



**UNIVERSIDAD
MAYOR**

**POSTGRADOS EDUCACIÓN
PROGRAMA NEUROCIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
TESINA FINAL**

**Incidencia de la actividad física en la mejora del desarrollo de
las funciones cognitivas en niños entre 7 y 10 años.**

TESINA PARA OPTAR AL GRADO
ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN
NEUROCIENCIAS EN LA EDUCACIÓN

Alumnos:

**Rubén Antonio Esquivel Retamal
Vanessa Stephanie Schroder Lucero**

2019

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
3. PROPÓSITO.....	6
4. FUNDAMENTACIÓN	8
5. RELEVANCIA	9
6. OBJETIVOS DE LA TESINA	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y PREGUNTAS SECUNDARIAS DE INVESTIGACIÓN	10
7. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	14
8. ESTADO DEL ARTE DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	17
8.1 DEFINICIÓN DE ACTIVIDAD FÍSICA	19
8.2 BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN LOS NIÑOS	23
8.3 CAMBIOS FISIOLÓGICOS QUE SE PRODUCEN POR LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA	25
8.4 CAMBIOS QUÍMICOS QUE SE PRODUCEN EN EL CEREBRO POR LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA.....	27
8.5 EFECTOS CELULARES Y MOLECULARES DE LA ACTIVIDAD FÍSICA.....	30
8.6 DESARROLLO COGNITIVO	33
8.7 DESARROLLO DE LAS FUNCIONES COGNITIVAS EN NIÑOS DE 7 A 10 AÑOS.	36
8.7.1 Funciones cognitivas básicas y superiores.....	38
8.7.2 Áreas cerebrales de las funciones cognitivas	41
8.7.3 Funciones ejecutivas	44
8.8 PRINCIPALES ESTRUCTURAS CEREBRALES QUE SE MODIFICAN POR LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA.....	49
8.9 FUNCIONES COGNITIVAS QUE SE MEJORAN PRODUCTO DE LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA	52
9. RESULTADOS	59
10. CONCLUSIONES.....	64
11. BIBLIOGRAFÍA	69

Resumen

Esta tesina es una revisión bibliográfica que pretende reflejar el estado del arte de la incidencia de la actividad física en la mejora del desarrollo de las funciones cognitivas en niños entre 7 y 10 años. Los primeros conceptos hacen alusión a la actividad física que favorece aquellos aspectos relacionados con la plasticidad neuronal, reflejándose beneficios tanto a nivel molecular como celular, además de los diversos efectos a nivel fisiológico en el organismo. Así mismo, se presentan diversos estudios que han relacionado la práctica de actividad física con la mejora en las funciones cognitivas, producto del aumento del volumen del hipocampo, estructura del cerebro fundamental para la memoria y el aprendizaje. Los estudios que se abordan en esta tesina se orientan fundamentalmente a explicar cómo la actividad física incrementa el rendimiento académico que está directamente relacionado con el desarrollo cognitivo. Se concluye describiendo las investigaciones más relevantes de acuerdo al tema en estudio, además de proponer las sugerencias para las comunidades educativas y recomendaciones para las comunidades científicas de nuestro país.

Palabras claves: niñez-actividad física-funciones cognitivas-memoria-hipocampo-rendimiento académico.

1. Introducción

En la actualidad se observa que en Chile la población en general es sedentaria, lo que conlleva a una consecuencia poco aceptable para el estado físico y la salud de las personas. Los factores principales se ven reflejados en uno macro que es la falta de promoción y/o el aprendizaje de forma pertinente de los hábitos de vida saludable en la población chilena. Así mismo, a consecuencia de ese factor macro, se pueden observar otros factores más específicos sobre el tema, y desde una mirada de la experiencia de los investigadores, son: cantidad de horas que se destinan en las escuelas a la clase de educación física, enseñanza y promoción de hábitos saludables por parte de la familia, motivación del individuo, poco conocimiento de los beneficios de realizar actividad física, entre otros. Para que estos factores lleguen en algún momento a disminuir, es relevante destacar la actuación que los profesores de educación física tienen en la misión formadora de hábitos saludables en sus estudiantes, de forma tal que la mayor parte de la población en Chile sea activa (Gutiérrez, 2014).

Para esta tesina, la importancia que tiene realizar actividad física es una parte fundamental e integral de los procesos educativos de los niños, pues favorece la estimulación y madurez de las funciones cognitivas como la memoria, el análisis de resultados, la percepción y la elaboración (Ministerio de Educación, 2011). Ahora bien, las funciones cognitivas son procesos mentales que permiten comprender y aprender la información del exterior, con el fin de relacionarse con el entorno. Este concepto es clave en el desarrollo de este trabajo de investigación, pues se busca desarrollar los conceptos asociados al objeto de estudio, de funciones cognitivas y actividad física, y la relación directa que pueda tener una variable frente a la otra. Es aquí donde nace la primera y más importante interrogante, ¿Tendrá incidencia relevante la realización de actividades físicas en el desarrollo o madurez de las funciones cognitivas de los niños?

Por otro lado, entre las investigaciones que se han llevado a cabo en este último tiempo sobre esta cuestión en particular, existe un estudio pionero sobre la trascendencia que tiene la realización de actividad física sobre los procesos cognitivo, entre otros estudios que ha realizado el experto Charles Hillman quien ha encabezado diversas investigaciones sobre actividad física y cognición desde el año 2000 en la Universidad de Illinois, en los Estados Unidos (Tuneu, 2015). En el estudio pionero, se analizó durante un año a 220 escolares de entre siete y nueve años a través de un programa de ejercicios que debían realizar después de clases. Los hallazgos fueron que estos niños maduraron sus capacidades cognitivas como la inhibición (la capacidad de resistir distracciones o hábitos para mantener la atención), la memoria de trabajo (mantener y manipular mentalmente la información) y la flexibilidad cognitiva (atender a más de una tarea).

En este escenario, se encuentra la importancia de realizar este proyecto de investigación, pues se desarrollarán los conceptos y presentaran nuevos hallazgos desde una mirada neurocientífica, con el fin de aportar al estado del saber de los interesados por este tema, teniendo implícito el objetivo que los Ministerios de Salud y de Educación, presenten nuevas políticas públicas o enriquezcan las existentes, para incentivar y enseñar a la población chilena a ser más activos y saludables, beneficiando no solo la salud, sino también mejorando las capacidades cognitivas, que ayudarán a que se obtengan mayores resultados de aprendizajes intelectuales.

Los investigadores de esta tesina, están directamente relacionados con la enseñanza de la educación física y la salud, es por esa razón que surge el interés de desarrollar el tema tratado, ya que, desde las prácticas, experiencias e investigaciones, se observa la poca motivación de la población chilena en realizar actividades físicas como un estilo de vida, aumentando así las personas con enfermedades relacionadas con la inactividad física; obesidad, sobrepeso, diabetes, hipertensión, etc. Es esta razón la más preocupante, por eso se pretende incentivar a que se realice actividad física por medio del conocimiento que se desarrollará en esta investigación, dando a conocer que no sólo trae beneficios positivos para la salud, sino que además fortalece, desarrolla y mejora las funciones cognitivas, que

son las encargadas de recibir la información, procesarla y almacenarla, con el fin de generar memoria y experiencias, para que el ser humano pueda adaptarse y relacionarse en cualquier contexto.

A continuación se presentará el problema clave que resolverá esta tesina con la finalidad de dar a conocer la matriz en la que se trabajará.

2. Problema que resolverá

La pregunta que busca resolver la presente propuesta de investigación es:

¿La actividad física tendrá incidencia en la mejora del desarrollo de las funciones cognitivas en niños de 7 a 10 años?

Seguidamente se presentarán los capítulos que responden las preguntas relevantes de esta investigación, como lo son; ¿para qué se realizará?, ¿Por qué es importante realizarla?, ¿A quién va dirigida? Estas preguntas corresponden al propósito, fundamentación y relevancia respectivamente.

3. Propósito

Esta tesina se realizará con el fin de generar evidencias sustentadas en los estudios neurocientíficos, relacionados con el impacto que tiene la actividad física en la mejora de las funciones cognitivas en niños de 7 a 10 años. En esta etapa escolar, la asignatura de educación física y salud cumple un rol fundamental para que los niños realicen actividad física; por ende, es importante dar a conocer a toda la comunidad interesada, que no sólo es importante para fortalecer el estado físico de los niños, sino también, para mejorar el desarrollo de las funciones cognitivas, beneficiando de esta forma un óptimo desarrollo cerebral.

Además, se pretende establecer recomendaciones y sugerencias para las autoridades de los establecimientos educacionales y los profesionales del área de la educación física, para que estos, elaboren estrategias que tengan por objetivo, fomentar la práctica de actividad física y la implementación de una educación física de calidad, con el fin de favorecer el desarrollo físico y cognitivo en los niños y niñas de la educación chilena.

Así mismo, mediante esta investigación se pretende que las autoridades del Ministerio de Educación de Chile y los responsables de diseñar las políticas públicas, cuenten con evidencias neurocientíficas para que puedan sustentar decisiones de mejoramiento en materias relacionadas, por ejemplo, con el aumento de las horas de educación física para todos los niveles de educación, desde pre- básica hasta educación media. Además, que se generen estrategias eficientes para que la población chilena sea más activa, teniendo como propósito que realicen algún tipo de deporte o ejercicio físico y esto sea trascendental para su vida, generando así un impacto positivo en el desarrollo y en el bienestar físico y mental de toda la población.

4. Fundamentación

Este proyecto de investigación se realizará porque los autores de ésta, consideran que es relevante que se conozcan los aportes neurocientíficos sobre el tema planteado, entregando una herramienta sistematizada y funcional de la información que hoy en día está disponible. El objetivo final es aportar al estado del saber de todas las autoridades y organismos de la comunidades educativas que estén comprometidos con el desarrollo integral de sus estudiantes, pues aquí se conocerán los efectos positivos que tiene la realización de actividad física continua, en el desarrollo y madurez de las funciones cognitivas en los niños y adolescentes.

Con esta tesina, habrá un aporte al estado del conocimiento sobre el tema de estudio, de acuerdo a las últimas investigaciones neurocientíficas, la actividad física estimula la liberación de sustancias químicas, como neurotransmisores y factores de crecimiento neuronal que favorecen el funcionamiento cerebral, por consiguiente, las funciones cognitivas. Cabe señalar, además, que de acuerdo a Chaddock y otros (2011), afirman que los beneficios neurocognitivos de un estilo de vida activo en la infancia tienen implicancias en la salud y en las capacidades cognitivas de los niños.

Mora (2015) afirma que el ejercicio aporta elementos fundamentales para el funcionamiento cerebral, porque produce un aumento de la frecuencia cardíaca y la irrigación sanguínea, lo que favorece el incremento relacionado al aporte de oxígeno y la glucosa en el cerebro. Además este autor señala que, la actividad física promueve la neuroplasticidad de algunas estructuras del cerebro y las funciones cognitivas, ya que, específicamente estudios en animales, demuestran un aumento de la neurogénesis y se liberan factores químicos que estimulan el crecimiento neuronal, en consecuencia, se producen efectos cognitivos beneficiosos.

Además se recrearán todos los conceptos involucrados en el desarrollo de este trabajo, con la finalidad de que sea autosustentable, y de fácil lectura para los interesados en su revisión.

Para finalizar, esta tesina se realizará porque, con los conocimientos que aporta, se podrán sustentar decisiones sobre posibles proyectos futuros que pueden liderar sobre todo profesionales de la educación física e interesados en construir una población más activa y sana, otorgándoles beneficios tanto a nivel físico como a nivel cerebral.

5. Relevancia

La realización de esta tesina tiene como principal público objetivo a los docentes de todas las asignaturas, a las autoridades de los establecimientos educacionales, y con mayor énfasis a los profesores de educación física, pues será una investigación que les permitirá tener de forma sencilla y accesible, las vinculaciones entre la actividad física y sus efectos positivos para mejorar el desarrollo de las funciones cognitivas en los niños, así también como los beneficios a nivel psicológico, físico y social que posee la realización de actividad física. También con esta información se podrían sustentar futuros proyectos escolares para toda la comunidad educativa, con el objetivo de enriquecer las prácticas metodológico-didácticas de los profesores de la asignatura de educación física, beneficiando el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Además, se pretende que los padres o los cuidadores responsables de los educandos se involucren con esta investigación, pues será de gran beneficio que ellos conozcan los efectos positivos que tiene la práctica regular de actividad física en el cerebro y las capacidades cognitivas en los niños, para que así, ellos puedan incentivar, apoyar y motivar a sus hijos para que se ejerciten y estudien de forma constante, pues de esta forma se obtendrá un desarrollo óptimo de las funciones cognitivas en los niños.

Finalmente esta investigación, va dirigida al Gobierno de la República de Chile a través de los Ministerios de Educación y Salud, pues son los entes responsables de implementar políticas públicas para contribuir a la calidad de vida y

salud de todos los ciudadanos. Y es por esta razón que estos entes deben estar informados sobre los últimos estudios neurocientíficos relacionados con la actividad física y sus efectos positivos en el desarrollo cognitivo en los niños.

6. Objetivos de la tesina

Los objetivos del trabajo de investigación dan el alineamiento de éste, dando así la coherencia del trabajo, es de suma importancia que usted como lector los lea detenidamente, comprendiendo cada uno de ellos para que así la lectura global sea más eficaz.

En este acápite se describe el objetivo general y los objetivos específicos con sus respectivas preguntas de investigación, tanto la principal como las secundarias que dan el origen de la información pertinente de esta investigación.

Objetivo General

Describir desde los aportes de la neurociencia, la incidencia de la práctica de actividad física en el mejoramiento del desarrollo de las funciones cognitivas en niños entre 7 y 10 años.

Objetivos específicos y preguntas secundarias de investigación

A continuación se presentará la tabla número uno que contiene los objetivos específicos de esta investigación, además de la pregunta principal, que da origen a las preguntas secundarias, y que son las que regirán los contenidos que serán trabajados.

Tabla 1: Objetivos específicos, preguntas principales y secundarias de investigación.

Objetivos específicos	Pregunta principal	Preguntas secundarias
<p>1. Desarrollar el concepto de actividad física y sus efectos generales en el cuerpo humano.</p>	<p>¿Cuál es el concepto de actividad física y cuáles son los efectos biológicos y psicológicos que produce la actividad física en el organismo?</p>	<p>¿Qué es actividad física? ¿Cuáles son las características de la actividad física? (tipo e intensidad). ¿Qué tipo de actividad física beneficia más la maduración de las funciones cognitivas? ¿Qué cambios fisiológicos se producen en el cuerpo humano por la práctica de actividad física? ¿Cuáles son los efectos físicos, psicológicos y sociales? ¿Qué beneficios produce la práctica de actividad física en niños? ¿Qué cambios químicos se producen en el cerebro por la práctica de actividad física? ¿Cuáles son los efectos celulares y moleculares que produce la actividad física en el organismo?</p>
<p>2. Exponer las principales características del</p>	<p>¿Cuáles son las características más relevantes de desarrollo</p>	<p>¿Qué es el desarrollo cognitivo? ¿Cuáles son las etapas del</p>

desarrollo cognitivo en niños entre 7 y 10 años.	cognitivo de los niños entre 7 y 10 años?	desarrollo cognitivo?
3. Describir las funciones cognitivas y ejecutivas del cerebro humano.	¿Cuáles son las funciones cognitivas y ejecutivas del cerebro humano?	<p>¿Qué son las funciones cognitivas?</p> <p>¿Cuáles son funciones cognitivas básicas y cuáles son las superiores?</p> <p>¿Qué son las funciones ejecutivas?</p> <p>¿En qué áreas cerebrales se encuentran las funciones ejecutivas?</p> <p>¿Cuál es la edad de maduración de las funciones ejecutivas?</p>
4. Describir las áreas cerebrales implicadas en las funciones cognitivas y ejecutivas.	¿Cuáles son las áreas relacionadas con las funciones cognitivas y ejecutivas?	<p>¿Qué son las áreas cerebrales?</p> <p>¿Cuáles son las áreas cerebrales implicadas en los procesos cognitivos?</p> <p>¿Cuáles son las funciones de las áreas cerebrales implicadas en las funciones cognitivas?</p> <p>¿Cuáles son las funciones de las áreas cerebrales implicadas en las funciones ejecutivas?</p> <p>¿En qué áreas cerebrales se</p>

		encuentran las funciones cognitivas?
5. Identificar las principales estructuras cerebrales que se modifican por la práctica de actividad física.	¿Cuál o cuáles son las principales estructuras cerebrales que se modifican por la práctica de actividad física?	¿Qué estructuras del cerebro se modifican por la práctica de actividad física? ¿Se modificará una estructura específica, directamente relacionada con la práctica de actividad física? ¿Cuáles son los cambios que se generan en la estructura modificada por la actividad física?
6. Establecer las funciones cognitivas que se mejoran por la práctica de actividad física.	¿Cuáles son las funciones cognitivas que se mejoran por la práctica de actividad física?	La actividad física ¿tendrá impacto en las funciones cognitivas? ¿Cuál es la importancia de la actividad física para la memoria y el aprendizaje?

Fuente: Elaboración propia.

7. Descripción de la metodología

Esta tesina es un proyecto de investigación, pues como lo postula Hernández, E. (2006) “(...) prevalece por sobre otras cosas la existencia de una intención cognoscitiva”. Así mismo, según el tipo de diseño que se utilizó en esta investigación fue de carácter científico descriptivo, pues se acudió a los documentos actualizados sobre los avances neurocientíficos que se han hallado hasta la actualidad, con el fin de investigar con mayor amplitud y precisión la incidencia que tiene la actividad física en el mejoramiento del desarrollo de las funciones cognitivas en niños de 7 a 10 años.

Cabe destacar que esta investigación descriptiva, bibliográfica, con procesamiento documental, se realizó en Santiago de Chile entre los meses de septiembre y noviembre del año dos mil dieciocho.

En otro aspecto, este proyecto de investigación utiliza el método científico teórico, dado que analiza la estructura teórico-conceptual del objeto de estudio lo que “(...) permite la construcción y desarrollo de la teoría científica, además de profundizar en el conocimiento de las regularidades y cualidades esenciales de los fenómenos” (Hernández, 2006).

En cuanto al método de recolección de la información, se buscó y seleccionó publicaciones, libros y revistas científicas de prestigio nacional e internacional que aporten al estado del saber de los investigadores. La búsqueda fue principalmente por la web, utilizando principalmente los buscadores académicos y científicos con más prestigio como lo son; *HighBeam Research*, *Science Research*, *Redalyc*, *Dialnet*, *Nature (International journal of science)*, *Frontiers in Psychology*, *NCBI (National Center for Biotechnology Information. EE.UU.)* y *SciELO* principalmente. Estos buscadores son una biblioteca virtual que integra artículos, citas de libros, investigaciones publicadas, revistas especializadas y académicas, entre otros documentos científicos que están previamente revisados y aceptados por científicos y académicos certificados.

Para realizar la búsqueda se utilizaron frases como: incidencia de la actividad física en las funciones cognitivas, beneficios de la actividad física en niños, actividad física y cerebro, actividad física y funciones cognitivas, entre otras.

Para la selección de la información se consideraron algunos factores excluyentes como año de publicación (que no fuese antes del año 2000), estudios científicos publicados en forma de resumen y/o comunicaciones cortas, que estuviesen escritos en otro idioma que no fuese español o inglés, que no tuviese autor u organización a cargo de la información publicada.

Luego de la búsqueda y selección de la información, se redactó el cuerpo de la tesina, desarrollando, describiendo y relacionando cada uno de los conceptos pertinentes para esta investigación, con el fin de entregar a los lectores información relevante, comprensible y utilizable para la comunidad docente y otras áreas que lo estimen conveniente.

Con el fin de planificar las actividades que se realizaron durante el desarrollo de ésta tesina, se elaboró previamente un cronograma que está organizado de la siguiente manera; en la filas (casillas horizontales) se observan la cantidad de semanas destinadas para la elaboración de este trabajo, y en las columnas (casillas verticales) están descritas las actividades que se desarrollaron (ver tabla 2).

Tabla 2: Cronograma de actividades

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Actividad									
1. Revisión del problema, objetivos y preguntas de investigación.									
2. Búsqueda de fuentes de información según criterios establecidos.									
3. Selección de información según criterios establecidos.									
4. Recopilación, presentación y análisis de información.									
5. Desarrollo de los contenidos de la tesina.									
6. Revisión de un experto									
7. Entrega tesina									

Fuente: elaboración propia.

La información que se trabajó durante el periodo que se comentó, se presenta en el capítulo siguiente. La importancia de la información que se presenta en esta tesina, es el sustento de esta investigación, pues entrega los elementos claves para conocer si la actividad física influye positivamente en el desarrollo de las funciones cognitivas de los niños.

8. Estado del arte del objeto de estudio

En este capítulo se trabajarán los conceptos relevantes que se desprenden del objetivo principal de este proyecto de investigación, con la finalidad de recoger la información disponible para aportar al estado del saber de los lectores interesados en aprender desde una mirada neurocientífica y psicológica, la incidencia de la actividad física sobre el mejoramiento de las funciones cognitivas en los niños.

Se presenta el listado de los contenidos, con el objetivo de presentar de manera ordenada y sistematizada la información que se trabajará en este acápite.

8.1 Definir actividad física.

8.1.1 Características de la actividad física.

8.1.1.1 Tipos.

8.1.1.2 Intensidad.

8.2 Beneficios de la actividad física en niños.

8.3 Cambios fisiológicos que se producen en el organismo por la práctica de actividad física.

8.4 Cambios químicos que se producen en el cerebro por la práctica de actividad física.

8.5 Efectos celulares y moleculares de la actividad física

8.6 Desarrollo cognitivo y sus etapas.

8.7 Desarrollo de las funciones cognitivas en niños de 7 a 10 años.

8.7.1 Funciones cognitivas básicas y superiores

8.7.2 Áreas y estructuras cerebrales de las funciones cognitivas

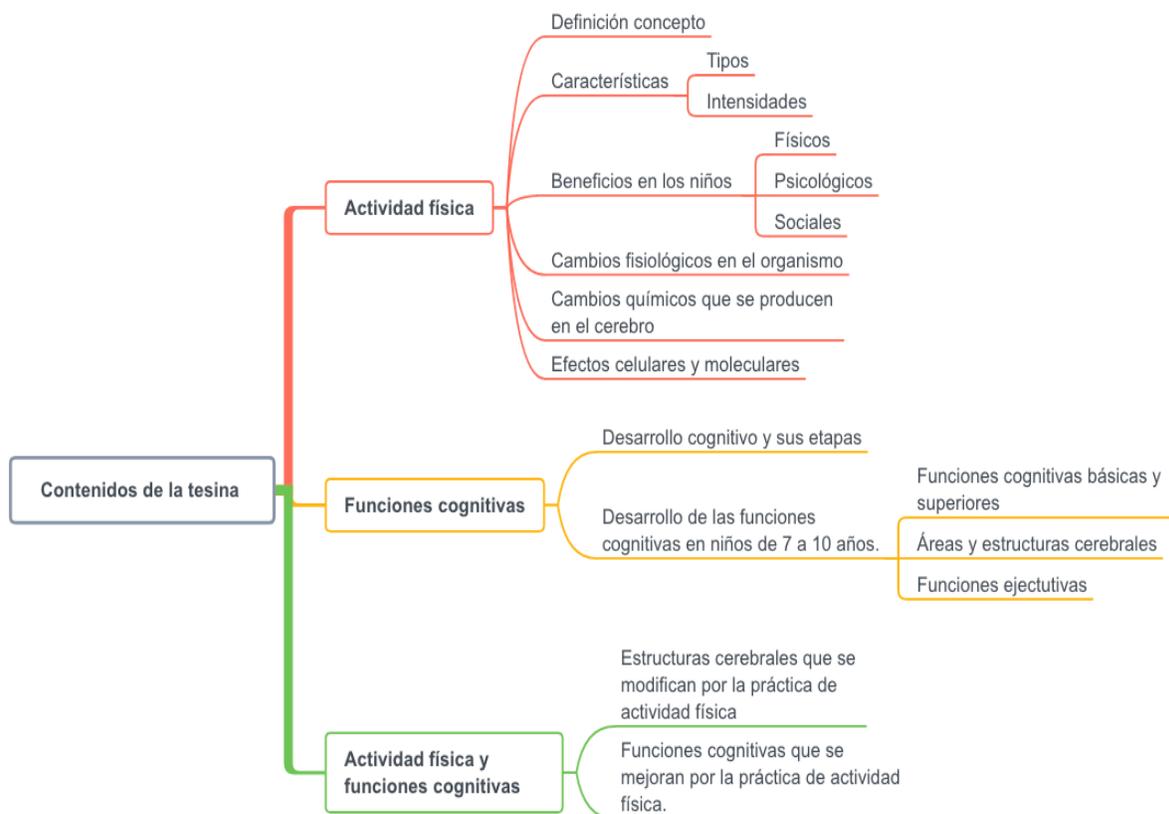
8.7.3 Funciones ejecutivas

8.8 Principales estructuras cerebrales que se modifican por la práctica de actividad física.

8.9 Funciones cognitivas que se mejoran producto de la práctica de actividad física.

Las vinculaciones entre los contenidos del listado precedente, se pueden visualizar en el esquema siguiente, donde las relaciones se han identificado con líneas, utilizando un esquema de árbol (Esquema 1).

Esquema 1: Temas a tratar en la tesina y su relación



Fuente: Elaboración propia.

8.1 Definición de actividad física

Actualmente, se han descubierto numerosos beneficios que tiene la práctica regular de actividad física tanto en niños como en adultos en pos de mejorar la calidad de vida.

La organización mundial de la salud (OMS, 2018), define actividad física como: “Cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía. Ello incluye las actividades realizadas al trabajar, jugar y viajar, las tareas domésticas y las actividades recreativas”.

De acuerdo a la Política Nacional de Actividad Física y Deporte 2016-2025, el Ministerio del Deporte del Gobierno de Chile, define actividad física como: “Cualquier acción corporal intencionada, orientada a satisfacer las necesidades de la vida diaria, laboral, social o lúdica, generando un gasto energético por sobre los requerimientos basales”.

Es importante señalar que, no se debe confundir actividad física con ejercicio físico, porque éste último se planifica, es estructurado, repetitivo y tiene como fin mejorar o mantener uno o más componentes del estado físico (OMS, 2018).

La actividad física no sólo incorpora la dimensión biológica, sino también la dimensión personal y socio-cultural, encontrándose en cualquier ámbito de la vida y se convierte en uno de los fenómenos sociales más destacados de la sociedad (Palou y otros, 2005).

Por todo esto, se puede señalar entonces que, la actividad física es una práctica que satisface las necesidades individuales y a su vez, contribuye al bienestar físico, social y mental de las personas.

8.1.1 Características de la actividad física

Se presentan a modo de características, dos elementos que son importantes a tener en consideración al momento de recomendar y realizar actividad física, pues como se verá a continuación, hay distintos tipos de actividades e intensidades que determinarán que el cuerpo y el cerebro se desarrollen, maduren o mejoren en ciertas funciones, órganos o estructuras.

8.1.1.1 Tipos de actividad física

Según *National heart, lung and blood institute (U.S. Department of health and human services)* (2013), existen cuatro tipos principales de actividad física: actividad aeróbica, actividades para el fortalecimiento de los músculos, actividades para el fortalecimiento de los huesos y los estiramientos, cuyas descripciones se presentan a continuación.

Actividad Aeróbica

Este tipo de actividad, es la más beneficiosa para el corazón y los pulmones, ya que, permite un mejor funcionamiento cardiopulmonar. Además se puede mencionar que, actúan los músculos grandes del cuerpo humano, como los brazos y las piernas. Dentro de las actividades aeróbicas se pueden señalar: correr, nadar, caminar, practicar bailes o danzas, practicar *mountain bike*, entre otras.

Actividades de fortalecimiento muscular

Este tipo de actividades, permiten mejorar la fuerza y resistencia muscular. Entre las actividades de fortalecimiento muscular se pueden mencionar: realizar flexiones de

brazos, ejecutar abdominales, realizar levantamiento de pesas, subir las escaleras, entre otras.

Actividades de fortalecimiento de los huesos

Las extremidades superiores e inferiores sostienen el peso del cuerpo y los músculos se encargan de ejercer presión contra los huesos. Esto facilita el fortalecimiento de los huesos, por ende, es importante realizar actividades como saltar la cuerda, levantar pesas, caminar y correr.

Estiramientos

Los estiramientos contribuyen en la mejora de la flexibilidad y la movilidad de las articulaciones. Se pueden mencionar las siguientes actividades: practicar yoga, realizar estiramientos laterales, entre otros.

8.1.1.2 Intensidad

De acuerdo al Programa de estudio para la educación básica del Ministerio de Educación del gobierno de Chile (2012), correspondiente a la asignatura de educación física, se establecen las siguientes definiciones para los tipos de intensidad que se indican:

“Intensidad moderada: Se refiere a la actividad física que genera un 60% o 70% de la frecuencia cardíaca máxima”.

“Intensidad vigorosa: Se refiere a toda actividad física que genera más de un 60% o 70% de la frecuencia cardiaca máxima, conlleva fatiga temprana y se percibe como de alto esfuerzo”.

La Organización mundial de la salud (2013), señala las siguientes actividades orientativas y que varían de una persona a otra:

Actividad física moderada (aproximadamente 3-6 MET)

- caminar ejecutando pasos rápidos;
- participar en juegos y deportes;
- realizar labores de jardinería;
- ejecutar tareas domésticas;

Actividad física intensa (aproximadamente > 6 MET)

- deportes y juegos de competencia (fútbol, básquetbol, vóleybol, entre otros)
- desplazarse de forma rápida utilizando la bicicleta;
- competir en natación;
- entre otras actividades.

Cabe señalar que un MET (equivalente metabólico), es una unidad de medida que se utiliza para expresar la intensidad de las actividades físicas. Un MET equivale a un consumo de 1 kcal/kg/h, por consiguiente, el consumo calórico es de unas tres a seis veces mayor (3-6 MET) cuando se ejecuta una actividad física moderada, y más de seis veces mayor (> 6 MET) cuando la actividad física es vigorosa.

8.2 Beneficios de la actividad física en los niños

La práctica de actividad física cumple un papel fundamental para el desarrollo físico, psicológico y social de las personas, tanto en niños como en adultos, pues es en la realización de ésta en donde se generan los cambios que son positivos para el correcto funcionamiento de todos los órganos y sistemas del cuerpo humano.

Según Gayón (2011), realizar actividad física aporta muchos beneficios a los niños, sobre todo en su etapa de crecimiento. A continuación se destacan los beneficios de realizar actividad física a nivel físico, psicológico y social.

A nivel físico

- Aumenta la capacidad cardio-respiratoria.
- Incrementa la fuerza muscular.
- Contribuye a mejorar la resistencia muscular.
- Mejora la flexibilidad.
- Desarrolla la coordinación de los movimientos.
- Ayuda a prevenir el sobrepeso y es un factor clave para el tratamiento de la obesidad infantil.

Cabe mencionar además que, para que la actividad física alcance los beneficios físicos en el organismo, la Organización Mundial de la Salud (2018), para niños y adolescentes de 5 a 17 años recomienda lo siguiente:

- Se debe practicar 60 minutos diarios de actividad física de carácter moderado o intenso.
- Sobre 60 minutos de actividad física, los beneficios son mayores para la salud.

- La actividad física diaria debería ser, en gran medida, de tipo aeróbica (cualquier tipo de movimiento en el cual, la cantidad de oxígeno que se requiera es igual a la que absorbe)
- Tres veces por semana, se deben incluir actividades para el fortalecimiento de los músculos y los huesos.

A nivel psicológico

- Mejora la autoestima.
- Contribuye a desarrollar la autonomía.
- Ayuda a disminuir los niveles de ansiedad y de estrés.
- Representa un medio de diversión y relajación.

A nivel social

- Vincula a la persona con otros al interior de los grupos.
- Desarrolla las habilidades sociales, mediante el trabajo en equipo.
- Promueve la integración y respeto entre sus pares.
- Contribuye a la inclusión social.
- Se desarrolla la cooperación y la solidaridad entre los pares.

Por todo lo mencionado en este punto, es de suma importancia que las familias y escuela, proporcionen a los estudiantes todas las posibilidades para que ellos practiquen a diario actividad física de cualquier tipo, pues así se estará estimulando los cambios fisiológicos en el cuerpo humano que se describen en el punto siguiente.

8.3 Cambios fisiológicos que se producen por la práctica de actividad física

Durante la práctica de actividad física, funcionan y participan todos los sistemas y órganos del cuerpo humano. Debido a esto, se producen diversas respuestas fisiológicas o cambios funcionales que se originan durante la realización del ejercicio y desaparecen de forma inmediata cuando finaliza. Cabe mencionar que, si la actividad física persiste tanto en frecuencia como duración durante un determinado tiempo, se producirán adaptaciones en los sistemas del organismo, lo que permitirá facilitar las respuestas fisiológicas cuando se practique nuevamente la actividad.

A continuación, se presenta una tabla (3), en la cual se describen los cambios fisiológicos que se producen en el organismo por la práctica de actividad física.

SOLO USO ACADÉMICO

Tabla 3: Cambios fisiológicos que produce la práctica de actividad física

<p>A nivel cardiovascular</p>	<p>Aumenta la cantidad de sangre movilizada por el corazón en un minuto.</p> <p>Se incrementa la producción de glóbulos rojos, permitiendo mayor captación de oxígeno.</p> <p>Se movilizan los depósitos de grasas lo que permite reducir los niveles de colesterol (LDL colesterol). Este tipo de colesterol (lipoproteína de baja intensidad), aumenta los riesgos de enfermedades del corazón y a nivel cerebral.</p> <p>Mejora la circulación periférica beneficiando a las zonas externas corporales (hipodermis).</p>
<p>A nivel respiratorio</p>	<p>Mayor volumen de ventilación y oxigenación de las bases pulmonares.</p> <p>Se mejora la mecánica de contracción de los músculos que participan en la respiración.</p>
<p>A nivel metabólico</p>	<p>Se regula la insulina (hormona encargada de regular los niveles de glucosa en la sangre).</p> <p>Mayor producción de HDL colesterol (lipoproteína de alta densidad que permite disminuir ataques al corazón y al cerebro).</p>
<p>A nivel articular</p>	<p>Se mejora la irrigación de las cápsulas articulares.</p> <p>Se aumenta la movilidad de las articulaciones, lo que permite mayor amplitud de los movimientos corporales.</p> <p>Se produce una regulación en la producción del líquido sinovial, encargado de lubricar las articulaciones.</p>
<p>A nivel muscular</p>	<p>Mayor cantidad en el reclutamiento de fibras para el desarrollo de las acciones musculares.</p> <p>Se reducen los depósitos de grasas a nivel intramuscular.</p>

Fuente: Elaboración propia, a partir de Cortés (2010).

Además de que la práctica regular de actividad física produce cambios en los distintos sistemas del cuerpo, produce además cambios a nivel cerebral. Y es precisamente a nivel cerebral en donde se presenta uno de las modificaciones más relevantes que se han estudiado actualmente por los neurocientíficos.

8.4 Cambios químicos que se producen en el cerebro por la práctica de actividad física

El autor McGovern (2005) postula que dentro de los principales cambios que ocurren producto de la práctica de actividad física, la estimulación en la producción de endorfinas es una de ellas, y se logran producir en aproximadamente treinta minutos desde el inicio de la actividad.

Las endorfinas se definen como un tipo neuropéptido endógeno, vale decir, son cadenas de aminoácidos que forman proteínas, elaboradas por el propio organismo. Estas sustancias químicas también son conocidas como opiáceos endógenos, ya que, tanto su composición química como su actuación es similar a los derivados del opio, entre ellos la heroína y la morfina (Castillero, 2016). Su liberación se produce en la glándula pituitaria (McGovern, 2005). Esta glándula, es una estructura cerebral que mediante la secreción de hormonas, permite regular el equilibrio del organismo (homeostasis), en procesos como el crecimiento, desarrollo madurativo, la sexualidad y el metabolismo (Castillero, 2016).

A continuación se presenta un esquema (2) explicativo sobre cómo funcionan las endorfinas en nuestro organismo.

Esquema 2: Función de las endorfinas



Fuente: Lobo (2014).

Cabe mencionar además que, Mora (2014) afirma que “el ejercicio promueve la función cardiovascular, al aumentar la irrigación sanguínea entregamos oxígeno y glucosa. Si sale a trotar, libera sustancias al cerebro, se generan endorfinas, fundamentales para el proceso de la memoria y aprendizaje y la regeneración neuronal”.

Otras de las sustancias químicas que se liberan por la práctica de actividad física, es el neurotransmisor llamado dopamina. Gratacós (2016), señala que “las neuronas dopaminérgicas localizadas en las regiones más internas del cerebro, es decir, en los ganglios basales, permiten la producción de los movimientos motores de las personas”. Este mismo autor afirma además que, si se realiza una actividad que resulte agradable, el cerebro libera dopamina de manera automática, permitiendo

experimentar una sensación de placer. Cabe destacar que, de acuerdo con Mora (2018) la dopamina participa en la activación de los mecanismos de atención, motivación y recompensa, lo que permite mejorar las capacidades de aprendizaje y memoria.

Es importante señalar que, al momento de comenzar la práctica de actividad física, la circulación sanguínea incrementa su velocidad, alterando el metabolismo del organismo, involucrando al cerebro el cual debe tomar medidas, producto del aumento de presión de sangre en el corazón. Debido a esto, se libera una proteína conocida como el factor neurotrófico derivado del cerebro (FNDC o BDNF) (Simpson, 2013). Este factor, tiene directa relación con la supervivencia de las neuronas y la plasticidad sináptica; así lo estipula Aguilera (2010).

El BDNF es una proteína que actúa como un neurotransmisor, es decir, es liberado de una célula hacia otra, permitiendo la comunicación entre distintas células (Gómez-Pinilla, 2010).

Sleiman y otros (2016), afirman que el ejercicio físico promueve la expresión del factor neurotrófico derivado del cerebro, ya que, mediante estudios en animales, compararon ratas que usaron una rueda en movimiento durante treinta días y ratas de control que no hicieron ejercicio físico. Este estudio permitió demostrar que los ratones en ejercicio físico aumentaron los niveles de BDNF en sus cerebros, no así las ratas de control.

Así mismo, existen otros factores hormonales y neurotróficos que potencian y protegen la actividad cerebral, como lo son la Hormona del crecimiento y el factor de crecimiento tipo insulina (IGF-I). Estos dos elementos se describirán con mayor detalle en el punto que se presenta enseguida sobre los efectos celulares y moleculares.

8.5 Efectos celulares y moleculares de la actividad física

Cuando se realiza actividad física, el cerebro es el encargado de coordinar todas las funciones corporales necesarias para que los músculos implicados funcionen correctamente (Torres, 2003). Esto significa que los efectos celulares y moleculares que genera el cuerpo humano, son principalmente obra de las conexiones entre las neuronas, y posteriormente, entre las neuronas y el otra célula del órgano efector el cual realiza la acción, como por ejemplo a nivel celular: aumentar la densidad de vasos sanguíneos, con esto aumenta el volumen de irrigación sanguínea, por ende mayor flujo sanguíneo en el cerebro y con ello el aporte de oxígeno y glucosa aumenta. (Mora, 2017).

En las últimas investigaciones realizadas, los investigadores han podido comprobar que la inactividad física es un factor de riesgo para el deterioro cognitivo, pues tal como se comentó en el punto anterior, observaron que gracias a la realización de actividad física hay un aumento en la síntesis de factores neurotróficos. Ahora bien, Mora (2017) postula que la actividad física tiene efectos tanto a nivel celular como molecular que a continuación se presentarán mediante una tabla (4) la clasificación y descripción de los efectos de la actividad física a nivel celular y molecular.

Tabla 4: Efectos celulares y moleculares de la actividad física

Efectos celulares	Efectos moleculares
<p>Aumenta la producción de nuevas neuronas (neurogénesis adulta) especialmente en hipocampo.</p> <p>Aumenta la densidad de vasos sanguíneos (angiogénesis).</p> <p>Favorece la plasticidad (capacidad del sistema nervioso para cambiar o moldearse), la potenciación a largo plazo (LTP) (es una intensificación duradera en la transmisión de señales entre las neuronas) y formación de nuevas conexiones (Sinaptogénesis).</p> <p>Induce proliferación de astrocitos (tipo de célula glial fundamentales para el funcionamiento del sistema nervioso)</p> <p>Disminuye procesos potencialmente dañinos como la inflamación.</p>	<p>A nivel molecular, los mediadores clave de los beneficios cognitivos de la actividad física son los factores de crecimiento neuronal o neurotrofinas:</p> <p>IGF-I (Factor de crecimiento tipo insulina) (Se especificará en el párrafo siguiente).</p> <p>BDNF (Factor neurotrófico derivado del cerebro).</p> <p>NGF (Factor de crecimiento neuronal)</p> <p>Son importantes moduladores de la plasticidad y supervivencia neuronal.</p> <p>Si estas tres moléculas se bloquean, los beneficios del ejercicio se atenúan o desaparecen.</p>

Fuente: Elaboración propia, a partir de Mora (2017).

Para detallar un poco más en profundidad los efectos moleculares que se obtienen mediante la actividad física, es necesario indagar en los estudios sobre la

fisiología del deporte. Los investigadores analizaron cómo se promovía el desarrollo muscular por las llamadas hormonas anabólicas, y observaron que “(...) el ejercicio estimula la liberación a la sangre de hormona de crecimiento (GH, de su nombre inglés *Growth Hormone*), que es la principal responsable del crecimiento del cuerpo”. Así lo destaca Eliakim, citado por Torres (2003). La GH a su vez hace que el hígado produzca un factor de crecimiento denominado IGF-I (de su nombre en inglés ‘*Insulinelike Growth Factor I*’). El IGF-I hace que el músculo crezca en tamaño, pero no sólo eso, sino que además ejerce efectos protectores sobre el cerebro, tanto así que si se impedía que el IGF-I funcionara, también se interrumpen los efectos del ejercicio sobre el cerebro. “Esto nos hizo considerar al IGF-I como un mensajero que utiliza el cuerpo para informar al cerebro de que se está produciendo una situación de ejercicio físico”. (Torres, 2003).

Para finalizar este tema, es importante destacar que todos los procesos fisiológicos que cambian en el cuerpo por la realización de actividad física son indispensables para que el organismo, permitiendo que funcione de la forma más óptima posible y a su vez, de acuerdo a las últimas investigaciones, el ejercicio físico puede ser capaz de potenciar y estimular el desarrollo cognitivo.

A continuación se desarrollará el concepto y etapas del desarrollo cognitivo a lo largo de la vida.

8.6 Desarrollo Cognitivo

Para comprender el concepto de desarrollo cognitivo, la autora Linares (2007), postula que es un proceso que conlleva transformaciones producidas en las características y capacidades del pensamiento a lo largo de la vida, especialmente durante la infancia hasta la adultez, y por el cual aumentan los conocimientos y habilidades para percibir, pensar y comprender, estos procesos lo realizan los seres humanos de forma voluntaria con la finalidad de adaptarse e integrarse a la sociedad.

Los estudiosos desde un enfoque psicológico, consideran que una de las teorías sobre el desarrollo cognitivo más importante y que ha permanecido durante muchos años, es la teoría postulada por famoso psicólogo suizo Jean Piaget, quien postula que es una “reorganización progresiva de los procesos mentales resultantes de la maduración biológica y la experiencia ambiental”. En consecuencia, él ayudó a comprender que los niños construyen una comprensión del mundo que les rodea, pero van modificando sus conocimientos a medida que van interactuando con el mundo que los rodea. Por estas razones Piaget consideraba que la infancia es una etapa vital para el desarrollo de la inteligencia y de los procesos mentales, pues es allí donde el niño adquiere la capacidad para razonar sobre su mundo.

Para Piaget, el ser humano a medida que va creciendo va entendiendo de distintas maneras el mundo que lo rodea, comienza comprendiendo de forma concreta, pero luego va desarrollando su pensamiento y cada vez es más complejo y abstracto. Para comprender mejor su teoría, él dividió la explicación del desarrollo cognitivo en cuatro etapas: la primera es la etapa sensorio-motora, en donde “(...) el niño se relaciona con el mundo a través de los sentidos y de la acción, pero, al término de esta será capaz de representar la realidad mentalmente”. La segunda etapa es la denominada pre-operacional, en la cual “(...) el niño demuestra una mayor habilidad para emplear símbolos, gestos, palabras, números e imágenes con los cuales representa las cosas reales del entorno”. La tercera etapa es de las operaciones

concretas, en la cual se puede observar que la mente del niño es cada vez menos rígida y más flexible, además “(...) comienza a utilizar las operaciones mentales y la lógica para reflexionar sobre hechos y los objetos de su ambiente. Al finalizar esta etapa ya no basa sus juicios en la apariencia de las cosas”. La cuarta y última etapa es la de operaciones formales en la que se genera la transición de un pensamiento lógico y real, a uno abierto a posibilidades de imaginar o hacer predicciones sobre hechos hipotéticos o futuros. “La capacidad para pensar de forma abstracta y reflexiva se adquieren durante esta etapa” (Linares, 2007).

En la página siguiente se presenta una tabla de las etapas del desarrollo cognitivo, la edad aproximada en que se presenta cada una, y las características más relevantes de esta.

SOLO USO ACADÉMICO

Tabla 5: Estadios de desarrollo cognitivo según Jean Piaget.

Estadio de desarrollo	Edad aproximada	Características relevantes
Etapa sensorio-motora	0 – 2 años	Conductas reflejas Manipulación de objetos. Uso de la imitación, la memoria y el pensamiento. Egocentrismo. Surgimiento de la función simbólica. Actividades dirigidas a metas.
Etapa pre-operacional	2 - 7 años	Desarrollo gradual del lenguaje y el pensamiento simbólico. Capacidad para pensar de forma lógica en operaciones unidireccionales. Pensamiento egocéntrico. Gradual evolución hacia la socialización.
Etapa operaciones concretas	7 – 11 años	Es capaz de resolver problemas concretos de manera lógica. Progresión de la sociabilización. Es capaz de clasificar y establecer series. Su pensamiento se circunscribe a los aspectos y características concretas del mundo que lo rodea.
Etapa operaciones formales	11 – 15 años en adelante	Es capaz de resolver problemas abstractos de manera lógica. Madurez del pensamiento científico. Desarrolla interés por temas sociales. Búsqueda de la identidad. Accede al raciocinio hipotético deductivo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Linares (2007).

El grupo seleccionado para este estudio se encuentra, según Piaget, en la etapa de las operaciones concretas, por lo que las capacidades cerebrales aún se basan en analizar sólo lo que logra percibir del mundo sin ir más allá de lo que se puede observar.

Para efectos de esta investigación, además se trabaja con el concepto de funciones cognitivas que se desarrollará con detalles en el apartado que se encuentra a continuación.

8.7 Desarrollo de las funciones cognitivas en niños de 7 a 10 años.

Para comprender qué son las funciones cognitivas se debe entender que parten desde el concepto de cognición, que según la OCDE (2007) “(...) se define como el conjunto de procesos mentales que permiten el procesamiento de la información y el desarrollo del conocimiento”, y precisamente a estos procesos se les denominan funciones cognitivas. Ahora bien, estas funciones se clasifican en dos, las básicas que son; la atención, la percepción y la memoria. Y por otro lado, las superiores que son; el lenguaje, la inteligencia, el pensamiento. En el capítulo siguiente se describirán cada uno de ellos.

En la siguiente tabla se presenta la escala de desarrollo neurocognitivo y el tiempo de maduración de las funciones cognitivas.

Tabla 6: Escala de desarrollo neurocognitivo

Escala de desarrollo Neurocognitivo	Tiempo
Recordar algunas representaciones simples (Memoria)	6 meses
Pueden mantener información en línea.	8 meses
Se inicia la capacidad para controlar la atención.	18 meses
Mantener y manipular la información.	2 años
Proceso de integración que permite arbitrar reglas que puedan entrar en conflicto y establecen autorregulación	4 años
Desarrollan las habilidades cognitivas que constituyen el núcleo de las funciones ejecutivas: Mantener, manipular, actualizar y adaptar.	5 años
Autorregulan sus comportamientos y conductas, pueden fijarse metas y anticiparse a los acontecimientos.	6- 8 años
Niveles de desarrollo neurocognitivo equiparables al adulto.	12 años
Desarrollo de la metacognición.	5 a 12 años
Se comienza a desarrollar la capacidad de planificación.	13 a 18 años
Consolidación de las funciones ejecutivas como elemento rector de los procesos cognitivos.	20 años
Mayor desarrollo bilateral de las funciones cognitivas.	Mayor de 30 años

Fuente: Elaboración propia, a partir de Maffet (2018).

El desarrollo de las funciones cognitivas se da en un orden cronológico aproximado como se presentó recientemente, pero se sabe hoy en día por los estudios más recientes de neurociencias, que se pueden estimular o potenciar (ayudando a su maduración) según las experiencias de cada individuo, estas son por ejemplo; la cantidad de ejercicio físico que realice, calidad de los alimentos que consume, cantidad de tiempo que le dedica a los estudios; lecturas, búsqueda de información, la capacidad para resolver problemas matemáticos, etc. y el tiempo que le dedica a crear cosas de su interés. Es por todo esto que es de suma importancia que los adultos responsables, sean estimuladores y facilitadores para ayudar a los niños a realizar óptimamente cada uno de los puntos recientemente expuestos. (OCDE, 2017).

Los niños de 7 a 10 años ya han desarrollado ciertas habilidades que les permiten tomar decisiones de lo que quieren o no realizar, regular su conducta y controlar sus acciones. Esta capacidad para autorregularse va directamente relacionada con el desarrollo de procesos cognitivos de orden superior, que sin duda alcanzan su máximo desarrollo por medio de los procesos cognitivos básicos y las funciones ejecutivas que serán expuestos en los siguiente puntos temáticos.

8.7.1 Funciones cognitivas básicas y superiores

Así como se mencionó en el capítulo anterior, las funciones cognitivas se pueden clasificar en dos grandes categorías, las básicas y las superiores. Las básicas se denominan así porque no son elementos cognitivos propios del ser humano, pues los animales también los poseen. Ahora bien, las funciones cognitivas que corresponden a la categoría de básicas son; la atención, la percepción y la memoria. Y en las funciones cognitivas superiores se encasilla; el lenguaje, el pensamiento y la inteligencia. Al contrario de la otra categoría, estas funciones ejecutivas sí son propias del cerebro humano.

La atención según las postulaciones del autor Echavarría (2013) es el proceso cognitivo básico responsable de establecer un orden de prioridades y de secuenciar temporalmente las respuestas más adecuadas para cada ocasión. Así pues, es un proceso voluntario que realiza el sistema nervioso dirigiendo las acciones complejas del cuerpo y del cerebro, realizando una acción de orientación-concentración de la mente hacia una tarea, e inhibiendo otras actividades competidoras o estímulos irrelevantes.

La percepción es un proceso cognitivo consciente en el cual se recoge información desde el medio externo e interno, generando reconocimiento, interpretación y significación del contexto en que se encuentra el sujeto, elaborando así juicios de las sensaciones que son obtenidas desde el ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos como lo son; el aprendizaje (la interpretación comienza desde lo aprendido en experiencias previas), la memoria (lo que recordamos) y la simbolización (significado que se le atribuye a algo por medio de símbolos). (OCDE, 2007).

Por otro lado, la Organización para la cooperación y el desarrollo económico (2007) describe la memoria como un proceso cognitivo que permite recordar las experiencias pasadas, tanto en la adquisición de una nueva información (fase de desarrollo de un aprendizaje) como de recordar información (fase de reactivación de ese aprendizaje). También postulan que mientras más se reactiva un aprendizaje, más estimulada será la memoria para ese aprendizaje en particular.

El lenguaje según la OCDE (2007) es una función cognitiva específicamente humana, que está dedicada a la comunicación. Contempla el uso de un sistema de símbolos que en conjunto con principios semánticos dan origen a los diferentes idiomas que hoy en día se pueden encontrar. El lenguaje es un instrumento del pensamiento, que sirve para transmitir precisamente los pensamientos, las ideas, las emociones, los proyectos, etc. Además es un medio que sirve para acceder a la información y la

cultura, permitiendo que los seres humanos se puedan relacionar entre sí. (González, 2017).

Según el autor Ardila (2011), la inteligencia “(...) es un conjunto de habilidades cognitivas y conductuales que permite la adaptación eficiente al ambiente físico y social. Incluye la capacidad de resolver problemas, planear, pensar de manera abstracta, comprender ideas complejas, y aprender de la experiencia”. No se caracteriza con conocimientos específicos que puedan saber los seres humanos, ni con habilidades específicas de ellos, sino que se trata de habilidad cognitiva general, dando cabida a todos los conceptos que se han desarrollado hasta el momento en este acápite.

“El pensamiento es una función psíquica en virtud de la cual un individuo usa representaciones, estrategias y operaciones frente a situaciones o eventos de orden real, ideal o imaginario” Así lo postula Arboleda (2013). Así mismo, pensar sería usar la inteligencia, el aprendizaje y la memoria, con el fin de interactuar y tener experiencias en el mundo. El desarrollo de esta capacidad humana, depende, además del desarrollo de las otras funciones cognitivas, de la motivación, el interés, y el deseo que tenga el individuo para que se adquiera el conocimiento.

Cada una de estas funciones, ya sea básica o superior, tiene un área o estructura cerebral donde se localizan las neuronas; célula del sistema nervioso, encargadas de recibir, trasladar y entregar la información en forma de señales eléctricas, para que los músculos, ganglios u otras neuronas realicen la función que la mente requiere (Smith y Kosslyn, 2008). En seguida se presentan las áreas y estructuras desde donde se crean las redes de neuronas que llevarán la información respectiva de cada función cognitiva.

Por último, es importante tener presente que aunque se atribuya una función cognitiva a un área o estructura cerebral, no significa que sea específico para esa determinada función, sino que el cerebro trabaja conjuntamente hacia todos los

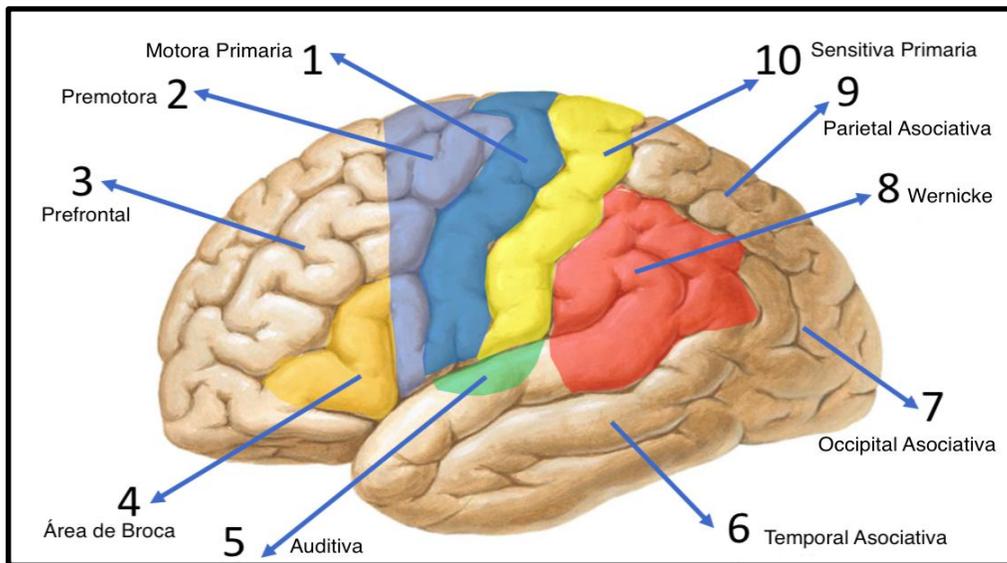
sentidos, e incluye neuronas de la mayor parte del cerebro para realizar una acción, sentir o pensar algo. Así mismo lo apoya la OCDE (2007) postulando que “Los descubrimientos de la neurociencia ahora indican que el cerebro se encuentra 100% activo”.

8.7.2 Áreas cerebrales de las funciones cognitivas

En neurociencias, cuando se hace referencia a las áreas cerebrales se hace alusión a una porción de la corteza cerebral especializada en recibir cierta información. Así lo estipulan los expertos en neuroanatomía. Ahora bien, los doctores Lizana y Almagiá (2012), quienes crearon un documento resumen para establecer los conceptos básicos utilizados en neurociencia, destacando a un famoso investigador, Korbinian Brodmann quien en 1909 realizó una carta en la cual dividió la corteza cerebral en 52 áreas, tomando en consideración la citoarquitectura (disposición de las células que constituyen la corteza cerebral) y la mieloarquitectura (el estudio de la división de las fibras nerviosas). Destacan que esta enumeración que dejó Brodmann sobre las áreas cerebrales es la más utilizada en la actualidad. Cabe destacar que la enumeración tiene asociado un nombre relacionado al tipo de información que procesa esa área en particular (ver esquemas 3 y 4).

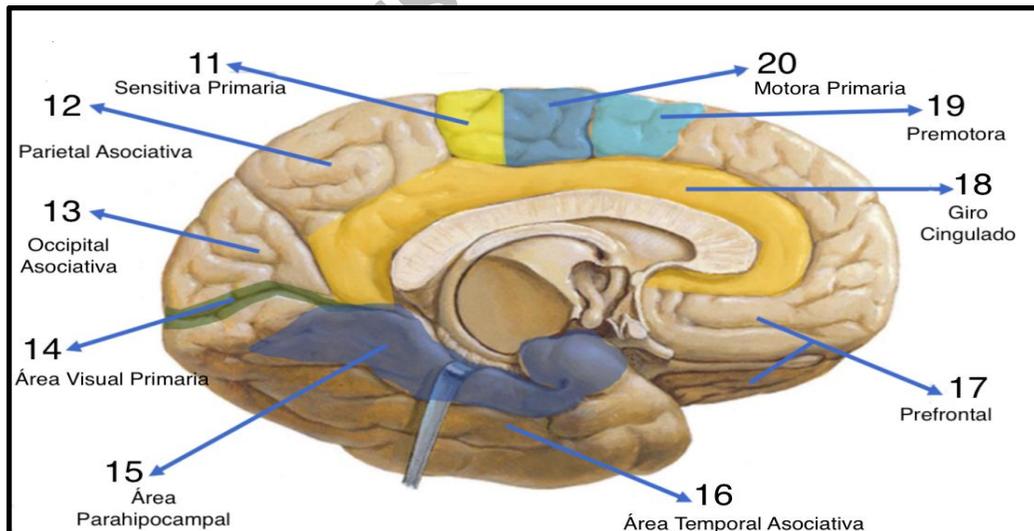
A continuación, se presentan los esquemas (3 y 4) relacionados con la localización de las funciones cognitivas en el cerebro y una tabla (7) explicativa sobre las áreas cerebrales y sus respectivas funciones involucradas en el aprendizaje y la memoria.

Esquema 3: Localización de las funciones cognitivas en el cerebro.



Fuente: Maffet (2017).

Esquema 4: Localización de las funciones cognitivas en el cerebro.



Fuente: Maffet (2017).

Tabla 7: Áreas cerebrales y sus funciones.

Área cerebral	Funciones
Premotora	Planificación del movimiento
Visual Primaria	Localización e intensidad de color, contraste y forma
Giro Cingulado	Resolución de problemas con enfoque creativo, memoria y placer.
Motora Primaria	Ejecución del movimiento.
Temporal Asociativa	Tareas visuales complejas, reconocimiento de rostros, regulación de la emoción y motivación, interpretación de sonidos, análisis secuencial, memoria a corto plazo, aprendizaje auditivo, memoria compleja y procesamiento visual y auditivo.
Parietal Asociativa	Recepción e integración de modalidades sensoriales, experiencias sensitivas pasadas, dirección visual, reconocimiento táctil, localización, conocimiento espacial, crear y leer mapas.
Occipital Asociativa	Experiencias visuales espaciales, procesamiento de imágenes.
Área de Broca	Producción del lenguaje o lenguaje hablado.
Sensitiva Primaria	Localización e intensidad temperatura, dolor, propiocepción y tacto.
Auditiva Primaria	Localización e intensidad de sonidos.
Parahipocampal	Memoria y aprendizaje, localización de aromas.
Área de Wernicke	Decodificación auditiva y comprensión del lenguaje.
Prefrontal	Atención, perseverancia, planificación, juicio, conducta, autorregulación, aprendizaje, resolución, sentir y expresar, emociones y resolución de conflictos.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Maffet (2017).

Ahora bien, así como se ha expuesto anteriormente, las funciones cognitivas ayudan a que los niños vayan adquiriendo habilidades de autorregulación, pero es por

medio de las funciones ejecutivas que es posible el concreto desarrollo de la cognición. Se preguntarán entonces, ¿qué son las funciones ejecutivas?, en el siguiente punto se desarrollará el concepto y se expondrá en qué zona cerebral se encuentran.

8.7.3 Funciones ejecutivas

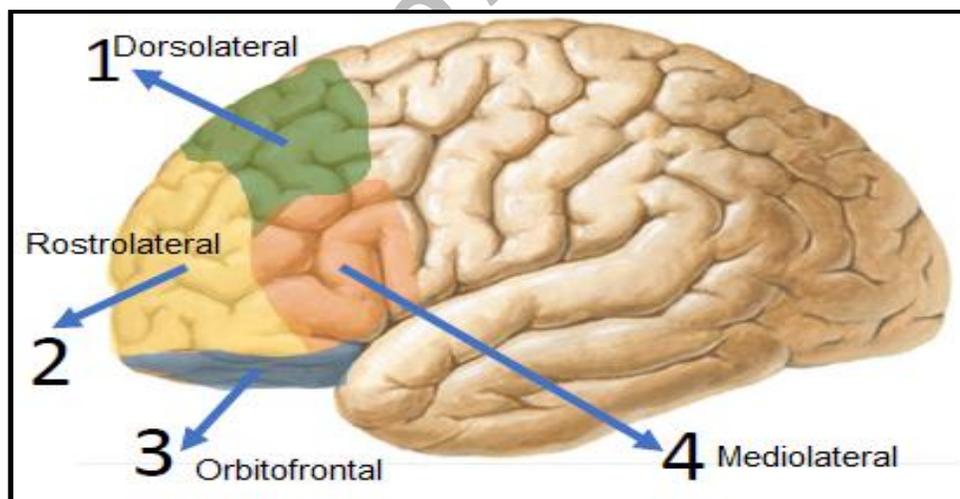
Con la idea de que esta tesina sea autosustentable, o sea que usted como lector no tenga que recurrir a otro documento para comprender un concepto, se ha incorporado este punto. En neurociencias es muy común leer u oír hablar del desarrollo o potenciación de las funciones ejecutivas (FE), pues bien, no se debe pensar que las funciones cognitivas son lo mismo que las funciones ejecutivas porque estas últimas son definidas como “(...) las rutinas responsables de la monitorización y regulación de los procesos cognitivos durante la realización de tareas cognitivas complejas” (Bausela, 2014); en otras palabras, las funciones ejecutivas son los mecanismos que permiten desarrollar las funciones cognitivas.

Las funciones ejecutivas son: i) la planificación; que consiste en la capacidad de determinar, seleccionar y organizar las secuencias necesarias que permitan conseguir un objetivo determinado. ii) la memoria operativa o memoria de trabajo; es un tipo de memoria de corta duración que permiten el almacenamiento y manipulación temporal de la información para la realización de tareas cognitivas complejas. iii) la flexibilidad cognitiva; emisión de respuestas adecuadas y pertinentes para cada situación, generando nuevos patrones de conducta, al mismo tiempo que se inhiben aquellas respuestas que resultan inadecuadas. iv) el control inhibitorio; supresión activa de la información no relevante, o de las respuestas automáticas que resultan inapropiadas para realizar eficazmente la tarea propuesta. v) la fluencia cognitiva o velocidad de procesamiento; capacidad de procesar la información y emitir respuestas de un modo eficaz, empleando el menor tiempo posible. vi) la actualización; capacidad para utilizar la nueva información en pos de resolver problemas novedosos y complejos. Y por

último, vii) la toma de decisiones; proceso mental que selecciona la opción más ventajosa entre un repertorio de varias alternativas disponibles, con el menor costo posible (Maffet, 2018).

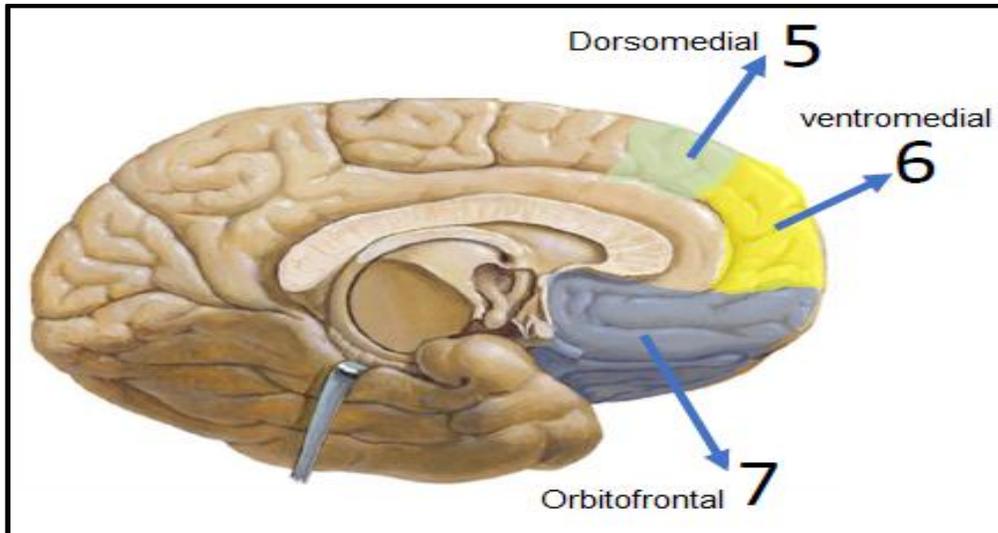
Gracias al avance de la tecnología, hoy en día se pueden proporcionar evidencias sustentadas en los estudios con neuroimagen, que las funciones ejecutivas tienen su funcionamiento en la corteza pre-frontal. Ahora bien, los expertos además subdividen esta porción del cerebro, con el fin de atribuirle distintas funciones y componente de las funciones ejecutivas, como por ejemplo: la habilidad para mantener la información en la memoria de trabajo ha sido relacionada con la zona lateral de la corteza pre-frontal, la flexibilidad ha sido relacionado con la zona media de la corteza pre-frontal, y finalmente, la habilidad de inhibición de respuestas ha sido relacionada con la corteza orbitofrontal (ver esquemas 5 y 6) (Bausela, 2014).

Esquema 5: Subdivisión de área pre-frontal zona lateral.



Fuente: Maffet (2017).

Esquema 6: Subdivisión corteza pre-frontal zona medial.



Fuente: Maffet (2017).

Como se ha descrito en el punto anterior, cada área cerebral tiene su red de neuronas encargadas del procesamiento de un tipo de información determinada, en este sentido entonces, es pertinente conocer en qué área del lóbulo pre-frontal se encuentran las funciones ejecutivas descritas en los párrafos anteriores (ver tabla 8) que se encuentra en la página siguiente.

Tabla 8: Funciones ejecutivas y su área en la corteza pre-frontal.

Área cerebral de las funciones ejecutivas	Funciones que se le atribuye a esa área determinada
Dorsolateral	Planificar, organizar, guiar, revisar, regularizar y evaluar. Memoria de trabajo y ordenación temporal.
Rostrolateral	Ensayo, práctica, juicio, y planificación.
Mediolateral y broca	Expresión de ideas y organización
Orbitofrontal	Conductas afectivas y sociales. Toma de decisiones afectivas.
Dorsomedial	Motivación, iniciación y actividad.
Ventromedial	Inhibición, detección y resolución de conflictos. Regulación esfuerzo atencional. Regulación de agresión y estados motivacionales.

Fuente: Elaboración propia a partir de Maffet (2017).

Ahora bien, en cuanto a la edad de maduración de las funciones ejecutivas, el doctor Maffet (2018) postula que “el desarrollo del sistema ejecutivo es menor por consecuencia del menor grado de activación y desarrollo que presentan las áreas asociativas”. El orden cronológico se puede observar mediante la tabla 9.

Tabla 9: Desarrollo cronológico de las funciones ejecutivas.

Desarrollo evolutivo de las funciones ejecutivas	Edad en que se presenta
Recordar algunas representaciones simples.	6 meses
Pueden mantener información en línea que no se encuentra visible.	8 meses
Se inicia la capacidad para inhibir.	18 meses
Mantener y manipular la información, en coordinación con la inhibición de sus respuestas.	2 años
Pueden representar varias reglas. Surgen capacidades como la flexibilidad mental y la capacidad para orientarse en el futuro.	3 años
Se realiza un proceso de integración que permite dirimir reglas que pueden entrar en conflicto.	4 años
Desarrollo de las funciones cognitivas que constituyen el núcleo de las funciones ejecutivas.	5 años
Se disponen de tres componentes básicos de las funciones ejecutivas: flexibilidad cognitiva, capacidad inhibitoria y memoria operativa.	7 años
Desarrollo de la metacognición.	6 a 12 años
Niveles equiparables de las funciones ejecutivas que las de un adulto.	12 años
Consolidación de las funciones ejecutivas como elemento rector de las funciones cognitivas.	20 años

Fuente: Elaboración propia a partir de Maffet (2018).

A modo de conclusión se puede destacar que el desarrollo y maduración de las funciones ejecutivas, es de suma importancia para que el ser humano pueda relacionarse, ya que éstas son las encargadas del comportamiento adecuado en los distintos contextos de la vida cotidiana del ser humano. Las funciones ejecutivas se encargan de que los seres humanos tomen decisiones, resuelvan problemas y que tengan la capacidad de autoevaluarse y analizar cómo es su proceso de aprendizaje. Es por esto que a los niños se les debe exponer a situaciones y actividades, según su edad, en las cuales deban utilizar las funciones ejecutivas para enfrentar la situación.

En los puntos siguientes se presenta los contenidos relacionados con el elemento rector de este documento. Son los contenidos que darán respuesta y fundamento a la pregunta problema.

8.8 Principales estructuras cerebrales que se modifican por la práctica de actividad física

Diversas investigaciones demuestran que el ejercicio provoca cambios estructurales y funcionales a nivel cerebral, lo que determina enormes beneficios en el funcionamiento cognitivo (Mandolesi y otros, 2018). En la siguiente tabla (10), se exponen las evidencias científicas relacionadas al aumento de la funcionalidad del cerebro con el ejercicio, las cuales fueron realizadas tanto en animales como en humanos.

Tabla 10: Efectos estructurales y funcionales del ejercicio

Evidencias del aumento de la funcionalidad del cerebro con el ejercicio	
Estudios en animales	Estudios en personas
Neurogénesis, sinaptogénesis, gliogénesis (hipocampo, neocórtex)	Aumento del volumen de materia gris en regiones frontales e hipocampales
Angiogénesis (hipocampo, neocórtex, cerebelo)	Aumento en los niveles de factores neurotróficos (por ejemplo, BDNF periférica)
Modulación en los sistemas de neurotransmisión (por ejemplo, serotonina, noradrenalina, acetilcolina)	Aumento del flujo sanguíneo Aumento en el logro académico (especialmente en niños)
Factores neurotróficos aumentados (BDNF; IGF-1)	Mejora de las habilidades cognitivas (aprendizaje y memoria, procesos de atención y procesos de ejecución).
Mejoras en el rendimiento de la memoria espacial	Prevención del deterioro cognitivo y disminución del riesgo de padecer demencia (especialmente en los adultos mayores).
Efectos transgeneracionales del ejercicio motor maternal.	

Fuente: Elaboración propia, a partir de Mandolesi y otros. (2018).

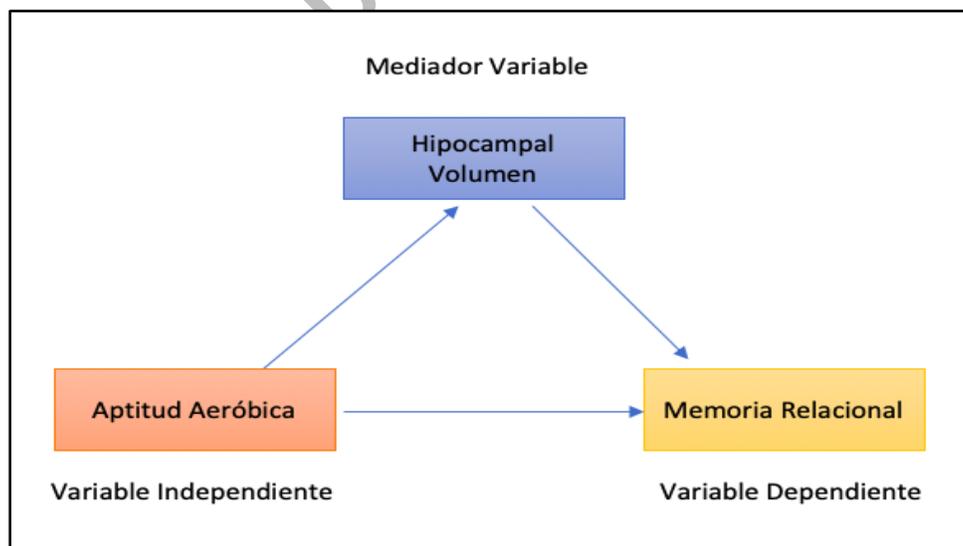
Cabe destacar que para efectos de entregar la información más relevante de acuerdo a las investigaciones en neurociencias, se expondrá la estructura del cerebro que se modifica por la práctica de actividad física, el hipocampo.

Chaddock (2012) realizó el primer estudio que examina los cambios longitudinales en el volumen del hipocampo en niños de 8 a 9 años. Participaron 28 niños, los cuales realizaron un programa de actividad física durante 9 meses, que se desarrolló después del horario escolar, 5 días por semana, con una duración de más de 60 minutos por día de actividad física moderada a vigorosa. Mediante imágenes de resonancia magnética, los resultados señalaron que la actividad física regular que

conduce a ganancias de aptitud física tiene la capacidad de modificar la trayectoria de la maduración del hipocampo en niños, debido a que, los niños físicamente activos mostraron un aumento promedio en el volumen total del hipocampo de 2.1% (+0.1 cm³) a lo largo del curso de la intervención del programa, junto con un aumento del 15% en el consumo máximo de oxígeno (VO₂ max). Los niños que no estaban inscritos en el programa de actividad física, no mostraron aumentos significativos en el volumen del hipocampo.

Investigaciones realizadas por Chaddock y otros (2010), demuestran mediante imágenes de resonancia magnética, que los niños (9 y 10 años) con mayores niveles de ejercicio físico tienen un hipocampo más grande, además, tienen mejores rendimientos en tareas de memoria relacional. Por estas razones, el estudio concluye que el tamaño de los hipocampos en los preadolescentes, podría mediar la relación entre el nivel de ejercicio y la memoria relacional. En el esquema 7 se puede observar la relación entre las variables.

Esquema 7: Relación entre volumen hipocampal, aptitud aeróbica y memoria relacional.



Fuente: Elaboración propia, a partir de Chaddock y otros (2010).

Mediante estas investigaciones, se demuestra que la integración constante de programas de actividad física en los niños entre 8 y 10 años, puede aumentar el volumen del hipocampo, estructura del cerebro importante para la memoria y el aprendizaje.

8.9 Funciones cognitivas que se mejoran producto de la práctica de actividad física

De acuerdo la autora Mandolesi y otros (2018), afirma que “el ejercicio aeróbico crónico se asocia con los cambios neuroplásticos estructurales y funcionales potentes con una mejora en las funciones cognitivas y un aumento de la sensación de bienestar general”. Además señala que, el ejercicio aeróbico de tipo agudo (episodio único de ejercicio), tiene relación con las funciones cognitivas mejoradas (cognición prefrontal) y los efectos para el funcionamiento cognitivo son menores si se realiza una sola sesión de ejercicio.

A continuación se presenta una tabla (11) comparativa sobre los efectos del ejercicio aeróbico en el funcionamiento cognitivo.

Tabla 11: Efectos del ejercicio aeróbico en el funcionamiento cognitivo

Ejercicio aeróbico	
<p>Ejercicio aeróbico crónico Varios meses intensidad moderada/alta (%VO₂max 40 a ≥ 60) Duración moderada (16 a 45 minutos)</p>	<p>Ejercicio aeróbico agudo Un episodio único de ejercicio intensidad moderada/alta (%VO₂max 40 a ≥ 60)</p>
<p>Aumento en los fenómenos de neuroplasticidad. Mejora en la función cognitiva (especialmente memoria y funciones ejecutivas) Neutralización de la neurodegeneración (para prevenir, retrasar o tratar el deterioro cognitivo) Disminución de ansiedad y depresión</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Efectos positivos importantes.</p>	<p>Mejora en la función cognitiva de corta duración.</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Efectos positivos pequeños.</p>

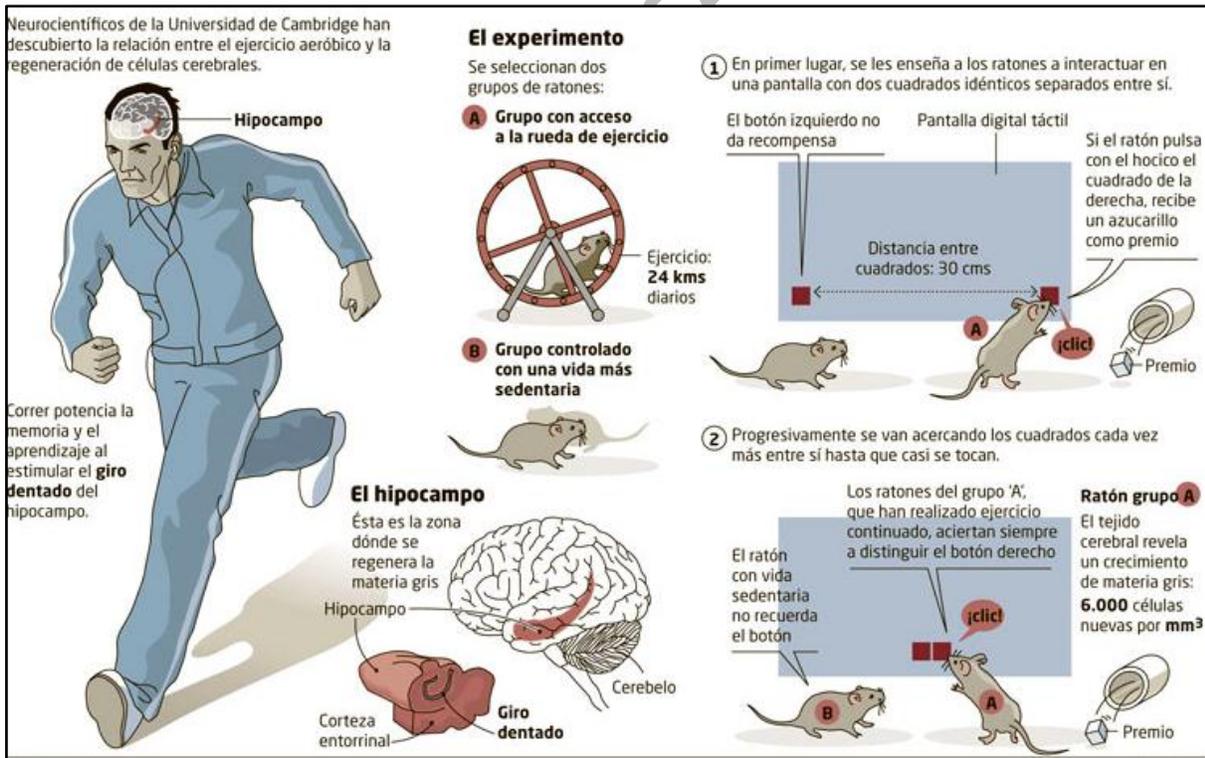
Fuente: Elaboración propia, a partir de Mandolesi y otros. (2018).

Kamijo y otros (2011), seleccionaron a cuarenta y tres niños al azar, entre 7 y 9 años de edad, para participar en un programa de actividad física después del horario escolar por un periodo de 9 meses. Este estudio examinó los efectos de una intervención de actividad física y la realización de una tarea modificada, en la cual se debe aplicar la memoria de trabajo. Los resultados permitieron comprobar que, los efectos del programa de actividad física fueron mayores para una condición de tarea que requiere una gran demanda de memoria de trabajo, en efecto, las conclusiones indicaron que el aumento en la capacidad cardio-respiratoria se asocia con mejoras en el control cognitivo de la memoria de trabajo en niños pre-adolescentes.

Por otro lado, en el año 2011, neurocientíficos de la Universidad de Cambridge en el Reino Unido y el Instituto Nacional del Envejecimiento en Baltimore (EE.UU.), realizaron investigaciones con ratones, a los cuales mediante un experimento examinaron los tejidos cerebrales y descubrieron que con la actividad de correr, se estimula al cerebro para producir nuevas neuronas en una parte involucrada en la memoria, ya que, los ratones que habían estado corriendo produjeron 6.000 neuronas nuevas por milímetro cúbico en la zona del giro dentado del hipocampo.

A continuación, se presenta un esquema (8) del experimento desarrollado por los neurocientíficos de la Universidad de Cambridge, que explica la relación entre el ejercicio aeróbico y la regeneración de células cerebrales.

Esquema 8: Relación entre el ejercicio aeróbico y la regeneración de células cerebrales



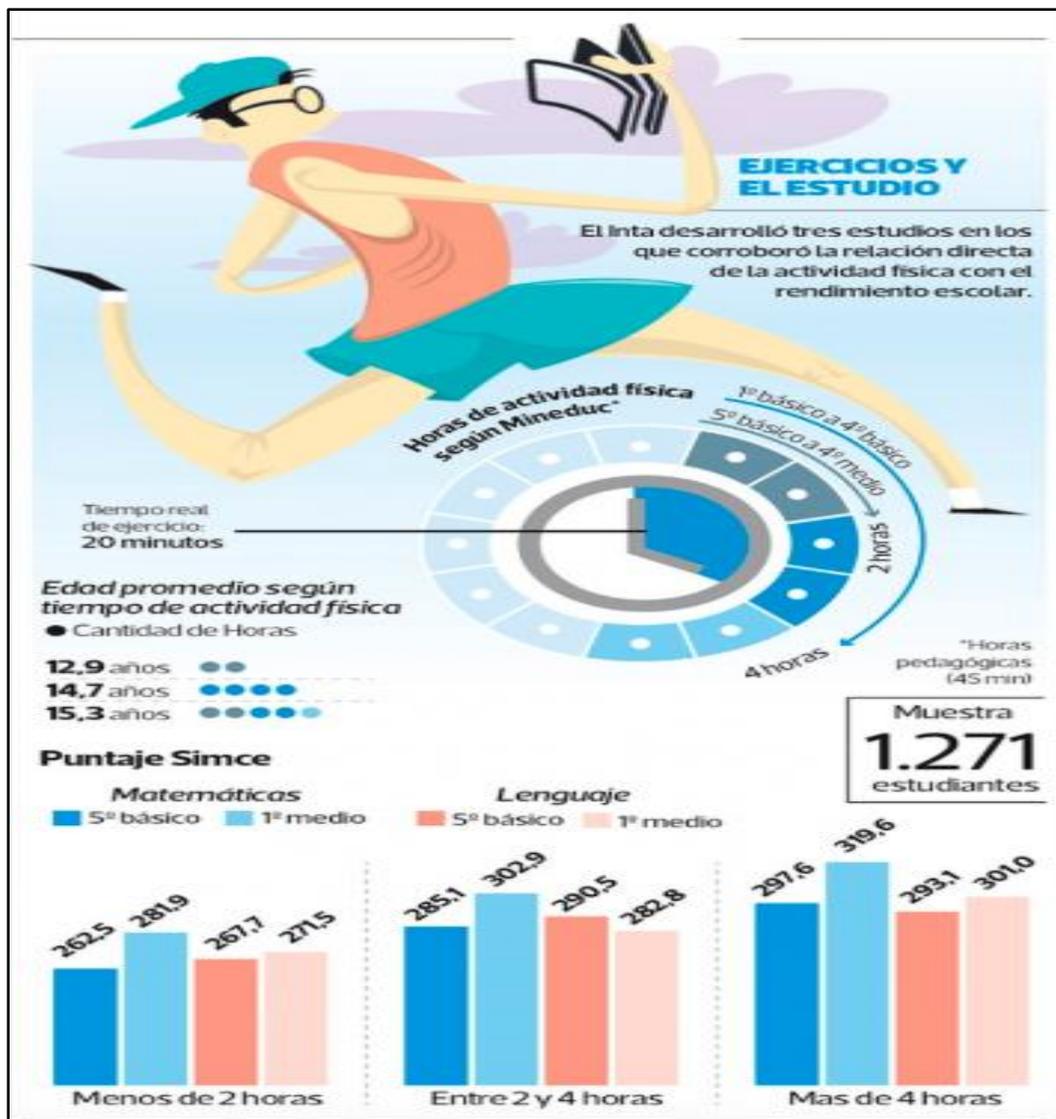
Fuente: Mora (2017).

Un estudio realizado por Raine y otros (2013), utilizó cuarenta y ocho niños de 9-10 años, para investigar la relación entre la aptitud aeróbica, el aprendizaje y la memoria, mediante una tarea que implicó recordar nombres y ubicaciones en un mapa ficticio. Los datos obtenidos en este estudio, señalan que la actividad física puede impulsar el aprendizaje y la memoria de los niños y que los beneficios de rendimiento relacionados al ejercicio físico se incrementan en condiciones en las que el aprendizaje inicial es el más desafiante.

En el año 2014, en nuestro país, el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (Inta), realizó un estudio en la cual, mediante una muestra de 1.271 alumnos, de quinto básico a primero medio, comprobaron que los alumnos que realizan ejercicio más de cuatro horas a la semana obtienen mejores resultados en pruebas de lenguaje, matemáticas y ciencias, a diferencia de quienes realizan ejercicio menos de dos horas. Este estudio realizado por Raquel Burrows (Médico Cirujano de la Universidad de Chile), afirma que el 50% de los escolares con mayor actividad física se situó entre los estudiantes de puntaje más alto en el Simce (Sistema de medición de la calidad de la educación), en cambio, el 20% de los niños con menos de dos horas de ejercicio por semana, se ubicó en el rango más bajo.

En la página siguiente, mediante un esquema (9) se explica el estudio realizado por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (Inta) en la cual se comprueba que niños con más actividad física tienen mejores resultados en Simce.

Esquema 9: Resultados de estudios realizados por el Inta.



Fuente: (s.f) <http://www.chilevivesano.cl/noticias/estudio-muestra-que-ninos-con-mas-actividad-fisica-tienen-mejores-resultados-en-simce-y-psu> (2014).

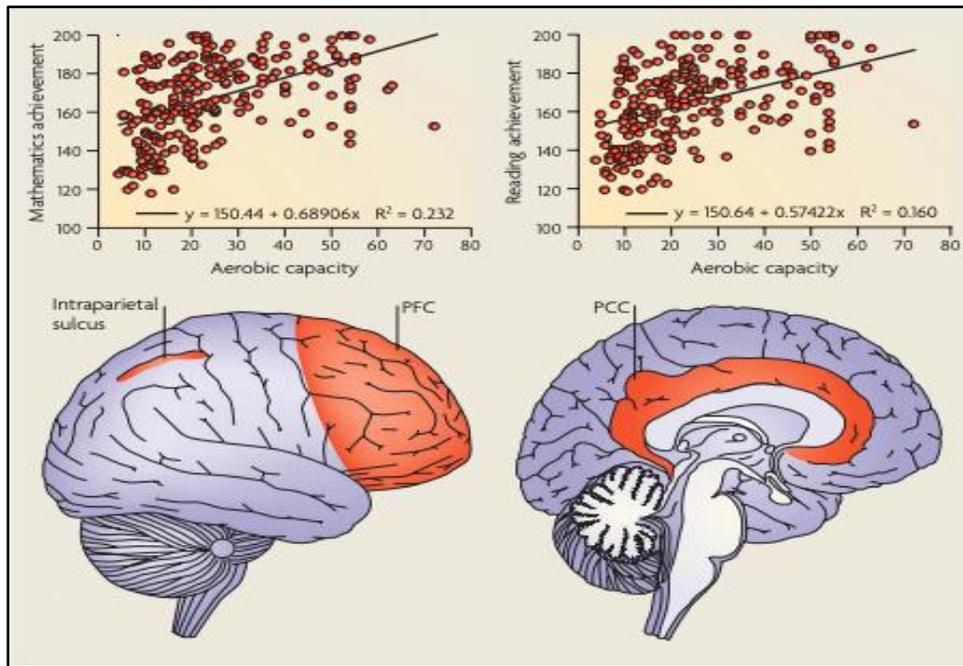
Las conclusiones de este estudio realizado en nuestro país, indican que, independiente del colegio y el nivel socioeconómico, la actividad física permite mejorar las funciones cognitivas en los alumnos en todos los niveles de enseñanza.

Por otro lado, en Estados Unidos, Hillman y otros (2008) estudiaron la relación entre actividad física y el rendimiento académico. Para esto, realizaron investigaciones en niños en edad escolar (4-18 años), mediante una prueba de carrera de resistencia de 20 metros, con el fin de, medir la capacidad aeróbica específicamente en niños en edad escolar y luego aplicar mediciones de conocimientos en matemáticas y lenguaje.

Este estudio indica que el logro en las pruebas estandarizadas de matemáticas y la lectura fue positiva relacionados con los puntajes de aptitud física, aumentando de esta forma el rendimiento académico en estas pruebas. Además, a través del estudio de la neuroanatomía funcional, permitió identificar las redes neuronales relevantes para los procesos involucrados en el rendimiento en matemáticas y lectura. En el caso de la lectura reveló una activación de la corteza prefrontal (PFC) y corteza cingulada parietal / posterior (PCC). Así mismo, para matemáticas, en relación a los cálculos y el procesamiento de magnitud numérica se ha vinculado a regiones bilaterales del surco intraparietal (ver esquema 10).

SOLO USO ACADÉMICO

Esquema 10: Relación entre actividad física y rendimiento académico



Fuente: Hillman y otros (2008).

Según los estudios que se han expuesto realizados tanto en niños preadolescentes como en adolescentes, concluyen que mediante la práctica de actividad física, la función cognitiva que más se potencia es la memoria, la cual tiene beneficios para el proceso de aprendizaje, lo que esto conlleva a mejorar el rendimiento académico en asignaturas como matemáticas y lenguaje, además permite incrementar la capacidad aeróbica en los niños.

9. Resultados

En este acápite se presentarán los resultados que se obtuvieron a partir de las preguntas secundarias de investigación que se plantearon en la tabla 1, con la finalidad de conocer si el marco referencial de este trabajo de investigación ha cumplido el objetivo de proporcionar la información pertinente para las preguntas estipuladas que se desarrollaban en el marco teórico.

Un primer resultado de esta tesina dice relación con el concepto de actividad física, que nace desde el objetivo específico número uno, que es; desarrollar el concepto de actividad física y sus efectos generales en el cuerpo humano. Como resultado la definición más adecuada es la que presenta el Ministerio del Deporte del Gobierno de Chile, el cual define actividad física como: “Cualquier acción corporal intencionada, orientada a satisfacer las necesidades de la vida diaria, laboral, social o lúdica, generando un gasto energético por sobre los requerimientos basales”. Este resultado hace mucho más sentido a lo que se pretende que se conozca como definición de actividad física, y no aquella que hace relación con cualquier contracción muscular que se realice a causa de cualquier movimiento. Por otro lado, los resultados obtenidos sobre los efectos generales de la actividad física en el cuerpo humano son los presentados por Cortes (2010), de los cuales se destacan dos que son muy importantes para el funcionamiento del cerebro. Estos son: que la actividad física aumenta la cantidad de sangre movilizada por el corazón en un minuto y que se incrementa la producción de glóbulos rojos, permitiendo mayor captación de oxígeno, lo que quiere decir que el cerebro queda protegido recibiendo estos suministros importantes para su funcionamiento durante la realización de actividad física.

Un segundo resultado se genera a partir también del primer objetivo específico del cual se desprende la pregunta secundaria: ¿Qué cambios químicos se producen en el cerebro por la práctica de actividad física?, se responde concluyendo que un factor liberado por el cerebro para su protección en respuesta a los cambios hormonales y

físicos producto de la realización de actividad física, es: el factor neurotrófico derivado del cerebro (FNDC o BDNF) que tiene directa relación con la sobrevivencia de las neuronas y la plasticidad sináptica según Aguilera (2010). Otros factores muy relevantes son; la hormona de crecimiento (GH), que a su vez hace que el hígado produzca un factor de crecimiento denominado IGF-I que ejerce efectos protectores sobre el cerebro. (Torres 2003).

Un tercer resultado es generado a partir del objetivo específico número dos, que tiene relación con la descripción de las características del desarrollo cognitivo en niños entre 7 y 10 años. El concepto de desarrollo cognitivo escogido es el más pertinente, pues expresa concretamente lo que se espera que usted como lector conozca. Ahora bien, éste es un proceso que conlleva transformaciones producidas en las características y capacidades del pensamiento, por el cual aumentan los conocimientos y habilidades para percibir, pensar y comprender (Linares, 2007). Además se encontró en la revisión teórica que este desarrollo de las capacidades cognitivas se presentan en etapas que van desde la infancia hasta la adultez. Además, es importante conocer las etapas, sobre todo para que los padres y docentes planteen actividades y juegos acordes a la etapa en la que se encuentra su desarrollo cognitivo con la finalidad de potenciar y estimular su desarrollo y no sobre exigirlo.

Un cuarto resultado dice relación con el estado del arte encontrado para describir las funciones cognitivas y ejecutivas. Para la pregunta secundaria: ¿Qué son las funciones cognitivas?, esta ha sido resuelta y argumentada en la base de que son procesos mentales que permiten el procesamiento de la información y el desarrollo del conocimiento. Ahora bien, para responder a la pregunta: ¿Cuáles son funciones cognitivas básicas y cuáles son las superiores? Maffet (2017), las clasifica de la siguiente manera, las básicas son; la atención, la percepción y la memoria. Y por otro lado, las superiores son; el lenguaje, la inteligencia, el pensamiento. Para la pregunta: ¿Qué son las funciones ejecutivas? se encontró que son las rutinas responsables de la

monitorización y regulación de los procesos cognitivos durante la realización de tareas cognitivas complejas (Bausela, 2014).

Otro resultado importante para esta investigación desarrollada bajo el objetivo de describir las áreas cerebrales implicadas en las funciones cognitivas y ejecutiva, realizado con la finalidad de dar un sustento neurocientífico según los estudios más recientes sobre los trabajos realizados a través de neuroimagen. Los cuales arrojan que existen áreas cerebrales que se activan gracias a la gran actividad neural que procesan ciertas informaciones de esa área en particular. Entonces nacieron algunas preguntas base que los lectores necesitan conocer, como las siguientes; ¿Qué son las áreas cerebrales?, los hallazgos realizados indican que es la porción de la corteza cerebral especializada en recibir cierta información para ser analizada, procesada, almacenada y utilizada cuando se requiera. (Lizana y Almagiá, 2012). La otra pregunta ¿Cuáles son las áreas cerebrales implicadas en los procesos cognitivos?, como se estableció en las respuestas del objetivo anterior, las funciones cognitivas son, la memoria, la atención, la percepción, el lenguaje, la inteligencia y el pensamiento, la forma correcta sería indicar que utilizamos casi todo el sistema nervioso para integrar este tipo de información y dar las respuestas más adecuadas, pero según lo estudiado, hay áreas del cerebro que tienen más actividad mientras se integra y da respuesta de cierta función cognitiva, como por ejemplo en el lenguaje se activan las áreas de Broca y Wernicke. Otro ejemplo, y con este se cierra esta respuesta, (puede volver a revisar la tabla 7 en donde se presenta esta información más detallada) en el área prefrontal se integra información de las funciones cognitivas de atención, memoria, pensamiento e inteligencia. Para responder a la siguiente y última pregunta de este objetivo específico, que es; ¿Cuáles son las funciones de las áreas cerebrales implicadas en las funciones ejecutivas?, las áreas que son atribuidas a las funciones ejecutivas están principalmente en la corteza pre-frontal, la cual se subdivide en seis porciones: Dorsolateral (planificación, memoria de trabajo, entre otras), Mediolateral (expresión de ideas), Rostrolateral (planificación), Dorsomedial (Motivación en la iniciación de una tarea), Ventromedial (inhibición), y Orbitofrontal (toma de decisiones afectivas).

No menos importante en el marco de esta tesina es aquel resultado que dice relación con la identificación de las principales estructuras cerebrales que se modifican por la práctica de actividad física, pues después de indagar en muchas investigaciones, se llegó a la conclusión de que la estructura del cerebro que mayor cambios presenta es el hipocampo, y más específicamente en su área denominada giro dentado. Este hallazgo responde a las preguntas secundarias de investigación que son; ¿Qué estructuras del cerebro se modifican por la práctica de actividad física? y ¿Se modificará una estructura específica, directamente relacionada con la práctica de actividad física? Continuando con la última pregunta de este objetivo específico, ¿Cuáles son los cambios que se generan en la estructura modificada por la actividad física? según los estudios realizados por Chaddock (2010 y 2012), demuestra que los niños con mayores niveles de ejercicio físico tienen un hipocampo más grande, aumentando la materia gris en la porción del giro dentado de esta estructura.

Como último resultado de esta tesina se encontró la conexión entre la realización de actividad física y la mejora en algunas funciones ejecutivas, y como respuesta a la siguiente pregunta secundaria que indica que si ¿la actividad física tendrá impacto en las funciones cognitivas?, pues se halló según todos los estudios realizados que efectivamente la actividad física tiene mayor impacto sobre la memoria, Kamijo y otros (2011), demostraron que el aumento en la capacidad cardiorespiratoria se asocia con mejoras en el control cognitivo de la memoria de trabajo en niños pre-adolescentes. Así también lo afirma Raine y otros (2013) los cuales señalan que, la actividad física puede impulsar el aprendizaje y la memoria de los niños según el estudio que realizaron. Por otro lado, en respuesta a ¿Cuál es la importancia de la actividad física para la memoria y el aprendizaje?, los resultados de investigación dan precisamente la importancia de que se realice actividad física de forma regular, pues mejoran los procesos de memoria y aprendizaje y con ello aumenta el rendimiento académico, así lo indican Hillman y otros (2008).

Discusión de los resultados

Sobre la discusión de los resultados, se puede asegurar que los resultados son válidos y confiables, pues se los autores se han basado generosamente y en gran parte, en información que han proporcionado profesores y a su vez doctores destacados en el área de neurociencias en Chile, los cuales han realizado publicaciones importantes sobre neurociencias, además de impartir cátedras en post-grado, específicamente en el área de las neurociencias en la educación. Así también se han obtenido contenidos y estudios más recientes en neurociencias que se han realizado en el continente americano, principalmente.

Ahora bien, según el criterio de selección de los autores de esta tesina, la búsqueda de la información fue realizada en sitios web confiables para la divulgación científica, que son plataformas que se han sido creadas para ello, es entonces así como se puede afirmar que sí se ha realizado una buena búsqueda de la información para la realización del marco teórico de este proyecto de investigación.

Y como último factor a reconocer en esta discusión de los resultados encontrados, se considera que se ha realizado un buen trabajo de selección y procesamiento de la información con el objetivo de simplificar los contenidos complejos de entender por cualquier persona que quiera recurrir a esta información disponible y no tenga mayores conocimientos en biología o anatomía, siendo estos factores no excluyentes para la comprensión de ésta investigación. Además y ya para cerrar este acápite se reflexionó sobre la sistematización y la forma en cómo se comunicó la información, y se estipula que se ha logrado el objetivo principal de que esta tesina fuese auto suficiente, auto sustentable, auto contenida y de fácil lectura.

9. Conclusiones

El objetivo fundamental de esta tesina fue abordar la incidencia de la actividad física en la mejora del desarrollo de las funciones cognitivas en niños entre 7 y 10 años. Las conclusiones que se derivan de esta investigación, se exponen a continuación.

Describir desde los aportes de la neurociencia, la incidencia de la práctica de actividad física en el mejoramiento del desarrollo de las funciones cognitivas en niños entre 7 y 10 años.

A través de, una exhaustiva revisión bibliográfica, se logró responder a la pregunta-problema establecida en esta tesina ¿La actividad física tendrá incidencia en la mejora del desarrollo de las funciones cognitivas en niños de 7 a 10 años? Mediante diversas investigaciones sobre el tema, se demuestra que es clara la relación entre actividad física y cognición, ya que, tanto en estudios en animales (roedores) como en humanos, el incremento de la capacidad aeróbica favorece el desarrollo cognitivo, producto del aumento de volumen en el hipocampo, estructura del cerebro fundamental para la memoria y el aprendizaje.

En relación al objetivo general, existen numerosas investigaciones neurocientíficas relacionadas con la actividad física y la mejora de las funciones cognitivas, especialmente se han realizado estudios en adultos así como también en animales. En niños no existe suficiente información, sin embargo, las investigaciones revisadas en esta tesina para este grupo etario (niños entre 7 y 10 años), permitieron comprobar la incidencia que tiene la actividad física en el desarrollo cognitivo en los niños.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos específicos declarados, la investigación teórica tal como lo revisamos en los resultados, permitió identificar que a nivel experimental, se demuestra que la actividad física de intensidad moderada a

vigorosa, a nivel celular, aumenta la neurogénesis, angiogénesis, la sinaptogénesis (en el giro dentado del hipocampo), y ayuda en la proliferación de astrocitos, células fundamentales para el funcionamiento del sistema nervioso. La práctica de actividad física también provoca a nivel molecular mediante la liberación de factores neurotróficos derivados del cerebro, como el BDNF, IGF-I y NGF, proteínas importantes que favorecen el crecimiento de nuevas neuronas, protegen las conexiones sinápticas y estimulan la plasticidad neuronal, todo lo cual contribuye a mejorar el desarrollo cognitivo (Mandolesi y otros, 2018).

En el año 2011, neurocientíficos de la Universidad de Cambridge en el Reino Unido y el Instituto Nacional del Envejecimiento en Baltimore (EE.UU.), mediante investigaciones en animales se demuestra que correr varios kilómetros al día en una rueda de actividad aumenta la proliferación celular y la neurogénesis en el giro dentado en ratones, comprobando que el ejercicio es el principal factor protector de la neurogénesis al aumentar la supervivencia de las nuevas neuronas. Este estudio permite afirmar que la cantidad de neuronas que sobreviven en el cerebro de los ratones que realizaron la actividad física es el doble de las que sobreviven en los cerebros de aquellos que no la realizan.

No solo existen estudios en animales, sino también, de acuerdo a las investigaciones realizadas por Chaddock y otros (2012) demostraron que los niños con mejor estado físico aumentan el volumen del hipocampo en 2.1 % (medidos por resonancia magnética) lo que permite además, mejorar el desempeño en tareas de memoria.

Por otro lado, investigaciones realizadas en el año 2014 en nuestro país por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile, se encargó de publicar un estudio en la cual, mediante una muestra aleatoria de 1.271 estudiantes de Santiago, que cursaban quinto básico y primero medio, midieron los hábitos de actividad física y los relacionaron con el rendimiento académico medido a

través de las pruebas Simce. Este estudio permitió concluir que los puntajes más altos en las pruebas Simce fueron obtenidos por los niños que dedicaban más de 4 horas por semana al ejercicio programado, por consiguiente, el incremento en el rendimiento académico se asocia con una mayor asignación de tiempo al ejercicio programado en niños que cursan estos niveles de enseñanza.

En el año 2010, Chaddock y otros, mediante imágenes de resonancia magnética, realizadas en niños entre 9 y 10 años, demostraron que los niños con mayores niveles de ejercicio físico tienen un hipocampo más grande, esto les permitió obtener mejores rendimientos en tareas de memoria relacional.

Las evidencias científicas descritas en esta tesis, apuntan a que todos los beneficios positivos de la actividad física en especial, la actividad de tipo aeróbico en los niños, producen una mejor respuesta cognitiva en diversas pruebas sobre las funciones cognitivas especialmente en la memoria, lo que favorece el aprendizaje.

En conclusión, y según toda la información que se ha obtenido, el marco teórico es exhaustivo pues ha dado respuesta a las preguntas de investigación como se ha analizado en los resultados, y que además es un aporte al estado del saber actual sobre neurociencias y educación.

Sugerencias

Se pueden establecer las siguientes sugerencias:

- Aumentar las horas dedicadas a la educación física en los niveles de enseñanza pre-básica, básica y media.

- Incorporar actividades físicas de tipo aeróbico y de forma regular durante los recreos mediante juegos recreativos, juegos pre-deportivos y deportes colectivos.
- Para niños entre 7 y 10 años, realizar actividad física moderada o vigorosa durante un mínimo de 60 minutos diarios, con énfasis en la parte aeróbica, a fin de, obtener beneficios tanto físicos como cognitivos.
- Para el Ministerio de Educación del Gobierno de Chile, sugerimos que debe establecer las directrices para velar por el cumplimiento de una educación física de calidad con el fin de, obtener los beneficios que permiten potenciar el desarrollo cognitivo en los niños y mejorar el rendimiento académico.
- En cuanto al rol del profesional de la educación física, será fundamental para generar en los niños en edad escolar, el hábito y el interés por la práctica de actividad física fuera del ámbito educativo, de modo que no todo dependa de la clase de educación física.

Recomendaciones

Como autores de esta tesina, planteamos que las futuras investigaciones neurocientíficas, deben determinar qué tipo de actividad física es la que produce las mejores adaptaciones a nivel cerebral para aumentar el potencial cognitivo en los niños en edad escolar. También se deben buscar las respuestas a preguntas como ¿Cuáles son las mejores intensidades, frecuencias y duraciones que debe cumplir una actividad física para beneficiar el desarrollo cognitivo en los niños?, ¿Cuál es la mejor edad para obtener más beneficios cognitivos si se practica actividad física de forma constante?, ¿Se puede utilizar la práctica de actividad física desde la infancia, como una

herramienta para disminuir las enfermedades neurodegenerativas que se producen en la adultez?.

A modo de cierre, se establece que mediante esta tesina se logró evidenciar la importancia de la actividad física como factor clave en el mejoramiento de la salud física y mental de la población, por lo que enfatizamos que se debe fomentar su práctica desde el período escolar, pidiendo además que las familias se involucren en la motivación externa y apoyo que deben brindar a los niños y niñas, en pos de, mejorar la calidad de vida.

SOLO USO ACADÉMICO

11. Bibliografía

Aguilera, R. (2010). *Rol del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) en la generación e instauración del dolor crónico*. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131115/Rol-del-factor-neuotr%C3%B3fico-derivado-del-cerebro-%28BDNF%29-en-la-generaci%C3%B3n-e-instauraci%C3%B3n-del-dolor-cr%C3%B3nico.pdf?sequence=1> (consulta: octubre 2018).

Arboleda, J. (2013). *Hacia un nuevo concepto de pensamiento y comprensión*. Editorial Boletín virtual Redipe 824. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4752610> (consulta: octubre 2018).

Ardila, R. (2011). *Inteligencia. ¿Qué sabemos y qué nos falta por investigar?*. Revista académica, Vol 35. Bogotá, Colombia. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000100009 (consulta: Octubre 2018).

Bausela, E. (2014). *Funciones ejecutivas: nociones del desarrollo desde una perspectiva neuropsicológica*. Acción psicológica. vol.11 no.1 Madrid: España. Recuperado de: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-908X2014000100003 (consulta: noviembre 2018).

Castillero, O. (2016). *Endorfinas (neurotransmisores): funciones y características*. Recuperado de: <https://psicologiyamente.com/neurociencias/endorfinas-neurotransmisores> (consulta: octubre 2018).

Chaddock, L., Hillman Ch., Buck, S. y Cohen N. (2011). *Aerobic Fitness and Executive Control of Relational Memory in Preadolescent Children*. Recuperado de: <https://journals.lww.com/acsm->

msse/fulltext/2011/02000/Aerobic_Fitness_and_Executive_Control_of.20.aspx
(consulta: octubre 2018).

Chaddock,L., Erickson, K., Prakash,R., Kim, J., Voss, M., VanPatter,M., Pontifex, M., Raine, L., Konkel, A., Hillman,Ch., Cohen, N., y Kramer, A. (2010). *A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children.* Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3953557/> (consulta: noviembre 2018).

Chaddock, L. (2012). *The effects of physical activity on the brain and cognition during childhood.* Recuperado de: http://www.academia.edu/2789906/The_effects_of_physical_activity_on_the_brain_and_cognition_during_childhood (consulta: noviembre 2018).

Chile Vive Sano (en línea) <http://www.chilevivesano.cl/noticias/estudio-muestra-que-ninos-con-mas-actividad-fisica-tienen-mejores-resultados-en-simce-y-psu> (consulta: noviembre 2018).

Cortés, I. (2010). *Efectos del ejercicio físico sobre el organismo.* Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd148/efectos-del-ejercicio-fisico-sobre-el-organismo.htm> (consulta: septiembre 2018).

Echavarría, L. (2013). *El proceso de la atención: una mirada desde la neuropsicología.* Revista digital EOS Perú. Recuperado de: <https://eosperu.net/revista/wp-content/uploads/2015/10/EL-PROCESO-DE-LA-ATENCION-UNA-MIRADA-DESDE-LA-NEUROPSICOLOGIA.pdf>

Hernández, E. (2006). *Metodología de la investigación. Cómo escribir una tesis.* Recuperado de:

http://biblioteca.ucv.cl/site/servicios/documentos/como_escribir_tesis.pdf (consulta: septiembre 2018).

Hillman, Ch., Erickson, K. y Kramer, A. (2008). *Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition*. Recuperado de: http://dericbownds.net/uploaded_images/exercise_hillman.pdf (consulta: noviembre 2018).

Gayón, P., Dule, S., López, M. y Páez, R. (2011). *Efectos de la actividad física en la salud de los niños y niñas en edad escolar*. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd152/efectos-de-la-actividad-fisica-en-la-salud-escolar.htm> (consulta: octubre 2018).

Gómez-Pinilla, F. (2010). *Entrevista de Eduard Punset con Fernando Gómez-Pinilla, neurocientífico, Neurotrophic Research Laboratory de la University of California. Barcelona, 9 de junio de 2010*. Recuperado de: <https://www.redesparalaciencia.com/wp-content/uploads/2010/11/entrev72.pdf> (consulta: octubre 2018).

González, R. (2017). *La función cognitiva “lenguaje” y sus componentes*. Recuperado de: <https://www.estimulacioncognitiva.info/2017/02/28/la-funci%C3%B3n-cognitiva-lenguaje-y-sus-componentes/> (consulta: noviembre 2018).

Gratacós, M. (2016). *Dopamina: Funciones y Mecanismo de Acción*. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/dopamina/> (consulta: noviembre 2018).

Gutiérrez, C. (2014). *La actualidad de la educación física en Chile*. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd189/la-actualidad-de-la-educacion-fisica-en-chile.htm> (consulta: septiembre 2018).

Kamijo, K., Pontifex, M., O'Leary, K., Scudder, M., Wu, C., Castelli, D., y Hillman, Ch. (2011). *The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children*. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21884320> (consulta: noviembre 2018).

Linares, A. (2007). *Desarrollo cognitivo: las teorías de Piaget y Vygotsky*. Artículo electrónico. Barcelona; España. Recuperado de: http://www.paidopsiquiatria.cat/archivos/teorias_desarrollo_cognitivo_07-09_m1.pdf (consulta: octubre 2018).

Lizana, P. y Almagiá, A. (2012). *Principios de neuroanatomía. Unidad 1: conceptos básicos de neuroanatomía*. Texto guía del Curso Anatomía Humana II para Kinesiología. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso: Chile.

Lobo, J. (2014). *El ejercicio libera más de 50 hormonas en el cuerpo y ayuda a ser más feliz*. Recuperado de: <https://archivo.crhoy.com/el-ejercicio-libera-mas-de-50-hormonas-en-el-cuerpo-y-ayuda-a-ser-mas-feliz/nacionales/> (consulta: octubre 2018).

Maffet, C. (2018). *Desarrollo cognitivo y resiliencia*. Documento de exposición en cátedra: *Técnicas de desarrollo cognitivo para un aprendizaje efectivo*. Universidad Mayor. Santiago; Chile (pdf).

Maffet, C. (2018). *Funciones ejecutivas*. Documento de exposición en cátedra: *Procesos mentales superiores y funciones ejecutivas para el aprendizaje efectivo*. Universidad Mayor. Santiago; Chile (pdf).

Maffet, C. (2017). *Reconocimiento de Estructura y Funciones Encefálicas*. Documento de exposición en cátedra *Determinantes Neurocognitivos del aprendizaje centrado en el alumno: Nuevas tendencias en educación*. Universidad Mayor. Santiago; Chile (pdf).

Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P. y Sorrentino, G. (2018). *Effects of Physical Exercise on Cognitive Functioning and Wellbeing: Biological and Psychological Benefits*. Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00509/full> (consulta: octubre 2018).

McGovern, M. K. (2005). *"The Effects of Exercise on the Brain."* Recuperado de: <http://serendipstudio.org/bb/neuro/neuro05/web2/mmcgovern.html> (consulta: octubre 2018).

Ministerio del Deporte (2016). *Política Nacional de Actividad Física y Deporte 2016-2025*. (1a. ed.). Gobierno de Chile, Santiago de Chile. Recuperado de: <http://www.mindep.cl/wp-content/uploads/2015/05/POLITICA-ULTIMA-VERSI%C3%93N-021116.pdf> (consulta: septiembre 2018).

Ministerio de Educación (2011). *Bases curriculares consulta pública. Educación Física y Salud*. Gobierno de Chile. Recuperado de: <http://www.comunidadescolar.cl/documentacion/BasesCurriculares/noviembre2011/EducacionFisica.pdf> (consulta: septiembre 2018).

Mora, S. (2015). *El beneficio de la música, el deporte y las lenguas en el aprendizaje*. Recuperado de: <https://www.grupoeducar.cl/noticia/el-beneficio-de-la-musica-el-deporte-y-las-lenguas-en-el-aprendizaje/> (consulta: noviembre 2018).

Mora, S. (2014). *Beneficios Probados*. Recuperado de: <http://www.chilevivesano.cl/noticias/estudio-muestra-que-ninos-con-mas-actividad-fisica-tienen-mejores-resultados-en-simce-y-psu> (consulta: noviembre 2018).

Mora, S. (2018). *Estudios revelan la relación entre deporte y aprendizaje*. Recuperado de: <https://www.grupoeducar.cl/revista/edicion-225/estudios-revelan-la-relacion-entre-deporte-y-aprendizaje/> (consulta: noviembre 2018).

Mora, S. (2017). *Ejercicio, Cerebro y Aprendizaje*. Documento de exposición en cátedra *Determinantes Biopsicológicas para el aprendizaje*. Universidad Mayor. Santiago; Chile (pdf).

National Heart, Lung and Blood Institute (2013) . *Physical Activity and Your Heart*. Recuperado de: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/physical-activity-and-your-heart> (consulta: octubre 2018).

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2007). *La comprensión del cerebro: El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. Edición en español por la Universidad Católica Silva Henríquez: Santiago de Chile 2009.

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Actividad física*. Recuperado de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity> (consulta: septiembre 2018).

Organización Mundial de la Salud (2013). *¿Qué se entiende por actividad moderada y actividad vigorosa?* Recuperado de: http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/ (consulta: octubre 2018).

Palou, P., Ponseti, F., Borràs, P. y Vidal, J. (2005). *Perfil de los hábitos deportivos de los preadolescentes en la Isla de Mallorca*. Recuperado de: <http://www.rpd-online.com/article/viewFile/184/184> (consulta: septiembre 2018).

Raine, L., Lee, H., Saliba, B., Chaddock, L., Hillman, Ch., y Kramer, A. (2013). *The Influence of Childhood Aerobic Fitness on Learning and Memory*. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3770671/> (consulta: noviembre 2018).

Simpfronio, S. (2013). *Los cambios químicos del cerebro en el ejercicio físico y el hipotiroidismo*. Recuperado de: <http://sergiosimpfronio.blogspot.com/2013/10/los-cambios-quimicos-del-cerebro-en-el.html> (consulta: octubre 2018).

Sleiman, S., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., Abou Haidar, E., Stringer, T., Ulja D., Karuppagounder, S., Holson, E., Ratan, R., Ninan I. y Chao, M. (2016). *Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body β -hydroxybutyrate*. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4915811/> (consulta: octubre 2018).

Smith, E. y Kosslyn, S. (2008). *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. Pearson educación, S.A. Madrid: España. (consulta: noviembre 2018).

Torres, I. (2003). *Efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre el cerebro*. Revista Ciencia al día internacional. vol 5, No 1. Madrid; España. Recuperado de: http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen5/numero1/articulos/Art2/CADi_v5_n1_Art2.pdf (consulta: noviembre 2018).

Tuneu, M. (2015). *Charles Hillman, experto en el estudio de los efectos del ejercicio físico sobre el rendimiento cognitivo*. Diario Online Universitat Central de Catalunya. Recuperado de: <https://www.uvic.cat/es/noticias/charles-hillman-experto-en-el-estudio-de-los-efectos-del-ejercicio-fisico-sobre-el> (consulta: octubre 2018).

Ucha, F. (2008). *Metabolismo*. Definición ABC. Recuperado de: <https://www.definicionabc.com/salud/metabolismo.php> (consulta: septiembre 2018).