12 cajas	190	0	60	31.20	± 11.20	33
Errores de 4 a 8 cajas	190	0	31	13.41	± 7.51	14
Estrategia de 6 a 8 cajas	190	4	12	8.71	± 1.53	9

3.2 Puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas por género en un grupo de niños durante la etapa de la adolescencia.

Para llegar al objetivo específico relacionado a las diferencias de género se realizaron pruebas no paramétricas Wilcoxon-Mann-Whitney para comparar los puntajes entre hombres y mujeres, ya que la distribución de los puntajes no era normal. La Tabla 6 presentan diferencias significativas en la prueba de Capacidad de Memoria Espacial ($U=3267.5$, $p=.001$), siendo los hombres los que obtienen mayores puntajes ($M=7.41$, $SD\pm 1.28$) en comparación con las mujeres que obtienen una media de $M=6.79$ ($SD=\pm 1.29$). En cuanto a la Memoria de Trabajo Espacial- Errores Totales también se encontraron diferencias entre las medias ($U=3161.5$, $p<0.001$) siendo las mujeres las que cometieron más errores en comparación con los hombres. Lo mismo sucedió en la Prueba de Memoria de

Trabajo-Estrategia donde también las mujeres mostraron mayores errores a diferencia de los hombres ($U=3339.0$, $p=.002$).

Tabla 6
Diferencia por sexo en los puntajes de las pruebas de Función Ejecutiva

	Hombres			Mujeres			U	p
	N	M	SD	N	M	SD		
Flexibilidad Cognitiva – Total Incorrectas	98	14.31	±11.85	92	15.97	±12.33	3984.5	0.167
Capacidad de Memoria Espacial- Secuencia más larga	98	7.41	±1.28	92	6.79	±1.29	3267.5	0.001*
Control Inhibitorio Tiempo de reacción	99	249.71	±60.44	92	255.83	±64.79	4250.0	0.426
Memoria de Trabajo Espacial								
Errores de 12 cajas	98	30.66	±11.43	92	31.77	±10.99	4205.0	0.423
Errores Totales	98	11.51	±6.83	92	15.42	±7.69	3161.5	0.000*
Estrategia	98	8.37	±1.60	92	9.08	±1.50	3339.0	0.002*

3.3 Identificación los valores antropométricos y bioquímicos medidos en un grupo de niños en la etapa infantil se relacionan con las funciones ejecutivas.

Como primer paso de este análisis y dado que la distribución de la muestra no es normal, se hizo un análisis de Correlación de Spearman con hipótesis unilaterales como método estadístico no paramétrico para evaluar si existe relación directa o inversa entre las variables de estudio. Se opta por un análisis de hipótesis unilaterales porque las hipótesis de estudio plantean la dirección en la relación de las variables.

Para una mayor facilidad en el análisis, se realizaron las correlaciones por grupos de variables. Los puntajes de las funciones ejecutivas se correlacionaron primero con las variables nutricionales (bioquímicas y antropométricas) y luego con las variables sociodemográficas y escolares. Cada grupo de resultados se muestran en el Anexo 1. En resumen, la Tabla 7 muestra las correlaciones que se encontraron significativas ($p<.05$, $p<.001$) de acuerdo a las variables de estudio.

Tabla 7

Correlaciones significativas entre los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas y las variables nutricionales, sociodemográficas y escolares.

Pruebas	Antropométricas	Bioquímicas	Sociodemográficas	Escolares
Flexibilidad cognitiva-Total de incorrectas	Peso Inicial (-.165)	Ferritina Inicial (.131)	No de horas fuera de la casa (-.345)	Repitencia de grado (-.176)
	Diferencia de peso (.134)			Grado que cursa (-.286)
Capacidad de Memoria Espacial-Secuencia más larga	Talla Inicial (-.149)			Años de escolaridad (-.209)
				Asistencia al pre-escolar (.140)
Control Inhibitorio Tiempo de reacción	Peso inicial (-.125)			Repitencia de grado (-.136)
Memoria de Trabajo Espacial-Errores de 12 cajas	Talla Inicial (-.132)			Tipo de colegio (.121)
				Repitencia de grado (-.141)
Memoria de Trabajo Espacial-Errores de 12 cajas	Talla Final (-.162)	Hemoglobina Final (.122)	No de horas fuera de la casa (-.465)	
		Zinc Inicial (-.158)	Estado civil (-.126)	
Memoria de Trabajo Espacial-Errores Totales			Educación del padre (-.146)	
	Talla inicial (-.120)	Hemoglobina Final (.154)	Estado civil de la madre (-.141)	Años escolaridad (-.163)
Memoria de Trabajo Espacial-Estrategia		Zinc Inicial (-.126)		Años de asistencia al pre-escolar (-.159)
			No de horas fuera de la casa (-.465)	Asistencia al pre-escolar (.133)
				Años de asistencia al pre-escolar (-.122)

La prueba de **Flexibilidad Cognitiva** se relaciona de manera significativa ($p < 0.05$) e inversa con el Grado que Cursa ($s = -0,286$), Años de Escolaridad

($s=-0.209$), Asistencia al Pre-escolar ($s=0.140$) y Repitencia de grado ($s=-0.176$). Así mismo, con variables antropométricas como el Peso/Edad Inicial ($s=-0.165$) y Talla/Edad Inicial ($s=-0.149$). Estas dos últimas variables también se encuentran relacionadas de manera significativa ($p<0.05$) con la **prueba de Control Inhibitorio** al igual que las variables Tipo de Colegio ($s=0.121$) y Repitencia de Grado ($s=-0,141$).

En cuanto a los resultados de las **pruebas de Memoria de Trabajo** si se observan relaciones con variables sociodemográficas, escolares y nutricionales. La Prueba de Memoria de Trabajo-12 errores se correlaciona de manera inversa con la Educación del Padre ($s= -0.146$) y el Estado Civil de la Madre ($s=0.126$) así como también con la Talla/Edad Final ($s=-0.162$) y el Zinc Inicial ($s=-0.158$). Por lo contrario, se identifica una correlación positiva con la Hemoglobina Final ($s= 0.122$) lo cual significa que mientras más altos los niveles de hemoglobina mayor cantidad de errores en la prueba.

Lo mismo sucede con la **prueba de Memoria de Trabajo Espacial -Errores Totales** y la variable Hemoglobina ($s= -0.154$). Sin embargo, si se encuentra una correlación negativa con el Zinc Inicial ($s=-0.126$) y la Talla Inicial ($s=-0.162$) como también con los Años de Escolaridad ($s=-0.163$) y los Años de Asistencia al Pre-escolar ($s=-0.159$). En el caso de la variable Educación del Padre, esta tiene una correlación pequeña pero significativa con la prueba de Memoria de Trabajo de mayor dificultad (Errores con 12 cajas). Sin embargo y de acuerdo con las categorías de esta variable, el estar casada, divorciada y viuda está relacionada con un mejor rendimiento en esta prueba, mientras que ser soltera o conviviente se relaciona con un rendimiento más bajo. Como siguiente paso, se procedió a realizar correlaciones de los valores bioquímicos en la infancia con los puntajes de las pruebas cognitivas en la adolescencia.

Como se muestra en la Tablas del Anexo 1, las **pruebas de Memoria de Trabajo Espacial- Errores con 12 cajas** y Errores Totales y la de Flexibilidad Cognitiva tienen una correlación baja pero significativa con indicadores bioquímicos de la infancia como son la Hemoglobina Final y el Zinc Inicial. Las correlaciones de la Hemoglobina Final con las pruebas de funciones ejecutivas mencionadas son positivas, lo que muestra que a mayor hemoglobina mayor la cantidad de errores en

las pruebas y por lo tanto menor rendimiento en la prueba Memoria de Trabajo. Así mismo, las correlaciones de esta prueba con los niveles de zinc son significativas e inversas mostrando que, a mayor nivel de zinc, menor es el número de errores cometidos en la prueba y mejor rendimiento en ella.

3.4 Examinar qué indicadores nutricionales medidos en la infancia explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes que recibieron una suplementación de micronutrientes durante los 6 meses en la infancia.

Una vez identificadas las variables nutricionales que se relacionan con los puntajes de las pruebas cognitivas a través del análisis de correlaciones, se procedió a realizar regresiones lineales ANCOVA para saber cuáles de ellas predicen los resultados de las pruebas cuando son controladas por co-variables sociodemográficas y escolares. Se construyó un modelo de regresión para cada prueba de función ejecutiva (variable dependiente) con la cual se encontró alguna relación con indicadores nutricionales. En efecto, se construyeron modelos para las pruebas de: Flexibilidad Cognitiva, Control Inhibitorio, Memoria de Trabajo Espacial-12 Errores y Memoria de Trabajo Espacial-Errores Totales. La prueba de Capacidad de Memoria y de Memoria de Trabajo-Estrategia, no se asoció con ninguno de los indicadores nutricionales, por lo cual no se construyó un modelo para ambas. Cada modelo incluyó las variables nutricionales, sociodemográficas y escolares con las que la variable dependiente correlacionaron de manera significativa. En el caso del modelo de Control Inhibitorio, el valor de significancia del modelo era mayor a 0.05 ($p > 0.05$) lo que indica que no se encontró asociaciones entre las co-variables incluidas en el modelo y los resultados en la prueba de control inhibitorio.

Prueba de Flexibilidad Cognitiva-Total de Errores

El análisis ANCOVA para la prueba de Flexibilidad Cognitiva analizó la predictibilidad de dos valores antropométricos; la Talla/Edad Inicial y Peso/Edad Inicial. Como variables de control se incluyeron el Grado que Cursa y los Años de Escolaridad. Los resultados del análisis de la Tabla 8 mostraron que ni la Talla/Edad

Inicial ni el Peso/Edad Inicial predicen el rendimiento en la prueba de Flexibilidad Cognitiva [$F(1,183) = 1,412, p=.236$]. El modelo corregido no incluyó la variable edad Peso/Edad Inicial ni la Diferencia de Peso para que este pueda alcanzar el nivel de significancia.

Tabla 8

Prueba de ANCOVA para la variable dependiente Flexibilidad Cognitiva-Total de Incorrectas

Predictor	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	η^2
Modelo corregido	1846.133a	6	307.689	2,186	.046	.067
Intersección	662.727	1	662.727	4,709	.031	.025
Grado que cursa	612.673	4	153.168	1,088	.364	.023
Talla/Edad Inicial	198.684	1	198.684	1,412	.236	.008
Años de escolaridad	176.627	1	176.627	1,255	.264	.007
Error	25,754.546	183	140.735			

a R cuadrado = .067 (R cuadrado-correcto = .036)

b Calculado con alfa = .05

Prueba de Memoria de Trabajo Espacial- Errores con 12 cajas

El análisis de regresión para la prueba de Memoria Espacial-Errores con 12 cajas examinó si las variables nutricionales Zinc Inicial, Talla/Edad Final y Hemoglobina Final predicen el rendimiento en dicha prueba. El modelo resultó ser significativo ($p=.031$) y explica el 9.2% de la varianza de esta prueba cognitiva. Cuando se ajustan los resultados por indicadores sociodemográficos y escolares, el Zinc Inicial y la Talla/Edad Final predicen de manera significativa los puntajes de esta prueba [$F(1,157)= 5.569, p=.019$ y $F(1,157)= 5,630, p=.020$ respectivamente] a diferencia de la Hemoglobina Final [$F(1,157)= 1.393, p=.240$].

Al introducir en el modelo la variable sexo para examinar si predice los resultados de Memoria de Trabajo Espacial-12 Errores cuando se ajusta por las

covariables anteriormente mencionadas, se demostró que el género no mantiene una relación en la prueba de Memoria de Espacial-Errores con 12 cajas cuando se ajusta por covariables ($p=.583$).

Tabla 9

Prueba de ANCOVA para la variables dependiente Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 12 cajas

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig	η^2
Modelo corregido	1860,37 7 ^a	7	265.768	2.281	.031	.092
Intersección	456.397	1	456.397	3.917	.050	.024
Estado Civil de la Madre	259.206	2	129.603	1.112	.331	.014
Educación del Padre	87.171	1	87.171	0.748	.388	.005
Zinc Inicial	648.981	1	648.981	5.569	.020	.034
Talla/Edad Final	656.043	1	656.043	5.630	.019	.035
Hemoglobina Final	162.368	1	162.368	1.393	.240	.009
Sexo	35.244	1	35.244	0.302	.583	.002
Error	18295.4 17	157	116.531			

a. R cuadrado = .092 (R cuadrado corregida = .052)

b. Calculado con alfa = .05

Prueba de Memoria Espacial-Errores Totales

El modelo ANCOVA para la prueba de Memoria Espacial-Errores Totales es significativo ($p<0.001$) y explica el 18.4% de la varianza de los resultados de esta prueba. El Zinc Inicial y la Hemoglobina Final explican de manera significativa sus resultados [$F(1,179) = 5,057$, $p=.026$ y $F(1,179) = 5.760$, $p=.017$ respectivamente] aun cuando son controladas por el Estado Civil de la Madres y los Años de Escolaridad.

Cuando se introduce en el modelo la variable sexo se indica que las diferencias en la media de los puntajes de la prueba por sexo explican los resultados

de esta prueba cuando se controlan por las mismas covariables mostrando que la cantidad de errores de las mujeres es mayor [$X=14.308$, IC al 95% (12.37-16.24)] que la de los hombres [$X=10.10$ IC al 95% (8.31-11.90)].

Tabla 10

Prueba de ANCOVA para la variable dependiente Memoria de Trabajo Espacial-Errores Totales.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig	ηp. 2
Modelo corregido	1958.743 ^a	8	244.843	5.051	.000	.184
Intersección	100.489	1	100.489	2.073	.152	.011
Talla/Edad Final	17.043	1	17.043	.352	.554	.002
Zinc Inicial	245.144	1	245.144	5.057	.026	.027
Hemoglobina Final	279.214	1	279.214	5.760	.017	.031
Estado Civil de la Madre	352.990	3	117.663	2.427	.067	.039
Años de Escolaridad	265.276	1	265.276	5.472	.020	.030
Sexo	866.388	1	866.388	17.873	.000	.091
Error	8677.193	179	48.476			

a. R cuadrado = .184 (R cuadrado-correctado = .148)

b. Calculado con alfa = .05

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Nuestro estudio tiene como objetivo general examinar los indicadores nutricionales medidos en la infancia que explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes que participaron de un programa de suplementación de micronutrientes durante 6 meses entre los 6 y 18 meses de edad.

Los indicadores nutricionales del grupo de estudio en la etapa infantil entre los 6 y 11 meses muestran un valor promedio de hemoglobina considerado en el rango de anemia leve según la Resolución Ministerial No 250-2017 (2017) emitida

por el Ministerio de Salud. Este valor hallado confirma la problemática del estado de anemia que sufren los niños peruanos en los primeros meses de vida. Así mismo, se señala un incremento en los niveles de hemoglobina al final del periodo de suplementación. Alarcon et al. (2004) demostró que cuando el zinc se añade a la suplementación de hierro la respuesta al estado de anemia es mejor que solo la suplementación de hierro. lo cual puede ser el efecto de la suplementación que combina hierro y zinc, la alimentación complementaria o ambas. Esto podría significar que la interacción entre estos dos minerales puede tener un mejor efecto en los niveles de hierro. Sin embargo, no hay que descartar que la alimentación complementaria a partir de los 6 meses de edad puede haber colaborado con esta mejora del estado de hierro en el grupo de estudio. Los otros valores que llaman la atención son los valores de los niveles de zinc, los cuales disminuyen durante el periodo de suplementación. Es decir, la suplementación recibida no pudo incrementar los niveles de zinc en el grupo de estudio. Es importante mencionar que la suplementación solo brindaba un nivel de ingesta media diaria de estos nutrientes que se considera suficiente para cubrir los requerimientos de los niños a esa edad.

En cuanto a los valores antropométricos, el promedio de talla para la edad incrementa en el rango de edad que se da su participación en el estudio así como el índice de masa corporal.

En cuanto a los resultados de las pruebas de funciones ejecutivas encontramos similitudes en los puntajes con grupos de niños en otros estudios. Encontramos limitaciones para comparar puntajes obtenidos en otros estudios por lo que estos evalúan grupos de niños con rangos de edades más amplios. Algunos estudios como el de Texeira (2011) muestran una media de $M=6.66$ ($DS=1.65$) en niños entre 12 y 18 años en la prueba de capacidad de memoria. Al igual, el grupo de niños de 11 a 14 años estudiado por De Luca (2003) tuvieron más errores que el grupo de estudio en la prueba de memoria de trabajo espacial-total de errores ($M=33.55$, $SD= 16.93$) así como también en la prueba de estrategia ($M=16.10$, $SD=4.08$).

En cuanto a la investigación sobre las diferencias por género, los puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas nos dan a conocer que existen diferencias de género en las pruebas de memoria de trabajo, los hombres obteniendo mejores

resultados que las mujeres. Los resultados ajustados revelan que la diferencia en la memoria de trabajo espacial - Errores Totales se mantienen aun controlando por variables nutricionales, escolares y sociodemográficas. El análisis realizado por meta-análisis de Voyer (2017) donde evalúa las diferencias por género en la memoria de trabajo visuoespacial, muestra un mejor desempeño en los hombres en diferentes pruebas, sin embargo, en las pruebas que requieren de localización, como es el caso de la prueba de memoria de trabajo espacial de este estudio, las mujeres suelen desempeñarse mejor. Por esta razón, se requiere la necesidad de realizar más investigaciones sobre el efecto del género en la relación entre la nutrición y las funciones ejecutivas con especificaciones de cómo se da la relación en cada género.

Para llegar al objetivo principal de este estudio, se inicia una primera exploración de las relaciones entre variables dependientes (puntajes de las pruebas de funciones ejecutivas) e independientes (valores antropométricos y bioquímicos). Lo mismo se realizó con las variables confusoras como son los indicadores sociodemográficos y escolares.

De manera general, esta primera exploración nos indica asociaciones bajas y significativas entre variables antropométricas (la talla medida en los dos momentos, el Peso Inicial y la Diferencia de Peso) y variables bioquímicas como Zinc Inicial y la Hemoglobina Final y determinadas Funciones Ejecutivas como la Flexibilidad Cognitiva, el Control Inhibitorio y la Memoria de Trabajo Espacial. Las pruebas que no se asociaron con variables nutricionales fueron el índice de Memoria de Trabajo del WISC IV, la prueba de Capacidad de Memoria Espacial y la prueba de Memoria de Trabajo Espacial- Estrategia del CANTAB. Las pruebas que miden la memoria de trabajo, según la revisión de Blankenship 1938 (en Texeira et al. 2011), miden la habilidad para retener un número de unidades ya sea dígitos, letras, palabras, sonidos, en un momento de atención y de evocarlas en el mismo orden o de manera inversa. La diferencia entre ellas es que según el modelo de Baddeley y Hitch el componente ejecutivo del Índice de Memoria de Trabajo del WISC IV manejan información relacionada al subsistema fonológico que recibe información por en canal auditivo mientras que la prueba de CANTAB retiene y manipula información visual y espacial. Entre los estudios que evalúan los efectos de la nutrición en

pruebas de memoria de dígitos como la utilizada en este estudio existen algunos que han encontrado la relación entre variables nutricionales y pruebas de memoria de dígitos o memoria a corto plazo. Todas varían en las edades en que los niños recibieron el suplemento y en las que fueron evaluados. Sin embargo, en estudios de grupos de edad similares y que hayan recibido una suplementación en la infancia se encuentra el seguimiento de Guatemala INCAP que encontró cierto grado de explicación de la variable talla para edad en pruebas de memoria a corto plazo en niños que consumieron un suplemento de calorías o proteínas (Di Girolamo, 2020)

Con respecto a las variables antropométricas, ambas, la Talla/Edad y Peso/Edad Inicial se relacionan con las pruebas de Flexibilidad Cognitiva y Control Inhibitorio y Memoria de Trabajo Espacial. Solo la Talla/Edad Final se correlaciona con la prueba de Memoria de Trabajo-12 Cajas. Por otro lado, dentro de las asociaciones con pruebas bioquímicas la Hemoglobina Final y El Zinc se relacionan con pruebas de Memoria de Trabajo Espacial.

Estos resultados se utilizaron de base para construir los modelos de las regresiones de manera que podamos examinar qué indicadores nutricionales medidos en la infancia explican el rendimiento en pruebas de funciones ejecutivas en un grupo de adolescentes que participaron de un estudio de suplementación de micronutrientes durante los 6 meses empezando en el primer año de edad. En este sentido se construyeron modelos para las pruebas donde se encontraron asociaciones con variables antropométricas, es decir las pruebas de Flexibilidad Cognitiva, Control Inhibitorio y Memoria de Trabajo controlando por las variables sociodemográficas y escolares que tienen relación con las pruebas mencionadas.

Con respecto a las Flexibilidad Cognitiva y Control Inhibitorio los modelos de regresión no mostraron predictibilidad de los valores antropométricos en estas pruebas cuando se controla por características escolares tales como los años que el niño ha ido a la escuela o si repite o no de grado.

Por el contrario, la Talla/Edad Final si predice los resultados de las pruebas de Memoria de Trabajo Espacial- Errores Totales cuando se controla por variables confusoras. Esto coincide con gran parte de la evidencia, que propone que la talla para la edad es el valor antropométrico que más se ha relacionado de manera

significativa con el desarrollo cognitivo. Uno de ellos es el estudio de Girolamo et al. (2020) que a través de la revisión que hace de una cohorte en Guatemala evaluada primero en las edades de 3 a 7 años, el crecimiento físico en los primeros años de vida era un buen predictor del vocabulario y la memoria a corto plazo en mujeres y hombres. La evaluación de esta misma cohorte en edades posteriores asocia la talla para la edad medida durante los 3 primeros años de vida con habilidades de comprensión lectora, numeración, conocimientos generales y razonamiento perceptivo en la adolescencia. Estos hallazgos son similares a los de Haile et al. (2016) donde también demostró que un punto más en la medida de la talla para la edad puntaje z resultaba en un cambio de 2.11 en el puntaje de matemáticas. Crookston (2011) observó que un incremento de 1 desviación estándar en el índice antropométrico talla para la edad, se asocia con un incremento de 2.35 puntos en la prueba de lenguaje receptivo PPVT (Peabody Picture Vocabulary) y 0.16 puntos en una escala de evaluación del desarrollo cognitivo. A pesar que el indicador de talla para la edad, como un aspecto de la medición del crecimiento físico, muestra en algunos estudios ser predictor del desarrollo cognitivo, estudios longitudinales (Kowalski et al. 2018 en Prado et al 2019) indican que su efecto no es tan potente sobre este último resultado y esto puede deberse a que el crecimiento es un resultado dependiente de varios factores que también se relacionan entre sí. Prado (2019) menciona que el desarrollo puede mejorarse de otras maneras y no necesariamente con intervenciones que estén enfocadas a prevenir o mejorar el crecimiento físico. Incluso se ha probado que las intervenciones nutricionales tienen solo un tercio del efecto en el desarrollo cognitivo comparado con intervenciones dedicadas al cuidado y estimulación. Sin embargo, los estudios en mención no han dado una mayor evidencia de la predictibilidad de este indicador en habilidades de funciones superiores como para llegar a la conclusión de alguna asociación entre el crecimiento físico y las funciones ejecutivas.

En cuanto a los indicadores bioquímicos, este estudio encuentra los niveles de zinc predictores de las pruebas de memoria de trabajo espacial. Los estudios que examinan la relación entre el zinc y el funcionamiento cognitivo son inconcluyentes y el rol del zinc sobre el funcionamiento cognitivo posterior no está claro aún. Los estudios en animales nos enseñan que la deficiencia de zinc resulta en una actividad

reducida, pobre memoria y atención (Wharthon-Medina, 2015). Algunos estudios en niños, evidencian esta relación del zinc con la memoria a corto plazo (Black, 1998, Penland 2000). Wharthon Medina (2015) cita 3 ensayos clínicos donde se encuentran efectos ($P=0.006$). del suplemento de zinc en las funciones ejecutivas en niños de edad escolar. Al igual, en el estudio de Sandstead (2000) el grupo de niños que consumieron zinc tuvieron puntajes superiores en tareas que involucraron las funciones ejecutivas, memoria a corto plazo, percepción y motricidad fina. Coincidentemente, se encontró asociaciones positivas entre el consumo de zinc y la capacidad de memoria de dígitos tanto en niños como en mujeres adolescentes. A pesar de que ninguno de los estudios anteriores evalúa el efecto del zinc en el funcionamiento cognitivo a largo plazo, existen dos estudios que proporcionan alguna información de esta asociación en un grupo de escolares. En el primero suplementaron a los niños en edades tempranas, a los 4 a 6 meses de edad durante 6 meses (Pongchareon et al. 2011) y en el segundo entre los 12 y 35 meses de edad (Murray-Kolb et al. 2012). No encontraron efectos del zinc en pruebas de desarrollo cognitivo y solo un estudio incluía pruebas de funciones ejecutivas. El estudio de Sudfeld (2019) que evaluó la suplementación solo de zinc y también de micronutrientes, no encontró ningún tipo de interacción con los 3 dominios considerados en el estudio del desarrollo intelectual en el cual se incluían las funciones ejecutivas aun habiendo controlado por factores sociodemográficos.

Examinando los estudios previos, los hallazgos en nuestro estudio sobre la predictibilidad del zinc sobre las pruebas de memoria de trabajo espacial se sustentan en la evidencia que sugiere que zinc es una importante nutriente para la estructura y funcionamiento del cerebro ya que durante los primeros dos años de vida, periodo de rápido crecimiento del cerebro, la deficiencia de este nutriente puede alterar la conducta emocional, disminuir la actividad y perjudicar la memoria, atención y el aprendizaje (Gewa 2009). La memoria de trabajo espacial está asociada a zonas del cerebro como el hipocampo, donde se encuentran altas concentraciones de zinc. Por tanto, en etapas de rápido desarrollo esta zona se vuelve muy sensible a la falta de nutrientes como el zinc, imposibilitando el desarrollo adecuado de funciones cognitivas como la memoria de trabajo espacial, entre otras. Esto es muy importante a considerar en países en desarrollo, donde

existe el riesgo de altas prevalencias de deficiencia de hierro y zinc debido a la baja ingesta, la escasa biodisponibilidad en los alimentos complementarios y la introducción inoportuna de estos alimentos (Ponchgareon et al. 2011). Esta misma situación es la de nuestro país, el 78% de niños del estudio de seguimiento de esta cohorte reportaron deficiencia de zinc en el momento de ingresar al estudio (Zavaleta et al. 2011). Otros estudios encontraron altos porcentajes de bajos niveles de zinc. Por ejemplo, entre 44.8 y 63.1% en el estudio de Ponchgareon (2011).

Por lo tanto, los resultados sugieren que los niveles de zinc en un grupo de niños entre 6 a 11 meses pueden ser predictores de la memoria de trabajo espacial indicando que bajos niveles de este nutriente suponen un bajo rendimiento en la prueba (mayor número de errores). Este resultado sugiere lo que muchos autores como Pardo et al. (2014) han propuesto; que durante la fase temprana del desarrollo cerebral entre los 6 y 11 meses los niveles de zinc pueden ser críticos para el funcionamiento cognitivo posterior. Cabe mencionar que los niveles de zinc en el grupo de estudio no mejoraron después de la etapa de suplementación lo que podría estar asociado a la cantidad de zinc contenido en el suplemento, el cual no fue suficiente para mejorar el estado de zinc en la mayoría de los niños. Por otro lado, algunos estudios que evalúan el efecto del zinc en combinación con otros micronutrientes sobre el funcionamiento cognitivo demuestran que este tiene efectos positivos cuando se combina por ejemplo con hierro. Sin embargo los estudios del efecto de la ingesta de micronutrientes en etapas tempranas sobre el desarrollo cognitivo posterior son inconcluyentes.

La hemoglobina final también es un factor que predice las pruebas de memoria de trabajo espacial, sin embargo, la relación con los puntajes de esta prueba es positiva, insinuando que a más altos niveles de hemoglobina mayor cantidad de errores en la prueba de memoria de trabajo espacial. Este resultado, es contrario a nuestra hipótesis pues creíamos que niveles altos de hemoglobina en la infancia producirían menos errores en las pruebas de memoria de trabajo espacial. Esto puede ser consistente con el estudio de Murray-Kolb (2012) donde encuentra que los niños que fueron suplementados con hierro y ácido fólico entre los 12 y 18 meses tuvieron un rendimiento más bajo en pruebas de control inhibitorio que los niños que no recibieron estos nutrientes. Algo similar resultó en la cohorte de niños

chilenos en el estudio Lozoff (2012) donde los puntajes de memoria espacial e integración visomotora fueron menores en niños que recibieron una mayor alta dosis de hierro (12.7 mg/L) en comparación con los que recibieron una baja dosis de hierro (2.3 mg/L). Sin embargo, es necesario tomar estos resultados con mucha cautela e indagar las causas de una relación inversa entre estos dos aspectos.

Una de las grandes limitaciones de este estudio es que no tenemos información sobre el funcionamiento cognitivo de los participantes en la etapa infantil, por lo que no sabemos si es que los niveles de nutrientes evaluados están asociados a las funciones ejecutivas en etapas tempranas. Sin embargo, es importante mencionar que el estado de zinc de los niños en este estudio no mejora durante la etapa de intervención por lo que sería necesario analizar si el porcentaje de niños deficientes en estos nutrientes se recuperaron y como su estado nutricional estaría asociado a su rendimiento posterior en las pruebas de funciones ejecutivas.

A pesar que el presente estudio demuestra que la relación predictiva entre los niveles de zinc, la talla para la edad y la Memoria de Trabajo Espacial se mantiene a largo plazo, es necesario considerar que existen otras variables que podrían estar influyendo en los resultados de las funciones ejecutivas y que no se han tomado en cuenta en este análisis, por lo que no se puede concluir una relación causa-efecto. Esto último, conlleva a pensar que una variable que podría haberse considerado en el análisis es la edad de ingreso al estudio durante la infancia. Esto podría influir en el sentido que un inadecuado estado nutricional del niño puede influir negativamente en una serie de funciones del cerebro dependiendo del momento en que se da esta deficiencia.

Los resultados de este estudio aportan a los anteriores hallazgos y conocimiento que existe sobre la influencia a largo plazo de factores nutricionales en el desarrollo del funcionamiento cognitivo. Los estudios longitudinales que evalúan esta asociación muestran hallazgos contradictorios pues hay que tomar en cuenta que las deficiencias nutricionales coexisten con otros factores de riesgo del contexto que pueden contribuir o dificultar un adecuado desarrollo de las funciones cognitivas durante el ciclo de vida. Según diversos autores, el efecto que encontremos dependerá de la severidad del estado nutricional y de la etapa en la que esta se presenta así como de su duración. Este estudio, no ha evaluado la presencia de las

deficiencias de micronutrientes, ni tampoco la edad en la que esta se presenta. El presente estudio ha encontrado que el zinc y la talla pueden predecir resultados cognitivos posteriores durante la adolescencia cuando los controlamos por variables familiares. Complementar estos hallazgos para conocer el comportamiento de los grupos según las deficiencias nutricionales y cómo estas se relacionan al desarrollo de la cognición en etapas posteriores será una contribución a los estudios longitudinales sobre este tema.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio muestran que los niveles de zinc y la talla para la edad durante los primeros 18 meses de vida son predictores de las funciones ejecutivas específicamente de la memoria de trabajo espacial. A pesar que este estudio intenta identificar características del estado nutricional de niños en la etapa infantil que pueden explicar el rendimiento de la funciones ejecutivas a largo plazo, incluso controlando por variables sociodemográficas y escolares, existen vacíos entre la multifactorialidad de indicadores que se relacionan con la nutrición infantil y el desarrollo cognitivo y conductual en la etapa adolescente que el estudio no ha podido abarcar.

Los indicadores nutricionales del grupo de estudio en la etapa infantil entre los 6 y 11 meses muestran un valor promedio de hemoglobina considerado en el rango de anemia leve según la Resolución Ministerial No 250-2017 emitida por el Ministerio de Salud, valor que confirma la problemática del estado de anemia que sufren los niños peruanos en los primeros meses de vida a nivel nacional.

Entre los 12 y 18 meses de edad, al finalizar su participación en el programa de suplementación, el grupo de estudio muestra una mejora en los indicadores de hemoglobina más no en los de zinc. La explicación a esto puede deberse a la mejora en ingesta de nutrientes a través de la alimentación complementaria y/o efecto de la suplementación que combina hierro y zinc. Algunos estudios han demostrado que cuando se adiciona el zinc a un suplemento de hierro la respuesta en los indicadores de hemoglobina es mejor que cuando solo se suplementa con

hierro. En cuanto a los indicadores antropométricos, la talla para la edad incrementa entre el momento inicial y final de la participación en el estudio. Sin embargo el promedio de peso para la edad y índice de masa corporal disminuye.

Se observan diferencias por género en los puntajes de pruebas ejecutivas relacionadas a la memoria de trabajo; capacidad de memoria espacial y memoria de trabajo espacial. En ambos casos se muestra un mejor rendimiento en hombres que en mujeres, lo cual coincide con los hallazgos de otros estudios que han medido las diferencias por género en la memoria de trabajo.

Al examinar cuál de las variables antropométricas y bioquímicas explican el rendimiento en las funciones ejecutivas controlando por variables sociodemográficas, escolares y por sexo, los resultados muestran que tanto la talla para la edad, los niveles de zinc y el sexo predicen el rendimiento en las pruebas de memoria de trabajo. Las diferencias por sexo muestran un mejor rendimiento en los hombres en comparación con las mujeres.

La revisión de estudios da a conocer que los adolescentes que experimentan una mala nutrición en su infancia se convierten en un grupo en riesgo. La estructura cerebral que se va formando desde la niñez cumple un rol importante en cómo el cerebro responde a nuevos estímulos e información en el camino hacia la adultez. Por ende, es posible que la falta de nutrientes en la infancia influya de manera negativa en la estructura cerebral y maduración del cerebro adolescente impidiendo el desarrollo de funciones específicas relacionadas a ciertas áreas del cerebro, como lo son las funciones ejecutivas.

CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES

El desarrollo prolongado de las funciones ejecutivas y las estructuras cerebrales que lo subyacen durante la niñez y adolescencia provee de una

oportunidad de intervenciones orientadas a las funciones ejecutivas y los procesos de maduración relacionadas con estas. Como uno de los factores que influyen en este proceso está la nutrición y específicamente el hierro, el zinc, la vitamina B12, el omega-3 PUFAs, entre otros. Por esta razón, es importante brindar, para este grupo en riesgo, programas que brinden factores protectores y de resiliencia (por ejemplo contra la violencia familiar, o contra la contaminación ambiental) así como estrategias para mejorar su neurodesarrollo.

Las intervenciones para mejorar el desarrollo del niño como por ejemplo los basados en los Lineamientos de la Primera Infancia, están enfocadas a los primeros años de vida. Específicamente los programas orientados a mejorar la nutrición de los niños se enfocan en los primeros dos años debido a la gran evidencia que existe sobre la ventana de oportunidad en esta etapa y los resultados positivos de intervenir en los primeros años de vida. Sin embargo, la adolescencia es una etapa que podría representar también una ventana de oportunidad para mitigar factores adversos en la infancia y contrarrestar los efectos de una mala nutrición durante períodos críticos ya que la evidencia muestra que es una etapa importante de maduración cerebral. Debe garantizarse la continuidad de la atención, ofreciendo a los adolescentes un paquete de atención básico (nutrición, salud mental y recreación), que les permita nuevas oportunidades para su desarrollo integral.

Otro punto importante para mencionar se refiere a los efectos que podría tener el zinc en las funciones ejecutivas, procesos mentales que son críticos e importantes para el rendimiento escolar y la productividad en la adultez. Las intervenciones con micronutrientes en el país consisten en la provisión de programas de suplementación de hierro, vitamina A y zinc para las niñas y niños menores de 2 años de edad como estrategia preventiva contra la anemia o deficiencia de hierro. Sin embargo, se necesitan esfuerzos y estrategias para disminuir también las altas prevalencias de zinc, sobre todo en etapas críticas del desarrollo donde se demuestra, a través de este estudio, que puede predecir ciertas funciones cognitivas que finalmente influyen en su rendimiento escolar y conducta en la adultez.

Referencias Bibliográficas

- Alarcon, K., Kolsteren, P. W., Prada, A. M., Chian, A. M., Velarde, R. E., Pecho, I. L., & Hoeree, T. F. (2004). Effects of separate delivery of zinc or zinc and vitamin A on hemoglobin response, growth, and diarrhea in young Peruvian children receiving iron therapy for anemia. *The American journal of clinical nutrition*, *80*(5), 1276-1282.
- Algarín, C., Peirano, P., Garrido, M., Pizarro, F., & Lozoff, B. (2003). Iron deficiency anemia in infancy: long-lasting effects on auditory and visual system functioning. *Pediatric research*, *53*(2), 217–223. <https://doi.org/10.1203/01.PDR.0000047657.23156.55>
- Asato, M. R., Terwilliger, R., Woo, J., & Luna, B. (2010). White matter development in adolescence: a DTI study. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, *20*(9), 2122–2131. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp282>
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, *81*(6), 1641-1660.
- Berthelsen, D., Hayes, N., White, S. L. J., & Williams, K. E. (2017). Executive Function in Adolescence: Associations with Child and Family Risk Factors and Self-Regulation in Early Childhood. *Frontiers in psychology*, *8*, 903. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00903>
- Burden, M. J., Westerlund, A. J., Armony-Sivan, R., Nelson, C. A., Jacobson, S. W., Lozoff, B., Angelilli, M. L., & Jacobson, J. L. (2007). An event-related potential study of attention and recognition memory in infants with iron-deficiency anemia. *Pediatrics*, *120*(2), e336–e345. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-2525>
- Black M. M. (2003). The evidence linking zinc deficiency with children's cognitive and motor functioning. *The Journal of nutrition*, *133*(5 Suppl 1), 1473S–6S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1473S>
- Black, M. M., Walker, S. P., Fernald, L. C., Andersen, C. T., DiGirolamo, A. M., Lu, C., ... & Lancet Early Childhood Development Series Steering Committee. (2017). Early childhood development coming of age: science through the life course. *The Lancet*, *389*(10064), 77-90.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, *78*(2), 647–663. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.>
- Blakemore, S. J., Burnett, S., & Dahl, R. E. (2010). The role of puberty in the developing adolescent brain. *Human brain mapping*, *31*(6), 926–933. <https://doi.org/10.1002/hbm.21052>
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, *26*(2), 571–593. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3

- Bryan, J., Osendarp, S., Hughes, D., Calvaresi, E., Baghurst, K., & van Klinken, J. W. (2004). Nutrients for cognitive development in school-aged children. *Nutrition reviews*, 62(8), 295–306. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2004.tb00055.x>
- Carter, R. C., Jacobson, J. L., Burden, M. J., Armony-Sivan, R., Dodge, N. C., Angelilli, M. L., Lozoff, B., & Jacobson, S. W. (2010). Iron deficiency anemia and cognitive function in infancy. *Pediatrics*, 126(2), e427–e434. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-2097>
- Chang, S., Wang, L., Wang, Y., Brouwer, I. D., Kok, F. J., Lozoff, B., & Chen, C. (2011). Iron-deficiency anemia in infancy and social emotional development in preschool-aged Chinese children. *Pediatrics*, 127(4), e927–e933. <https://doi.org/10.1542/peds.2010->
- Congdon, E. L., Westerlund, A., Algarin, C. R., Peirano, P. D., Gregas, M., Lozoff, B., & Nelson, C. A. (2012). Iron deficiency in infancy is associated with altered neural correlates of recognition memory at 10 years. 160(6), 1027-1033. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022347611012613>.
- Costello, S. E., Geiser, E., & Schneider, N. (2021). Nutrients for executive function development and related brain connectivity in school-aged children. *Nutrition reviews*, 79(12), 1293–1306. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa134>
- Crookston, B. T., Dearden, K. A., Alder, S. C., Porucznik, C. A., Stanford, J. B., Merrill, R. M., Dickerson, T. T., & Penny, M. E. (2011). Impact of early and concurrent stunting on cognition. *Maternal & child nutrition*, 7(4), 397–409. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2010.00255>
- Decreto Supremo N.º 250-2017-MINSA. Normas Legales (12 de abril de 2017). Diario Oficial El Peruano, 18 de abril de 2017.
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- DiGirolamo, A. M., Ochaeta, L., & Flores, R. M. M. (2020). Early childhood nutrition and cognitive functioning in childhood and adolescence. *Food and nutrition bulletin*, 41(1_suppl), S31-S40.
- Engle, P. L., Fernald, L. C., Alderman, H., Behrman, J., O'Gara, C., Yousafzai, A., de Mello, M. C., Hidrobo, M., Ulkuer, N., Ertem, I., Iltus, S., & Global Child Development Steering Group (2011). Strategies for reducing inequalities and improving developmental outcomes for young children in low-income and middle-income countries. *Lancet (London, England)*, 378(9799), 1339–1353. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60889-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60889-1)
- Fernald, L. C., Kariger, P., Engle, P., & Raikes, A. (2009). Examining early child development in low-income countries.
- Flavell, J. H., Green, F. L., & Flavell, E. R. (1993). Children's understanding of the stream of consciousness. *Child development*, 64(2), 387–398.

- Galler, J. R., Koethe, J. R., & Yolken, R. H. (2017). Neurodevelopment: the impact of nutrition and inflammation during adolescence in low-resource settings. *Pediatrics*, 139(Supplement_1), S72-S84.
- Georgieff M. K. (2007). Nutrition and the developing brain: nutrient priorities and measurement. *The American journal of clinical nutrition*, 85(2), 614S–620S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.2.614S>
- Gewa, C., Weiss, R., Bwibo, N., Whaley, S., Sigman, M., Murphy, S., . . . Neumann, C. (2009). Dietary micronutrients are associated with higher cognitive function gains among primary school children in rural Kenya. *British Journal of Nutrition*, 101(9), 1378-1387. doi:10.1017/S0007114508066804
- Grantham-McGregor, S., Cheung, Y. B., Cueto, S., Glewwe, P., Richter, L., Strupp, B., & International Child Development Steering Group. (2007). Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries. *The lancet*, 369(9555), 60-70.
- Haile, D., Nigatu, D., Gashaw, K., & Demelash, H. (2016). Height for age z score and cognitive function are associated with Academic performance among school children aged 8–11 years old. *Archives of Public Health*, 74(1), 1-7.
- Heckman, J. J. (2008). The case for investing in disadvantaged young children. *CESifo DICE Report*, 6(2), 3-8.
- Hernández, J. L. C., & Cuevas, R. Z. (2004). Valoración del estado nutricional. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 4(2), 29-35.
- Hoddinott, J., Behrman, J. R., Maluccio, J. A., Melgar, P., Quisumbing, A. R., Ramirez-Zea, M., Stein, A. D., Yount, K. M., &
- Martorell, R. (2013). Adult consequences of growth failure in early childhood. *The American journal of clinical nutrition*, 98(5), 1170–1178. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.064584>
- MIDIS (2016). Lineamientos Primero la Infancia. Lima: Ministerio de desarrollo e inclusión social. Recuperado de: <http://www.midis.gob.pe/index.php/lineamientos-primero-la-infancia/>
- Murray-Kolb, L. E., Khatry, S. K., Katz, J., Schaefer, B. A., Cole, P. M., LeClerq, S. C., ... & Christian, P. (2012). Preschool micronutrient supplementation effects on intellectual and motor function in school-aged Nepalese children. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 166(5), 404-410.
- Hughes, C. (2013). Executive function. *Neural Circuit development and function in the brain*. California: Elsevier, 429-45.
- Koshy, B., Srinivasan, M., Zachariah, S. M., Karthikeyan, A. S., Roshan, R., Bose, A., Mohan, V. R., John, S., Ramanujam, K., Muliyl, J., & Kang, G. (2020). Body iron and lead status in early childhood and its effects on development and cognition: a longitudinal study from urban Vellore. *Public health nutrition*, 23(11), 1896–1906. <https://doi.org/10.1017/S1368980019004622>

- Leroy, J. L., & Frongillo, E. A. (2019). Perspective: What Does Stunting Really Mean? A Critical Review of the Evidence. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, *10*(2), 196–204. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy101>
- Lozoff, B., Jimenez, E., Hagen, J., Mollen, E., & Wolf, A. W. (2000). Poorer behavioral and developmental outcome more than 10 years after treatment for iron deficiency in infancy. *Pediatrics*, *105*(4), E51. <https://doi.org/10.1542/peds.105.4.e51>
- Lozoff, B., Jimenez, E., & Smith, J. B. (2006). Double burden of iron deficiency in infancy and low socioeconomic status: a longitudinal analysis of cognitive test scores to age 19 years. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *160*(11), 1108–1113. <https://doi.org/10.1001/archpedi.160.11.1108>
- Lozoff, B., Castillo, M., Clark, K. M., & Smith, J. B. (2012). Iron-fortified vs low-iron infant formula: developmental outcome at 10 years. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, *166*(3), 208–215. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.197>.
- Luciana, M., & Nelson, C. A. (2002). Assessment of neuropsychological function through use of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery: performance in 4- to 12-year-old children. *Developmental neuropsychology*, *22*(3), 595–624. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2203_3
- Luna Hernández, J. A., Hernández Arteaga, I., Rojas Zapata, A. F., & Cadena Chala, M. C. (2018). Estado nutricional y neurodesarrollo en la primera infancia. *Revista Cubana de Salud Pública*, *44*, 169-185.
- Lukowski, A. F., Koss, M., Burden, M. J., Jonides, J., Nelson, C. A., Kaciroti, N., Jimenez, E., & Lozoff, B. (2010). Iron deficiency in infancy and neurocognitive functioning at 19 years: evidence of long-term deficits in executive function and recognition memory. *Nutritional neuroscience*, *13*(2), 54–70. <https://doi.org/10.1179/147683010X12611460763689>
- Maret, W., & Sandstead, H. H. (2006). Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, *20*(1), 3–18. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2006.01.006>
- Martinez, A., & Soto H. (2012). Programas para el cuidado y el desarrollo infantil temprano en los países del sistema de la integración centroamericana (SICA) de su configuración actual a su implementación óptima. Naciones Unidas.
- Martorell, R., Horta, B. L., Adair, L. S., Stein, A. D., Richter, L., Fall, C. H., Bhargava, S. K., Biswas, S. K., Perez, L., Barros, F. C., Victora, C. G., & Consortium on Health Orientated Research in Transitional Societies Group (2010). Weight gain in the first two years of life is an important predictor of schooling outcomes in pooled analyses from five birth cohorts from low- and middle-income countries. *The Journal of nutrition*, *140*(2), 348–354. <https://doi.org/10.3945/jn.109.112300>

- Maxfield, L., Shukla, S., & Crane, J. S. (2021). Zinc deficiency. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
- Morgan, K. E. (2015). The cognitive effects of chronic malnutrition and environment on working memory and executive function in children.
- Myers, R. G., Martínez, A., Delgado, M. A., Fernández, J. L., & Martínez, A. (2013). Desarrollo infantil temprano en México: diagnóstico y recomendaciones. *BID*
- Nyaradi, A., Li, J., Hickling, S., Foster, J., & Oddy, W. H. (2013). The role of nutrition in children's neurocognitive development, from pregnancy through childhood. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 97. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00097>
- OMS (2021) Malnutrition. En https://www.who.int/health-topics/malnutrition#tab=tab_1
- Penland, J. G. (2000). Behavioral data and methodology issues in studies of zinc nutrition in humans. *The Journal of nutrition*, 130(2), 361S-364S.
- Pongcharoen, T., DiGirolamo, A. M., Ramakrishnan, U., Winichagoon, P., Flores, R., & Martorell, R. (2011). Long-term effects of iron and zinc supplementation during infancy on cognitive function at 9 y of age in northeast Thai children: a follow-up study. *The American journal of clinical nutrition*, 93(3), 636–643. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.002220>.
- Prado, E. L., & Dewey, K. G. (2014). Nutrition and brain development in early life. *Nutrition reviews*, 72(4), 267–284. <https://doi.org/10.1111/nure.12102>
- Prado, E. L., Shankar, A. H., Stein, A. D., & Larson, L. M. (2019). Does Improved Growth Mean Improved Neurobehavioral Development?. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 10(4), 725–726. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy126>
- Qiao, L., Xu, M., Luo, X., Zhang, L., Li, H., & Chen, A. (2020). Flexible adjustment of the effective connectivity between the fronto-parietal and visual regions supports cognitive flexibility. *Neuroimage*, 220, 117158.
- Sandstead, H. H., Penland, J. G., Alcock, N. W., Dayal, H. H., Chen, X. C., Li, J. S., ... & Yang, J. J. (1998). Effects of repletion with zinc and other micronutrients on neuropsychologic performance and growth of Chinese children. *The*
- Sandstead, H. H. (2000). Causes of iron and zinc deficiencies and their effects on brain. *The Journal of nutrition*, 130(2), 347S-349S. *American journal of clinical nutrition*, 68(2), 470S-475S.
- Scientific Council, N. (2014). Excessive stress disrupts the development of brain architecture. *Journal of Children's Services*, 9(2), 143-153.
- Shonkoff, J. P., Phillips, D. A., & National Research Council. (2000). The developing brain. In *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development*. National Academies Press (US).
- Shonkoff, J. P. (2007). A science based framework for early childhood policy. *Center on the Developing Child Harvard University*.

- Sudfeld, C. R., Manji, K. P., Darling, A. M., Kisenge, R., Kvestad, I., Hysing, M., ... & Fawzi, W. W. (2019). Effect of antenatal and infant micronutrient supplementation on middle childhood and early adolescent development outcomes in Tanzania. *European journal of clinical nutrition*, 73(9), 1283-1290.
- Szajewska, H., Ruszczyński, M., & Chmielewska, A. (2010). Effects of iron supplementation in nonanemic pregnant women, infants, and young children on the mental performance and psychomotor development of children: a systematic review of randomized controlled trials. 91(6), 1684-1690. Obtenido de <http://ajcn.nutrition.org/content/91/6/1684.short>
- Victora, C. G., Adair, L., Fall, C., Hallal, P. C., Martorell, R., Richter, L., Sachdev, H. S., & Maternal and Child Undernutrition Study Group (2008). Maternal and child undernutrition: consequences for adult health and human capital. *Lancet (London, England)*, 371(9609), 340–357. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61692-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61692-4)
- Voyer, D., Voyer, S. D., & Saint-Aubin, J. (2017). Sex differences in visual-spatial working memory: A meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 24(2), 307-334.
- Walker, S. P., Chang, S. M., Powell, C. A., & Grantham-McGregor, S. M. (2005). Effects of early childhood psychosocial stimulation and nutritional supplementation on cognition and education in growth-stunted Jamaican children: prospective cohort study. 366(9499), 1804-1807. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673605675745>
- Walker, S. P., Chang, S. M., Powell, C. A., Simonoff, E., & Grantham-McGregor, S. M. (2007). Early Childhood Stunting Is Associated with Poor Psychological Functioning in Late Adolescence and Effects Are Reduced by Psychosocial Stimulation. 137(11), 2464-2469. Obtenido de <http://jn.nutrition.org/content/137/11/2464>
- Wechsler, D. (2007). WISC-IV: Escala Wechsler de Inteligencia para Niños-IV: Manual técnico. México D.F.: El Manual Moderno.
- Warthon-Medina, M., Moran, V. H., Stammers, A. L., Dillon, S., Qualter, P., Nissensohn, M., ... & Lowe, N. M. (2015). Zinc intake, status and indices of cognitive function in adults and children: a systematic review and meta-analysis. *European journal of clinical nutrition*, 69(6), 649-661.
- World Health Organization (WHO). WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. Methods and development. Ginebra: 2006. Disponible en: http://www.who.int/childgrowth/standards/technical_report/en/index.html
- Yang, S., Tilling, K., Martin, R., Davies, N., Ben-Shlomo, Y., & Kramer, M. S. (2011). Pre-natal and post-natal growth trajectories and childhood cognitive ability and mental health. 40(5), 1215-1226. Obtenido de <http://ije.oxfordjournals.org/content/40/5/1215>

Zavaleta, N., Kvistgaard, A. S., Graverholt, G., Respicio, G., Guija, H., Valencia, N., & Lönnerdal, B. (2011). Efficacy of an MFGM-enriched complementary food in diarrhea, anemia, and micronutrient status in infants. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 53(5), 561–568. <https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e318225cdaf>

Anexos

Anexo 1

Tabla I

Validez convergente entre el índice de memoria del WISC IV, los subtest que lo componen y las pruebas de memoria de trabajo del CANTAB

	WISC Retención de Dígitos	IV de Sucesión de Números y Letras	Índice de Memoria de Trabajo
Capacidad de Memoria Espacial			
Secuencia mas larga	.230**	.186**	.304**
Memoria de Trabajo Espacial			
Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 12 cajas	-.139**	-0.047	-.213**
Memoria de Trabajo Espacial Errores con 4 cajas	-.133**	-0.018	-.079
Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 6 cajas	-.049	-0.089	-.101*
Memoria de Trabajo Espacial-Errores con 8 cajas	-.170**	-0.087	-.179**
Memoria de Trabajo Espacial-Errores de 4 a 8 cajas	-.158**	-.100*	-.175**
Memoria de Trabajo Espacial Estrategia- Errores de 6 a 8 cajas	-.091	-.038	-.135**

*p<0.05, **p<0.01

Tabla II

Validez de criterio para las pruebas CANTAB según el puntaje del Índice Total del WISC IV.

	Índice Total WISC IV < 70)			Índice Total WISC IV > 109)			Contraste	
	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>DE</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>	<i>DE</i>	<i>U</i>	<i>p</i>
Test de Flexibilidad Cognitiva								
Incongruencia	43.57	15	42.28	33.61	19	27.07	120.00	.451
Latencia de reacción	529.00	15	112.65	471.55	19	56.47	99.50	.137
Costo Multitarea	128.53	15	148.52	115.66	19	66.65	145.50	.918
Total de Incorrectas	21.27	15	13.62	9.37	19	5.03	65.00	.006**
Capacidad de Memoria Espacial								
Secuencia más larga	6.07	14	1.33	7.84	19	1.07	225.50	.000**
Test de Control Inhibitorio								
Tiempo de reacción	297.84	15	72.06	243.11	19	47.56	71.00	.012*
Memoria de Trabajo Espacial								
Errores con 12 cajas	37.80	15	7.31	21.05	19	13.14	41.000	.000*
Errores con 4 cajas	0.93	15	1.03	0.47	19	1.07	100.00	.147
Errores con 6 cajas	5.33	15	4.03	3.26	19	2.88	97.50	.120
Errores con 8 cajas	11.53	15	4.78	4.73	19	5.51	47.50	.001**
Errores de 4 a 8 cajas	17.8	15	7.06	8.47	19	7.47	52.50	.001**
Estrategia Errores de 6 a 8 cajas	9.66	15	1.40	7.89	19	1.63	60.00	.003**

Tabla III

Correlaciones Spearman de las pruebas de Función Ejecutiva en la adolescencia y características sociodemográficas en la etapa infantil

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Flexibilidad Cognitiva -Total Incorrectas	190	15.11	12.08											
2	Capacidad Memoria Espacial-Secuencia mas larga	190	7.11	1.32	-,241**										
3	Control Inhibitorio- Tiempo de reacción	191	252.66	62.47	,303**	-,186**									
4	Memoria de Trabajo Espacial: Errores con 12 cajas	190	31.20	11.20	,233**	-,252**	,185**								
5	Memoria de Trabajo Espacial -Errores (4 - 8 cajas	190	13.41	7.51	,181**	-,284**	.073	,391**							
6	Memoria de Trabajo Espacial - Estrategia (6-8 cajas)	190	8.71	1.53	,184**	-,204**	,126*	,354**	,614**						
7	Memoria de trabajo WISC IV- Indice compuesto	190	90.31	11.28	-,183**	,289**	-,297**	-,221**	-,163*	-,129*					
8	Nº de horas madre fuera de la casa	32	5.88	3.77	-,345*	.052	-,250	-,465**	-,244	-,427**	-,025				

9	Estado civil de la Madre	192	2.33	0.83	-.058	.051	-.017	-,126*	-,141*	-.094	.006	,332*				
10	Educación de la madre (# años estudio)	192	10.83	2.22	-.098	.030	-.094	-.102	-.061	-.006	.062	,354*	,156*			
11	Educación de l padre (# años de estudio)	169	11.08	2.00	-.083	.008	-.084	-,146*	-.003	-.036	.046	.111	,144*	,510**		
12	N° de personas viven en casa	192	4.55	2.40	.067	-.048	.049	.089	.057	.012	.002	.016	-.050	.003	-.057	
13	N° de hermanos	192	0.84	1.05	.094	-.021	.092	.095	.001	-.011	.024	-,444**	,253**	-,163*	-.084	,163*

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

Tabla IV

Correlaciones Spearman de las pruebas de Función Ejecutiva en la adolescencia y resultados bioquímicos en la etapa infantil

		N	M	SD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Flexibilidad																
1	Cognitiva -Total Incorrectas	190	15.11	15.11													
	Capacidad Memoria																
2	Espacial-Secuencia mas larga	190	7.11	7.11	-,241**												
	Control																
3	Inhibitorio-Tiempo de reacción	191	252.6 6	252.66	,303**	-,186**											
	Memoria de Trabajo																
4	Espacial: Errores con 12 cajas	190	31.20	31.20	,233**	-,252**	,185**										

5	Memoria de Trabajo Espacial -Errores (4 - 8 cajas	190	13.41	13.41	,181**	-,284**	.073	,391**								
6	Memoria de Trabajo Espacial - Estrategia (6-8 cajas)	190	8.71	8.71	,184**	-,204**	,126*	,354**	,614**							
7	Memoria de trabajo WISC IV- Índice compuesto	190	90.31	90.31	-,183**	,289**	-,297**	-,221**	-,163*	-,129*						
8	Hemoglobina Inicial	192	10.48	10.48	-.064	-.029	.018	-.014	.033	-.025	.008					
9	Hemoglobina Final	192	11.00	11.00	.040	-.048	.118	,122*	,154*	.026	-,124*	,297**				
10	Zinc Inicial	191	0.60	0.60	.041	.086	-.081	-,158*	-,126*	-.088	-.014	.064	.000			
11	Zinc Final	191	0.57	0.57	.034	.033	-.014	-.086	-.065	-.028	-.001	-.087	.075	,362**		
12	Ferritina Inicial	181	28.70	28.70	,131*	-.058	.033	.117	.114	.092	-.045	.120	.008	-.062	-.093	
13	Ferritina Final	181	28.96	28.96	.081	.005	.053	.025	.064	.049	.032	.121	,218**	.100	.086	,359**

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

Tabla V

Correlaciones Spearman de las pruebas de Función Ejecutiva en la adolescencia y mediciones antropométricas en la etapa infantil

	N	M	SD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Flexibilidad																	
Cognitiva																	
-Total			12.0														
1 Incorrectas	190	15.11	8														
Capacidad																	
Memoria																	
Espacial-Se																	
cuencia mas																	
2 larga	190	7.11	1.32	-,241**													
Control			62.4														
3 Inhibitorio-Ti	191	252.66	7	,303**	-,186**												

	empo de reacción									
	Memoria de Trabajo Espacial: Errores con									
4	12 cajas	190	31.2	11.2	,233**	-,252**	,185**			
	Memoria de Trabajo Espacial -Errores (4 -									
5	8 cajas	190	13.41	7.51	,181**	-,284**	0.073	,391**		
	Memoria de Trabajo Espacial - Estrategia									
6	(6-8 cajas)	190	8.71	1.53	,184**	-,204**	,126*	,354**	,614**	
	Memoria de trabajo WISC IV- Indice		90.3	11.2				-,221*		
7	compuesto	190	1	8	-,183**	,289**	-,297**	*	-,163*	-,129*

	Peso Inicial																	
8	(Zscore)	192	8.83	0.94	-,165*	0.085	-.125*	-0.067	-,103	-0.054	0.084							
	Peso Final		10.0															
9	(Zscore)	191	7	1.09	0.073	-0.007	0.029	-0.113	-0.039	-0.002	0.005	0.03						
	Diferencia												-,650*					
10	de Peso	191	1.25	1.45	,134*	-0.082	0.039	-0.035	0.117	0.035	-0.035	*	,710**					
	Talla Inicial		68.6															
11	(Z score)	192	3	2.92	-,149°	0.083	-,132*	-0.026	-,120*	-,093	0.059	,688**	0.071	-,409**				
	Talla Final (Z																	
12	score)	191	75.7	2.83	0.01	0.017	-0.04	-,162*	-0.02	-0.018	0.025	0.086	,668**	,428**	,214**			
	Diferencia												-,479*					-,627*
13	de Talla	191	7.08	3.62	0.063	-0.072	0.003	-0.045	0.098	0.098	-0.04	*	,462**	,667**	*	,581**		
	IMC Inicial		18.7															
14		192	3	1.49	-0.098	0.024	-0.035	-0.024	-0.096	-0.015	0.05	,622**	2	-,450**	-0.103	-,139*	-0.007	
	IMC Final		17.5															
15		191	6	1.44	0.075	-0.05	0.07	-0.025	0.072	-0.018	-0.036	-0.069	,696**	,559**	-0.107	-0.031	0.082	0.04

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

Tabla VI

Correlaciones Spearman de las pruebas de Función Ejecutiva en la adolescencia y variables escolares en la etapa infantil

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
	Flexibilidad Cognitiva -Total Incorrectas											
2	Capacidad Memoria Espacial-Secuencia más larga	-,241**										
3	Control Inhibitorio-Tiempo de reacción	,303**	-,186**									
4	Memoria de Trabajo Espacial-Errores en 12 cajas	,233**	-,252**	,185**								
5	Memoria de Trabajo Espacial-Errores de 4 - 8 cajas	,181**	-,284**	.073	,391**							
6	Memoria de Trabajo Espacial - Estrategia de 6-8 cajas	,184**	-,204**	,126*	,354**	,614**						
7	Memoria de trabajo WISC IV- Indice compuesto	-.038	-.017	,121*	-.089	-.102	-.017					
8	Tipo de Colegio	.000	-.017	,121*	-.089	-.102	-.017	0.100				

9	Grado que Cursa	-,286**	.068	-.106	-.022	-.057	-.015	.112	,130*				
10	Años de escolaridad incluyendo pre-escolar	-,209**	.029	-.033	-.113	-,163*	-.111	.112	,148*	,678**			
11	Asistencia al pre-escolar	,140*	.020	.079	.015	.089	,133*	-.116	-.077	-.079	-,187**		
12	Años de asistencia al pre-escolar	-.032	-.020	.046	-.114	-,159*	-,122*	.060	.076	-.012	,695**	-,205**	
13	Repitencia de grado	-,176**	-,136*	-,141*	.015	-.028	-.034	.002	,148*	,583**	,469**	-.080	.073

Anexo 2

CUESTIONARIO ESCOLAR

Codigo		
Fecha	/ /	
Nombres	_____ (Apellido paterno) (Apellido materno) (Nombres)	
Nombre de IE donde estudia:	Particular	
	Estatat	
Grado que cursa (en los meses de vacaciones se anota el grado que completó)	Grado	
	Primaria	
	Secundaria	
Turno al que asiste	Mañana	
	Tarde	

Instrucciones: En este cuestionario te preguntaremos sobre tu escuela, cursos y otras actividades que realizas. Esta información no se la mostraremos ni a tus padres, ni a tu profesores o compañeros. Recuerda, no hay respuestas ni correctas ni incorrectas.

PARTE I: CUIDADOR PRINCIPAL

1	¿Quién es la persona responsable de cuidarte actualmente?	Mama	1
		Papa	2
		Abuela/o	3
		Tia/o	4
		Otros	5
2	¿Hace cuanto tiempo estas bajos el cuidado de el/ella? (ENCUESTADOR: anotar el tiempo en año y meses. Si es desde su nacimiento anotar la edad del niño)	Años	
		Meses	

PARTE 2: ESCOLARIDAD

3	¿Actualmente, cuantos años de estudios tienes? (Contabilizar años desde el pre-escolar si aplica)	Años	
4	¿Fuiste al pre-escolar? Si 4 es Si, preguntar 5	Si	1
		No	2
5	¿Cuantos años?	N° años	
6	¿Has repetido de grado? Si 5 es Si preguntar 7 y 8	Si	1
		No	2
7	¿Qué grado?	Grado	
8	¿Cuántas veces?	N° de veces	
5	¿Estas asistiendo a la escuela este año? (ENCUESTADOR: en el caso que el año haya terminado considerar el ultimo año)	Si	1
		No	2