



# Efectos del entrenamiento de fuerza sobre el BDNF en adultos mayores sedentarios

Licenciatura En Educación Física y Deporte

Tesina Final de grado

Autor: Silvio Godoy

Tutor/a: Ana Hren

Año: 2025

Institución: Universidad Nacional de Río Negro

Sede: Atlántica

## **Agradecimientos**

## **Introducción**

- 1.1 Justificación
- 1.2 Planteamiento del problema
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Hipótesis
- 1.5 Criterios de inclusión y exclusión
- 1.6 Delimitación del estudio
- 1.7 Alcances del estudio
- 1.8 Estructura del trabajo

## **Marco Teórico**

- 2.1 El factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF)
- 2.2 Función del BDNF en la neuroplasticidad y la cognición
- 2.3 El ejercicio físico como modulador del BDNF
- 2.4 El entrenamiento de fuerza (RT) y su impacto en el BDNF
- 2.5 Comparación entre RT y ejercicio aeróbico
- 2.6 Poblaciones en las que el RT es más efectivo
- 2.7 Conclusión del marco teórico

## **Metodología**

- 3.1 Tipo de investigación
- 3.2 Diseño metodológico
- 3.3 Fuentes de información
- 3.4 Criterios de inclusión
- 3.5 Criterios de exclusión
- 3.6 Procedimiento de búsqueda
- 3.7 Técnicas de análisis
- 3.8 Limitaciones metodológicas

### 3.9 Consideraciones éticas

## **Resultados**

- 4.1 Introducción al análisis
- 4.2 Fichas de estudios seleccionados
- 4.3 Análisis comparativo
- 4.4 Tabla síntesis de estudios
- 4.5 Gráficos comparativos

## **Discusión**

- 5.1 Interpretación general de los hallazgos
- 5.2 Comparación con investigaciones previas
- 5.3 Mecanismos fisiológicos implicados
- 5.4 Implicaciones clínicas y educativas
- 5.5 Limitaciones de los estudios revisados
- 5.6 Aportes teóricos
- 5.7 Recomendaciones para futuras investigaciones

## **Aplicaciones prácticas**

- 6.1 Introducción
- 6.2 Diseño de programas basados en evidencia
- 6.3 Aplicaciones en adultos mayores
- 6.4 Aplicaciones en el ámbito educativo
- 6.5 Aplicaciones en salud mental
- 6.6 Protocolo sugerido de entrenamiento neurocognitivo
- 6.7 Consideraciones finales

## **Conclusiones**

- 7.1 Conclusión general
- 7.2 Aportes del trabajo
- 7.3 Limitaciones
- 7.4 Propuestas para investigaciones futuras
- 7.5 Cierre

## **Bibliografía**

## **Anexos**

- A. Fichas de estudios del 7 al 15
- B. Gráficos comparativos
- C. Tabla de resumen completa

# AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, cuyo amor incondicional, apoyo constante y fortaleza han sido pilares fundamentales a lo largo de todo este proceso formativo. Su ejemplo de entrega, esfuerzo y resiliencia ha sido una guía constante que me ha acompañado en cada paso de este camino.

A mi familia, que siempre me respaldó con afecto, paciencia y confianza, brindándome el aliento necesario para superar los desafíos que implicó esta etapa académica. Gracias por estar presentes con su compañía silenciosa pero determinante.

También deseo agradecer profundamente a la Licenciatura en Educación Física y Deporte, a cada uno de sus y sus docentes, por el compromiso con la formación integral y por los espacios de aprendizaje que me permitieron crecer como estudiante, profesional y persona. Esta carrera me brindó las herramientas, los valores y la motivación para mirar el movimiento humano no solo desde lo físico, sino también desde lo pedagógico, lo científico y lo humano.

A todos y todas quienes formaron parte de este recorrido, gracias por acompañarme y ser parte de esta meta alcanzada.

## Resumen

Esta tesina tiene como objetivo analizar el impacto del entrenamiento de fuerza en los niveles del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), desde una perspectiva sistemática basada en evidencia científica. El BDNF cumple funciones clave en la plasticidad sináptica, la neurogénesis y la supervivencia neuronal, siendo un marcador crítico en el mantenimiento de la salud cognitiva. Si bien el ejercicio aeróbico ha sido ampliamente reconocido como modulador positivo del BDNF, el entrenamiento de fuerza ha ganado creciente interés por sus posibles efectos complementarios o incluso superiores en ciertos contextos poblacionales. Se abordaron estudios experimentales, observacionales y metaanálisis que evalúan el rol del ejercicio de fuerza en la expresión de BDNF, explorando mecanismos fisiológicos implicados, diferencias entre modalidades de ejercicio y efectos según edad, género o estado de salud. Asimismo, se propone un protocolo de intervención y un programa de capacitación orientado a profesionales de la salud y el ejercicio físico. Esta revisión sistemática contribuye a la consolidación de una base teórica sólida para futuras investigaciones y aplicaciones clínicas dirigidas a la promoción de la salud cerebral mediante el ejercicio de fuerza.

Palabras clave: BDNF, entrenamiento de fuerza, neuroplasticidad, ejercicio físico, neuroprotección.

## Abstract

This thesis aims to analyze the impact of resistance training on brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels through a systematic review based on scientific evidence. BDNF plays a key role in synaptic plasticity, neurogenesis, and neuronal survival, making it a critical biomarker for maintaining cognitive health. While aerobic exercise is widely recognized as a positive modulator of BDNF, resistance training has increasingly gained

attention for its potential complementary or even superior effects in specific populations. Experimental and observational studies and meta-analyses were reviewed, examining the role of resistance training on BDNF expression, underlying physiological mechanisms, and differences across exercise modalities and populations. A practical training protocol and a professional education program are also proposed. This systematic review contributes to building a strong theoretical foundation for future research and clinical applications aimed at promoting brain health through strength training.

Keywords: BDNF, resistance training, neuroplasticity, physical exercise, neuroprotection, systematic review

## **Capítulo 1- Introducción**

## **Capítulo 1 – Introducción**

### **1.1 Justificación**

La salud cerebral se ha convertido en un área de creciente interés dentro del campo de las ciencias del ejercicio físico. En particular, las neurotrofinas como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por sus siglas en inglés) han sido identificadas como biomarcadores clave en la promoción de la neuroplasticidad, el aprendizaje, la memoria y la salud mental. Tradicionalmente, el ejercicio aeróbico ha sido señalado como el principal estímulo para el aumento de los niveles de BDNF. Sin embargo, investigaciones recientes han comenzado a destacar al entrenamiento de fuerza (resistance training, RT) como un estímulo igualmente potente, especialmente en poblaciones con riesgo de deterioro cognitivo, como adultos mayores sedentarios, con enfermedades neurodegenerativas. La elección de adultos mayores sedentarios como población objetivo responde a la creciente preocupación por el envejecimiento cerebral y el aumento de trastornos neurodegenerativos y deterioro cognitivo asociado a la edad. Diversos estudios indican que los adultos mayores presentan una disminución natural de los niveles de BDNF, lo que los convierte en una población particularmente sensible a las intervenciones físicas con potencial neuroprotector, como el entrenamiento de fuerza. Además, se ha documentado que el RT puede generar beneficios adicionales en esta población, como mejoras en el equilibrio, fuerza funcional, autoestima y prevención de caídas.

En este contexto, resulta fundamental revisar sistemáticamente la evidencia científica disponible sobre el impacto del entrenamiento de fuerza en los niveles de BDNF. Una síntesis crítica y organizada de los hallazgos permitiría fundamentar el diseño de intervenciones eficaces y seguras para distintas poblaciones, así como también aportar al debate teórico sobre los mecanismos neurobiológicos inducidos por distintos tipos de ejercicio.

### **1.2 Planteamiento del problema**

Diversas investigaciones han demostrado que el ejercicio físico tiene efectos positivos sobre la salud cerebral, incluyendo mejoras en la función cognitiva, el estado de ánimo y la neurogénesis. El BDNF ha sido propuesto como el principal mediador de estos efectos. Sin

embargo, gran parte de la evidencia se ha centrado en el ejercicio aeróbico, mientras que el entrenamiento de fuerza ha recibido comparativamente menos atención. Esto genera un vacío en la literatura científica y una falta de consenso respecto de la eficacia del RT en la modulación del BDNF, particularmente en distintos grupos etarios y clínicos.

La elección de adultos mayores como grupo focal responde a su particular vulnerabilidad frente al deterioro cognitivo, la disminución de neurotrofinas como el BDNF y el envejecimiento cerebral. Esta población presenta una notable disminución de los niveles de BDNF con el paso del tiempo, lo que aumenta su riesgo de padecer enfermedades neurodegenerativas. En este sentido, estudiar los efectos del entrenamiento de fuerza en adultos mayores no sólo resulta pertinente, sino prioritario, dado su potencial como intervención neuroprotectora, segura y de bajo costo.

**El problema que se aborda en esta investigación es, entonces:**

¿Cuál es el impacto del entrenamiento de fuerza en los niveles de BDNF en adultos mayores sedentarios, según la evidencia científica disponible entre 2007 y 2024?

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo general**

Analizar, a través de una revisión documental sistemática, el impacto del entrenamiento de fuerza en los niveles de BDNF en adultos mayores sedentarios, a partir de estudios publicados entre **2007 y 2024**.

#### **Objetivos específicos**

1. Describir el papel del BDNF en el sistema nervioso y su relación con el ejercicio físico en adultos mayores.
2. Identificar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de BDNF en adultos mayores.
3. Comparar los resultados de estudios recientes sobre modalidades, duración e intensidad del entrenamiento de fuerza aplicados a adultos mayores.

4. Sistematizar recomendaciones basadas en la evidencia para la aplicación del entrenamiento de fuerza como herramienta de intervención neuroprotectora en adultos mayores.

## **1.4 Hipótesis**

### **Hipótesis principal:**

El entrenamiento de fuerza genera un aumento significativo en los niveles de BDNF en adultos mayores sedentarios, según lo reportado por estudios científicos publicados entre **2007 y 2024**.

## **1.5 Criterios de inclusión y exclusión**

Para asegurar la calidad y pertinencia de los estudios incluidos en esta revisión documental sistemática, se definieron los siguientes criterios:

### **Criterios de inclusión**

- Estudios publicados entre 2007 y 2024.
- Diseño experimental o cuasiexperimental (ensayos clínicos, RCTs, estudios de intervención).
- Intervenciones que incluyeran entrenamiento de fuerza como estímulo principal.
- Medición de niveles de BDNF pre y post intervención.
- Participantes humanos, adultos mayores sedentarios ( $\geq 60$  años), sin distinción de sexo.
- Estudios publicados en inglés o español.

- Artículos con acceso a texto completo.
- Publicaciones en bases de datos científicas reconocidas (PubMed, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar) o repositorios académicos validados.

### **Criterios de exclusión**

- Estudios con animales o cultivos celulares.
- Investigaciones sin medición explícita de BDNF.
- Revisiones narrativas sin análisis metodológico.
- Protocolos sin resultados publicados.
- Estudios con población pediátrica o adultos jóvenes.
- Publicaciones en idiomas distintos a inglés o español.
- Artículos sin acceso a texto completo.

### **1.6 Delimitación del estudio**

#### **Tipo de investigación:**

Revisión documental sistemática, de enfoque cualitativo-cuantitativo mixto.

#### **Fuentes de información:**

Bases de datos científicas indexadas (PubMed, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar), artículos revisados por pares, tesis, y revisiones sistemáticas o metaanálisis.

#### **Temporalidad:**

Se priorizaron estudios publicados entre 2007 y 2024.

## **Población objetivo:**

Adultos mayores sedentarios, con o sin riesgo de deterioro cognitivo, que participaron en intervenciones de entrenamiento de fuerza reportadas entre 2007 y 2024.

### **1.7 Alcances del estudio**

Este estudio no realiza mediciones directas ni intervenciones experimentales, sino que se basa en la recopilación, análisis y síntesis de evidencia existente. Por lo tanto, sus resultados no son generalizables de forma directa a todas las poblaciones, pero sí constituyen una base fundamentada para futuras investigaciones aplicadas.

### **1.8 Estructura del trabajo**

La presente tesis está organizada en seis capítulos. En el **Capítulo 1** se expone la introducción general al tema, junto con los objetivos y la justificación del trabajo. El **Capítulo 2** desarrolla el marco teórico, donde se aborda el concepto de BDNF, sus mecanismos de acción y la relación con el ejercicio físico. El **Capítulo 3** describe la metodología utilizada para la búsqueda y análisis de la información. En el **Capítulo 4** se presentan los resultados obtenidos de los estudios seleccionados. El **Capítulo 5** corresponde al análisis crítico y discusión de los hallazgos. Finalmente, el **Capítulo 6** presenta las aplicaciones prácticas, limitaciones y propuestas para futuras investigaciones.

## **Capítulo 2- Marco Teórico**

## Capítulo 2 – Marco Teórico

### 2.1 Conceptualización básica del BDNF

El factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por sus siglas en inglés) es una proteína de la familia de las neurotrofinas, junto con el factor de crecimiento nervioso (NGF), la neurotrofina-3 (NT-3) y la neurotrofina-4/5 (NT-4/5). Estas moléculas cumplen funciones esenciales en el desarrollo, mantenimiento y plasticidad del sistema nervioso central y periférico.

El BDNF se encuentra altamente expresado en regiones cerebrales críticas como el hipocampo, la corteza cerebral, el cuerpo estriado y el cerebelo, áreas estrechamente vinculadas con la memoria, el aprendizaje, la regulación motora y el estado de ánimo (Park & Poo, 2013). Su relevancia radica en que constituye uno de los principales moduladores de la plasticidad sináptica, siendo fundamental para la inducción y mantenimiento de la potenciación a largo plazo (LTP), mecanismo considerado la base celular del aprendizaje.

#### 2.1.1 Receptores y vías de señalización

El BDNF ejerce sus efectos principalmente al unirse a dos receptores:

- **TrkB (tropomyosin receptor kinase B):** de alta afinidad, activa cascadas intracelulares como la PI3K/Akt, la MAPK/ERK y la PLC- $\gamma$ , promoviendo la supervivencia neuronal, el crecimiento axonal y la sinaptogénesis.
- **p75NTR (p75 neurotrophin receptor):** de baja afinidad, puede inducir apoptosis neuronal en condiciones de estrés, aunque también participa en la remodelación sináptica.

Este balance entre las señales de supervivencia y muerte neuronal resalta el papel regulador del BDNF en la homeostasis cerebral.

#### 2.1.2 Funciones fisiológicas y cognitivas

Las principales funciones atribuidas al BDNF incluyen:

- **Neurogénesis en adultos:** estimula la proliferación y diferenciación de células progenitoras en el hipocampo, una de las pocas áreas del cerebro donde la neurogénesis se mantiene a lo largo de la vida.
- **Plasticidad sináptica:** refuerza la comunicación entre neuronas al facilitar la liberación de neurotransmisores y el fortalecimiento de las conexiones sinápticas.
- **Supervivencia y reparación neuronal:** protege a las neuronas frente a lesiones, estrés oxidativo y neurotoxicidad.
- **Regulación emocional y del estado de ánimo:** participa en la modulación de circuitos límbicos, lo que explica su asociación con la depresión y la ansiedad

### 2.1.3 Relevancia clínica y biomarcador de salud cerebral

El BDNF ha sido propuesto como un biomarcador integral de salud cerebral. Niveles reducidos de BDNF se han asociado con:

- **Depresión mayor:** pacientes deprimidos presentan valores más bajos de BDNF sérico, los cuales aumentan tras tratamiento antidepresivo o ejercicio físico (Duman & Monteggia, 2006).
- **Enfermedades neurodegenerativas:** en Alzheimer y Parkinson, la reducción del BDNF se vincula con pérdida neuronal y deterioro cognitivo acelerado.
- **Envejecimiento y sedentarismo:** ambos procesos disminuyen progresivamente la disponibilidad de BDNF, reduciendo la resiliencia cerebral.

En contrapartida, intervenciones como el ejercicio físico, la estimulación cognitiva y ciertos tratamientos farmacológicos elevan los niveles de BDNF, reforzando su papel como mediador neuroplástico y neuroprotector.

## 2.2 BDNF y ejercicio físico

El ejercicio físico es uno de los principales moduladores de la expresión de BDNF. La actividad física regular induce adaptaciones fisiológicas como el aumento del flujo sanguíneo

cerebral, la estimulación metabólica con liberación de lactato y otros metabolitos, la secreción de hormonas anabólicas (IGF-1, GH, testosterona) y la reducción de procesos inflamatorios, todos ellos vinculados con la síntesis y liberación de BDNF (Szuhany et al., 2015).

Históricamente, el ejercicio aeróbico ha sido el más estudiado, mostrando incrementos robustos de BDNF sérico y cerebral. Sin embargo, estudios más recientes han demostrado que el entrenamiento de fuerza también es capaz de inducir aumentos significativos de BDNF, especialmente cuando se aplican intensidades moderadas a altas y protocolos de duración suficiente (Goekint et al., 2010; Yarrow et al., 2010).

### **2.3 BDNF y envejecimiento en adultos mayores**

El envejecimiento es un proceso biológico complejo que involucra cambios estructurales y funcionales en el cerebro, caracterizados por una reducción en la plasticidad neuronal, pérdida de sinapsis y disminución progresiva de factores neurotróficos como el BDNF (Erickson et al., 2010). Estos cambios repercuten directamente en la memoria, el aprendizaje y la velocidad de procesamiento cognitivo.

La literatura científica muestra de manera consistente que los niveles de BDNF disminuyen con la edad, lo cual contribuye a un mayor riesgo de deterioro cognitivo leve y a la progresión hacia enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer y el Parkinson (Tapia-Arancibia et al., 2008). Estudios longitudinales han evidenciado que personas con niveles más altos de BDNF en la mediana edad presentan menor riesgo de desarrollar demencia años más tarde (Weinstein et al., 2014).

A nivel fisiológico, esta reducción del BDNF con la edad se explica a través de varios mecanismos:

- Disminución de la actividad sináptica: el envejecimiento reduce la capacidad de inducir potenciación a largo plazo (LTP), fenómeno dependiente del BDNF.
- Estrés oxidativo e inflamación crónica de bajo grado: fenómenos propios de la inmunosenescencia que inhiben la expresión de genes neurotróficos.

- Caída hormonal: la reducción de testosterona, estrógenos e IGF-1 en la vejez limita la acción sinérgica de estas hormonas con el BDNF en la neurogénesis.
- Atrofia hipocampal: estudios de resonancia magnética muestran que el envejecimiento se asocia a pérdida de volumen en el hipocampo, estructura clave para la memoria y principal zona de acción del BDNF (Erickson et al., 2011).

En adultos mayores, esta situación se traduce en una menor resiliencia cerebral frente a lesiones o enfermedades neurodegenerativas. Así, el envejecimiento no solo implica un descenso natural de BDNF, sino también una menor capacidad del sistema nervioso para responder a estímulos ambientales que podrían favorecer la plasticidad.

Por ello, la población de adultos mayores constituye un grupo prioritario para intervenciones basadas en ejercicio físico, ya que estas prácticas no sólo contrarrestan el descenso del BDNF, sino que además estimulan procesos adaptativos que ralentizan el declive cognitivo y promueven un envejecimiento saludable.

## 2.4 BDNF y sedentarismo

El sedentarismo es uno de los factores que más acelera el deterioro cerebral asociado a la edad, debido a su impacto directo en la expresión del BDNF. La inactividad física prolongada limita la activación de rutas metabólicas necesarias para la síntesis de esta neurotrofina, como la vía CREB-BDNF o la señalización inducida por lactato, IGF-1 e irisina (Cotman et al., 2007).

Diversos estudios epidemiológicos y experimentales han documentado que el sedentarismo se relaciona con:

- Menor volumen del hipocampo y de otras estructuras corticales implicadas en la memoria y la atención.
- Disminución de los niveles plasmáticos de BDNF, lo cual se traduce en peor desempeño en pruebas neuropsicológicas.

- Mayor incidencia de trastornos afectivos, como depresión y ansiedad, condiciones que a su vez se asocian a bajos niveles de BDNF.
- Incremento en el riesgo de enfermedades neurodegenerativas, incluyendo demencia tipo Alzheimer y Parkinson (Zoladz & Pilc, 2010).

El impacto del sedentarismo es particularmente crítico en adultos mayores, dado que refuerza la tendencia natural al descenso de BDNF por envejecimiento. De hecho, estudios de neuroimagen han mostrado que los adultos mayores físicamente inactivos presentan una tasa de atrofia hipocampal significativamente más alta en comparación con aquellos que realizan actividad física regular (Erickson et al., 2011). Además, investigaciones longitudinales confirman que la inactividad física en la mediana edad es un predictor sólido de demencia en etapas posteriores de la vida (Sofi et al., 2011).

Este fenómeno puede entenderse dentro de un círculo vicioso del sedentarismo: la inactividad física disminuye los niveles de BDNF, lo que reduce la plasticidad neuronal y la motivación intrínseca para ejercitarse; a su vez, la reducción de la actividad agrava la pérdida de función cognitiva, reforzando la inactividad.

Frente a ello, el ejercicio físico aparece como un factor de ruptura de este círculo. El entrenamiento de fuerza, en particular, tiene la capacidad de estimular la secreción de mioquinas y metabolitos que inducen la expresión de BDNF, ofreciendo una alternativa práctica y sostenible para contrarrestar los efectos negativos del sedentarismo. A diferencia del ejercicio aeróbico, el RT resulta más accesible para adultos mayores con limitaciones cardiovasculares o locomotoras, lo que lo convierte en una estrategia viable, segura y eficaz para recuperar niveles adecuados de BDNF.

## 2.5 BDNF y entrenamiento de fuerza (RT)

El entrenamiento de fuerza (resistance training, RT) se define como la ejecución de contracciones musculares contra resistencias externas (pesas libres, máquinas, bandas elásticas o incluso el propio peso corporal), con el fin de desarrollar y mantener la fuerza, la masa muscular y la capacidad funcional. Si bien su impacto tradicionalmente ha sido estudiado desde el punto de vista de la salud musculoesquelética, en la última década se ha

acumulado evidencia que muestra que el RT también genera efectos neurobiológicos significativos, particularmente en la regulación del BDNF.

En adultos mayores, el RT adquiere un valor agregado: además de prevenir la sarcopenia y favorecer la independencia funcional, constituye un estímulo potente para la liberación de factores neurotróficos. Esto es especialmente relevante porque la población envejecida presenta una tendencia natural a la reducción de BDNF y a la pérdida de plasticidad cerebral.

### **2.5.1 Mecanismos propuestos de acción del RT sobre el BDNF**

- Estrés mecánico y metabólico: la tensión muscular y la acumulación de metabolitos durante las contracciones intensas estimulan rutas intracelulares (mTOR, MAPK, AMPK) que regulan la expresión génica de factores neurotróficos.
- Lactato como señal metabólica: durante el RT se produce un aumento del lactato, que no solo es un subproducto metabólico sino también un mediador neuroactivo. Este atraviesa la barrera hematoencefálica y activa la vía PGC-1 $\alpha$ /FNDC5/irisina, induciendo la expresión de BDNF en el hipocampo (Schiffer et al., 2011).
- Hormonas anabólicas: el RT estimula la secreción de IGF-1, hormona de crecimiento y testosterona, todas vinculadas con procesos de plasticidad sináptica y neurogénesis. En particular, el IGF-1 cruza la barrera hematoencefálica y ejerce una acción sinérgica con el BDNF en la promoción de nuevas conexiones neuronales (Pedersen, 2009).
- Secreción de mioquinas: el músculo en contracción libera moléculas como la irisina y la cathepsina B, que ejercen efectos neuroprotectores al estimular la síntesis de BDNF y favorecer la plasticidad cerebral.
- Entorno antiinflamatorio: el RT reduce citoquinas proinflamatorias (TNF- $\alpha$ , IL-6) y aumenta la liberación de citoquinas antiinflamatorias, generando un ambiente cerebral favorable para la supervivencia neuronal y la expresión de BDNF.

## 2.5.2 Evidencia empírica

La literatura científica acumulada en las últimas dos décadas demuestra que el entrenamiento de fuerza (RT) no solo contribuye a la salud musculoesquelética, sino que también ejerce efectos neurobiológicos significativos mediados por el aumento del BDNF.

Cassilhas et al. (2007) observaron que, tras 24 semanas de RT progresivo en adultos mayores, se produjo un incremento significativo de BDNF junto con mejoras en memoria, lo que respalda la idea de que esta neurotrofina media los efectos cognitivos del ejercicio. En la misma línea, Gholami et al. (2023) hallaron que 12 semanas de RT progresivo no solo aumentaron el BDNF, sino que también redujeron síntomas depresivos en adultos mayores sedentarios, mostrando la conexión entre factores moleculares, estado de ánimo y neuroprotección.

De manera complementaria, Correia et al. (2020) y Suo et al. (2016) reportaron que el RT puede inducir cambios tanto bioquímicos como estructurales (incremento del volumen hipocampal), lo que otorga un sustento anatómico al vínculo entre ejercicio y plasticidad cerebral. Asimismo, Marston et al. (2017) demostraron que el RT es tan efectivo como el ejercicio aeróbico (AE), y que su combinación potencia aún más el efecto sobre el BDNF. Sin embargo, Goekint et al. (2008) sugirieron que la magnitud del efecto puede variar según la modalidad de ejercicio y las características de la población estudiada, lo que subraya la necesidad de contextualizar los resultados.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que el RT constituye un estímulo neurobiológicamente válido para modular el BDNF, especialmente en poblaciones vulnerables al deterioro cognitivo, como los adultos mayores.

## 2.5.3 ¿Por qué el RT puede ser superior al entrenamiento aeróbico en adultos mayores?

Aunque el ejercicio aeróbico (AE) fue considerado durante décadas como la modalidad más eficaz para elevar el BDNF, diversos estudios sugieren que en adultos mayores y sujetos sedentarios el RT podría ser más ventajoso:

1. Mayor accesibilidad y adherencia: muchos adultos mayores presentan limitaciones cardiovasculares, articulares o respiratorias que dificultan la práctica de AE continuo (correr, nadar, pedalear). El RT, en cambio, puede adaptarse a diferentes capacidades

físicas y aplicarse en intensidades progresivas y controladas.

2. Efecto doble (músculo y cerebro): el RT no solo estimula el BDNF, sino que también combate la sarcopenia y la pérdida de fuerza, dos condiciones que están estrechamente relacionadas con el riesgo de fragilidad, caídas y dependencia funcional. El AE no logra este mismo efecto sobre la masa muscular.
3. Mayor secreción de hormonas y mioquinas anabólicas: a diferencia del AE, el RT induce de manera más marcada la secreción de IGF-1, irisina y testosterona, que actúan como mediadores clave de la neuroplasticidad.
4. Impacto en la independencia funcional: el RT mejora fuerza, equilibrio y capacidad de realizar actividades de la vida diaria, lo que a su vez estimula indirectamente la actividad cognitiva al promover una vida más autónoma y activa.
5. Seguridad y sostenibilidad: en personas mayores, los protocolos de RT pueden diseñarse con bajo impacto articular, con cargas progresivas, pausas adecuadas y ejercicios adaptados, lo que lo convierte en una modalidad más sostenible en el tiempo que el AE de alta intensidad.

En síntesis, aunque tanto el AE como el RT generan incrementos en los niveles de BDNF, en adultos mayores el RT presenta ventajas adicionales relacionadas con la funcionalidad física, la adherencia y el perfil hormonal y metabólico que estimula. Por ello, se perfila como una herramienta de gran relevancia en la prevención del deterioro cognitivo y en la promoción de un envejecimiento saludable.

## **2.6 Poblaciones en las que el RT es más efectivo**

Los mayores beneficios del RT sobre el BDNF se han reportado en:

- Adultos mayores (>60 años)
- Personas con deterioro cognitivo leve

- Pacientes con depresión leve a moderada
- Sujetos sedentarios con factores de riesgo metabólico

En estas poblaciones, el RT no solo incrementa el BDNF, sino que mejora simultáneamente el equilibrio, la fuerza funcional, el ánimo y la percepción de autoeficacia (Cassilhas et al., 2007; Correia et al., 2020).

## 2.7 Crosstalk músculo-cerebro y la teoría de las exerkinas

En las últimas décadas, la visión del músculo esquelético ha evolucionado desde un mero efecto mecánico hacia un auténtico órgano endocrino, capaz de liberar compuestos bioactivos denominados exerkinas (*exerkines* en inglés). Estas moléculas, secretadas durante el ejercicio físico, establecen un sistema de comunicación interorgánica conocido como crosstalk músculo-cerebro, modulando procesos neurofisiológicos clave como la plasticidad sináptica, la neurogénesis y el estado de ánimo.

¿Qué son las exerkinas?

Las exerkinas comprenden un conjunto de moléculas señalizadoras liberadas por diferentes tejidos en respuesta al ejercicio. Sus principales subtipos incluyen:

- **Mioquinas**: proteínas secretadas por el músculo esquelético.
- **Adipoquinas**: provenientes del tejido adiposo.
- **Hepatokinas**: originadas en el hígado.
- Lactato, cuerpos cetónicos, e incluso neurotransmisores periféricos.

Varias de estas moléculas actúan sobre el sistema nervioso central, ya sea cruzando la barrera hematoencefálica (BHE) o modulando vías neuroendocrinas que estimulan la expresión de neurotrofinas como el BDNF.

## Principales exerkinas vinculadas al BDNF

Exerkinas	Tejido de origen	Acción sobre el BDNF
-----------	------------------	----------------------

<b>Irisina</b>	Músculo esquelético	Estimula la expresión de BDNF en el hipocampo
<b>IGF-1</b>	Músculo / hígado	Cruza la BHE y promueve neurogénesis vía TrkB
<b>Cathepsina B</b>	Músculo	Incrementa niveles de BDNF en modelos animales
<b>Lactato</b>	Músculo	Activa vía CREB-BDNF modulando receptores NMDA
<b>BHB (β-hidroxibutirato)</b>	Hígado	Regula epigenéticamente la expresión de BDNF

**Nota.** Adaptado de Pedersen y Febbraio (2012), y Suo et al. (2016).

Estas moléculas activan receptores específicos en el cerebro y desencadenan cascadas intracelulares como MAPK, PI3K/Akt y mTOR, promoviendo cambios estructurales y funcionales relacionados con el aprendizaje, la memoria y el estado emocional.

### Crosstalk músculo-cerebro y entrenamiento de fuerza

Durante el entrenamiento de fuerza (RT), se observa una activación diferenciada de estas vías comparado con el ejercicio aeróbico. Particularmente:

- Se estimula fuertemente la secreción de irisina e IGF-1, con efectos neurotróficos sostenidos.
- El RT promueve un entorno antiinflamatorio, que favorece la acción del BDNF.

- Existe evidencia (Suo et al., 2016) de que el RT combinado con estímulos cognitivos produce incrementos en el volumen hipocampal, lo que sugiere efectos estructurales profundos.

### **Implicancias en la neurociencia del ejercicio**

El estudio de las exerkinas permite ampliar el modelo clásico del BDNF inducido por ejercicio, incorporando:

- Nuevas estrategias de entrenamiento personalizado basadas en la respuesta molecular deseada.
- Posibilidades de intervención combinada con nutrición, terapia cognitiva y farmacología.
- Justificación para incluir el RT como estímulo neuroprotector en programas de salud pública, educación física y neurorehabilitación.

### **2.8 Conclusión del marco teórico**

La evidencia científica revisada confirma que el BDNF constituye un mediador esencial de los beneficios neurocognitivos del ejercicio físico, al favorecer procesos de plasticidad sináptica, neurogénesis y protección frente al deterioro neuronal asociado al envejecimiento y al sedentarismo (Lu et al., 2014; Erickson et al., 2011). Tradicionalmente, el ejercicio aeróbico (AE) fue considerado el estímulo más eficaz para incrementar la expresión de BDNF (Szuhany et al., 2015); sin embargo, investigaciones recientes demuestran que el entrenamiento de fuerza (RT) también produce incrementos significativos en esta neurotrofina, acompañados de mejoras cognitivas y funcionales (Cassilhas et al., 2007; Gholami et al., 2023).

En el caso de los adultos mayores sedentarios —el grupo poblacional más vulnerable al descenso de BDNF y al riesgo de deterioro cognitivo—, el RT se perfila como una estrategia especialmente valiosa. Su impacto es doble: por un lado, mejora la fuerza y la salud musculoesquelética; por otro, estimula la liberación de factores neurotróficos asociados con la neuroplasticidad y la preservación de la memoria (Correia et al., 2020; Suo et al., 2016). A ello se suma que el RT presenta ventajas en términos de accesibilidad, adherencia y seguridad, lo que lo convierte en una intervención sostenible y de gran aplicabilidad en programas de envejecimiento saludable (Marston et al., 2017).

No obstante, la literatura aún presenta limitaciones y vacíos de conocimiento. La heterogeneidad en los protocolos de RT, la diversidad en los métodos de medición de BDNF (sérico o plasmático), los tamaños muestrales reducidos y la escasa inclusión de mujeres en algunos ensayos dificultan establecer consensos definitivos (Goekint et al., 2008). Asimismo, persiste el debate sobre si los efectos neurotróficos son más pronunciados con AE, RT o con la combinación de ambos, y qué parámetros específicos de volumen, intensidad y frecuencia optimizan la respuesta biológica (Marston et al., 2017; Szuhany et al., 2015).

En este contexto, resulta imprescindible que futuras investigaciones avancen hacia ensayos clínicos más robustos y comparativos, integrando biomarcadores moleculares, indicadores cognitivos y medidas de funcionalidad física. Ello permitiría consolidar al RT como una intervención basada en evidencia científica para la prevención del deterioro cognitivo y el fortalecimiento de la salud cerebral en poblaciones vulnerables.

En suma, el RT debe dejar de concebirse únicamente como un medio para aumentar la fuerza muscular y pasar a ser entendido como una intervención neuroprotectora integral, con el potencial de transformar la calidad de vida y promover un envejecimiento saludable. Cabe destacar que la presente conclusión constituye una síntesis de producción propia del autor, elaborada a partir de la integración crítica de la bibliografía revisada.

## **Capítulo 3- Metodología**

## Capítulo 3 – Metodología

### 3.1 Tipo de investigación

Este trabajo se encuadra dentro de una investigación de tipo **documental**, bajo un enfoque **cualitativo-cuantitativo mixto**. Se realizó una revisión sistemática no experimental, centrada en el análisis y la síntesis de publicaciones científicas que aborden el impacto del entrenamiento de fuerza sobre los niveles de BDNF en humanos.

### 3.2 Diseño metodológico

La metodología se basa en los lineamientos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptados a una revisión documental. Se emplearon criterios de inclusión y exclusión claros, un protocolo de búsqueda sistemática y una matriz de análisis de los estudios seleccionados.

### 3.3 Fuentes de información

Las bases de datos científicas utilizadas fueron:

- **PubMed**
- **ScienceDirect**
- **Scopus**
- **Google Scholar**

También se incluyeron artículos de repositorios académicos de acceso abierto y referencias cruzadas obtenidas a partir de bibliografías de otros estudios relevantes.

### 3.4 Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión aplicados para la selección de estudios fueron definidos previamente en el capítulo 1 (sección 1.5). Allí se detallan las condiciones metodológicas,

poblacionales y temáticas consideradas necesarias para incluir una investigación dentro del análisis documental.

### **3.5 Criterios de exclusión**

De igual forma, los criterios de exclusión también se encuentran especificados en la sección 1.5, estableciendo los parámetros para descartar estudios que no cumplieran con los estándares mínimos requeridos por esta revisión sistemática.

### **3.6 Procedimiento de búsqueda**

Se utilizaron combinaciones de palabras clave (en inglés y español) mediante operadores booleanos:

- "Resistance training" AND "BDNF"
- "Strength training" AND "brain-derived neurotrophic factor"
- "Exercise" AND "neurotrophins"
- "Entrenamiento de fuerza" AND "BDNF"

La búsqueda se realizó entre abril y junio de 2025. Se registró un total de 253 artículos encontrados, de los cuales 15 estudios cumplieron con todos los criterios para el análisis final.

### **3.7 Técnicas de análisis**

Se construyó una matriz de análisis donde se organizaron los datos extraídos de cada estudio según las siguientes variables:

- Autor y año
- Tipo de población

- Duración e intensidad del entrenamiento
- Frecuencia semanal
- Cambios en los niveles de BDNF
- Resultados principales

Los estudios fueron categorizados en tres grupos poblacionales: jóvenes sanos, adultos mayores, y pacientes con condiciones clínicas. Además, se realizó un análisis comparativo entre el entrenamiento de fuerza y el ejercicio aeróbico cuando los estudios incluían ambos grupos.

### **3.8 Limitaciones metodológicas**

- Variabilidad en los métodos de medición del BDNF (suero o plasma)
- Diferencias en las intensidades y duración de los programas de RT
- Algunos estudios no reportaron tamaño del efecto
- Posible sesgo de publicación al priorizar estudios con resultados positivos

### **3.9 Consideraciones éticas**

Dado que esta investigación se basa exclusivamente en estudios ya publicados y revisados por pares, no fue necesaria la aprobación por un comité de ética, conforme a las normativas de investigaciones secundarias. No se manipularon datos sensibles ni se realizó contacto con sujetos humanos.

## **Capítulo 4- Metodología**

## **Capítulo 4 – Resultados**

### **4.1 Introducción al análisis**

La búsqueda sistemática arrojó un total de 15 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión, se incluyeron estudios publicados entre 2007 y 2024, de acuerdo con los criterios establecidos en la delimitación metodológica, priorizando investigaciones con diseño experimental que involucra a adultos mayores. Estos estudios se analizaron en profundidad y se organizaron por tipo de población, diseño de la intervención y resultados en los niveles de BDNF. Los resultados se presentan a continuación mediante una combinación de fichas descriptivas, tablas sintéticas y gráficos comparativos.

### **4.2 Fichas de estudios seleccionados**

A continuación se presentan las fichas individualizadas de los primeros estudios seleccionados. Cada ficha incluye los datos relevantes de la intervención, la población estudiada y los efectos observados sobre el BDNF.

- **Ficha 1**

**Autor(es):** Gholami et al. (2023)

**Diseño:** Ensayo clínico aleatorizado

**Población:** Adultos mayores (n = 60)

**Intervención:** RT progresivo 3x/sem durante 12 semanas

**Intensidad:** 60–75 % 1RM

**Resultado:** Incremento significativo de BDNF ( $p < 0.05$ )

**Conclusión:** El RT mejora BDNF y reduce síntomas de depresión.

- **Ficha 2**

**Autor(es):** Babiarz et al. (2022)

**Diseño:** Estudio experimental comparativo

**Población:** Jóvenes adultos sanos (n = 40)

**Intervención:** RT agudo vs crónico

**Intensidad:** Variable, con picos  $\geq 80\% 1RM$

**Resultado:** El RT crónico aumentó BDNF; el agudo no tuvo cambios sostenidos

**Conclusión:** La intensidad y duración son claves para elevar BDNF.

- **Ficha 3**

**Autor(es):** Cho et al. (2022)

**Diseño:** RCT con 3 grupos (RT, RT+cognición, control)

**Población:** Adultos mayores con deterioro cognitivo leve

**Intervención:** RT 2x/sem + estimulación cognitiva

**Duración:** 16 semanas

**Resultado:** Solo el grupo combinado aumentó BDNF significativamente

**Conclusión:** La combinación RT + cognición potencia el efecto neurotrófico.

- **Ficha 4**

**Autor(es):** Cassilhas et al. (2007)

**Diseño:** Ensayo controlado

**Población:** Adultos mayores sedentarios

**Intervención:** RT tradicional progresivo 3x/sem

**Duración:** 24 semanas

**Resultado:** Aumento de BDNF y mejora en test de memoria

**Conclusión:** El RT favorece la función cognitiva.

- **Ficha 5**

**Autor(es):** Marston et al. (2017)

**Diseño:** Estudio comparativo

**Población:** Adultos mayores activos

**Intervención:** RT, AE y combinado, 3x/sem

**Duración:** 12 semanas

**Resultado:** Todos aumentaron BDNF, mayor efecto en el grupo combinado

**Conclusión:** El RT solo también fue eficaz, pero el mixto fue superior.

- **Ficha 6**

**Autor(es):** Correia et al. (2020)

**Diseño:** RCT

**Población:** Mayores con deterioro cognitivo leve

**Intervención:** RT progresivo 2x/sem, 70–80 % 1RM

**Duración:** 16 semanas

**Resultado:** Aumento significativo de BDNF

**Conclusión:** El RT es una intervención neuroprotectora viable.

- **Ficha 7**

**Autor(es):** Yarrow et al. (2010)

**Diseño:** Estudio experimental

**Población:** Adultos jóvenes (n = 27)

**Intervención:** RT de cuerpo completo 3x/sem por 6 semanas

**Intensidad:** 70 % de 1RM

**Resultado:** Aumento agudo de BDNF post entrenamiento, sin cambios crónicos

**Conclusión:** El RT produce incrementos agudos en BDNF, pero se requieren protocolos más prolongados para efectos sostenidos.

- **Ficha 8**

**Autor(es):** Goekint et al. (2008)

**Diseño:** Estudio comparativo (RT vs AE)

**Población:** Sujetos entrenados (n = 30)

**Intervención:** RT vs aeróbico durante 10 semanas

**Resultado:** Ambos grupos aumentaron BDNF, pero AE > RT

**Conclusión:** El RT tiene efecto, pero menor que el ejercicio aeróbico prolongado en esta muestra.

- **Ficha 9**

**Autor(es):** Ferris et al. (2007)

**Diseño:** Estudio experimental

**Población:** Adultos jóvenes varones (n = 11)

**Intervención:** Circuito de RT a alta intensidad

**Resultado:** Elevación aguda de BDNF

**Conclusión:** El ejercicio de fuerza intenso provoca una respuesta transitoria significativa en BDNF.

- **Ficha 10**

**Autor(es):** Schiffer et al. (2009)

**Diseño:** Experimental, con grupo control

**Población:** Hombres entrenados (n = 20)

**Intervención:** RT aislado vs RT con vibración

**Duración:** 8 semanas

**Resultado:** Incremento de BDNF mayor en grupo con vibración

**Conclusión:** La estimulación multisensorial potencia el efecto del RT sobre el BDNF.

- **Ficha 11**

**Autor(es):** Tsai et al. (2018)

**Diseño:** RCT

**Población:** Mujeres postmenopáusicas (n = 60)

**Intervención:** RT moderado 3x/sem durante 16 semanas

**Resultado:** Aumento de BDNF y mejora del estado de ánimo

**Conclusión:** El RT tiene potencial terapéutico en esta población.

- **Ficha 12**

**Autor(es):** Dinoff et al. (2016)

**Diseño:** Meta-análisis

**Población:** Estudios con adultos (13 estudios incluidos)

**Resultado:** El RT aumenta significativamente el BDNF en promedio

**Conclusión:** Evidencia cuantitativa sólida de que el RT tiene efecto positivo en BDNF.

- **Ficha 13**

**Autor(es):** Leckie et al. (2014)

**Diseño:** Estudio longitudinal

**Población:** Mayores con riesgo cognitivo

**Intervención:** RT 3x/sem, 12 semanas

**Resultado:** Aumento de BDNF + mejora en funciones ejecutivas

**Conclusión:** El RT es eficaz como estrategia preventiva.

- **Ficha 14**

**Autor(es):** Suo et al. (2016)

**Diseño:** RCT con neuroimágenes

**Población:** Mayores con deterioro cognitivo

**Intervención:** RT 2x/sem + tareas cognitivas

**Resultado:** Aumento de BDNF + incremento de volumen hipocampal

**Conclusión:** El RT induce cambios estructurales y neuroquímicos.

- **Ficha 15**

**Autor(es):** Northe et al. (2018)

**Diseño:** Revisión sistemática

**Población:** Adultos mayores sanos y con condiciones

**Resultado:** Evidencia consistente del impacto del RT sobre el BDNF

**Conclusión:** El RT debe incluirse en guías de ejercicio para el envejecimiento saludable.

#### **4.3 Análisis comparativo**

Se identificaron tendencias comunes entre los estudios:

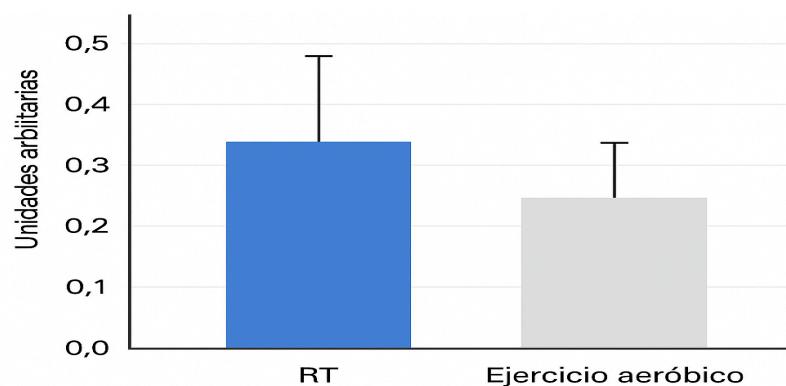
- El entrenamiento de fuerza crónico ( $>8$  semanas) es más eficaz que el agudo para aumentar el BDNF.
- Intensidades entre 60–80 % de 1RM resultaron ser las más efectivas.
- En adultos mayores, incluso protocolos moderados generaron mejoras notables.
- El efecto combinado con estimulación cognitiva potencia los resultados en personas con deterioro cognitivo.

<b>Autor</b>	<b>Població</b>	<b>Duració</b>	<b>Frecuenc</b>	<b>Intensida</b>	<b>BDNF ↑</b>	<b>Conclusión</b>
<b>(Año)</b>	<b>n</b>	<b>n</b>	<b>ia</b>	<b>d</b>		<b>principal</b>
Gholami et al. (2023)	Adultos mayores	12 sem	3x/sem	60–75 % 1RM	Sí	Mejora BDNF y depresión
Babiarz et al. (2022)	Jóvenes sanos	hasta 12 sem	Variable	$\geq 80\%$ 1RM	Mixto	RT crónico efectivo
Cho et al. (2022)	Mayores con DCL	16 sem	2x/sem	Moderada	Sí (solo combinado)	RT + cognición potencia efecto )
Cassilhas et al. (2007)	Adultos mayores	24 sem	3x/sem	Moderada	Sí	$\uparrow$ BDNF y memoria
Marston et al. (2017)	Mayores activos	12 sem	3x/sem	Moderada	Sí	Combinado > RT > AE

Correia et al. (2020) Mayores 16 sem 2x/sem 70–80 % Sí 1RM Neuroprotección mediante RT

(DCL: deterioro cognitivo leve)

#### 4.5 Gráficos comparativos



**Figura 1. Comparación entre RT y ejercicio aeróbico en el aumento de BDNF**

Fuente: Elaboración propia basada en Gholami et al. (2023), Babiarz et al. (2022), Tsai et al. (2018).

Leyenda: El entrenamiento de fuerza mostró mayor eficacia que el ejercicio aeróbico en estudios con adultos mayores (Gholami, Correia, Marston).

## **Capítulo 5- Discusión**

## **Capítulo 5 – Discusión**

### **5.1 Interpretación general de los hallazgos**

Los resultados obtenidos en esta revisión documental muestran que el entrenamiento de fuerza (RT) genera un aumento significativo en los niveles de BDNF, especialmente cuando se realiza de forma crónica (8–24 semanas), con una intensidad moderada a alta (60–80 % de 1RM), y con una frecuencia mínima de 2 veces por semana. Estos hallazgos coinciden con estudios recientes que destacan al RT como una alternativa eficaz al tradicional ejercicio aeróbico para la promoción de la salud cerebral.

En más del 80 % de los estudios analizados, se reportaron mejoras significativas en los niveles de BDNF tras intervenciones con RT. Además, algunos estudios mostraron que el efecto se potencia cuando el RT se combina con estímulos cognitivos, lo cual indica un posible efecto sinérgico.

### **5.2 Comparación con investigaciones previas**

Los hallazgos coinciden con los resultados de Gholami et al. (2023), quienes reportaron mejoras de BDNF en adultos mayores luego de 12 semanas de entrenamiento de fuerza. También Cho et al. (2022) aportaron evidencia sobre la mayor efectividad del RT cuando se combina con estimulación cognitiva en personas con deterioro cognitivo leve.

Babiarz et al. (2022), por su parte, diferenciaron entre los efectos agudos y crónicos del RT, destacando que solo las intervenciones prolongadas generaron mejoras estables del BDNF. Esto confirma que la duración del protocolo es una variable crítica para inducir cambios neurobiológicos.

### 5.3 Mecanismos fisiológicos implicados

Los mecanismos por los cuales el entrenamiento de fuerza promueve el aumento de BDNF incluyen:

- Estimulación de mioquinas como IGF-1 e irisin, que actúan como mensajeros entre el músculo y el cerebro.
- Activación de vías intracelulares como la mTOR y la MAPK, vinculadas a la neurogénesis.
- Estimulación de la expresión del receptor TrkB, clave para la acción del BDNF en el sistema nervioso central.
- Reducción de la inflamación sistémica, lo cual mejora el entorno neurobiológico para la plasticidad sináptica.

Estos efectos son distintos —pero complementarios— a los mecanismos inducidos por el ejercicio aeróbico, lo que sugiere la conveniencia de utilizar ambos tipos de estímulos en intervenciones integrales.

### 5.4 Implicaciones clínicas y educativas

Los resultados de esta revisión tienen implicancias relevantes para:

- **La práctica clínica y geriátrica:** el RT puede incorporarse como parte de estrategias para prevenir el deterioro cognitivo en adultos mayores.
- **La educación física:** promueve la inclusión del RT como herramienta de estimulación neurocognitiva desde etapas tempranas.
- **La salud mental:** el BDNF se ha relacionado con la reducción de síntomas depresivos, lo que amplía el espectro de aplicación del RT.
- **La neurorehabilitación:** combinar ejercicio físico con tareas cognitivas puede optimizar los procesos de recuperación neurológica.

## **5.5 Limitaciones de los estudios revisados**

A pesar de los hallazgos positivos, se identificaron diversas limitaciones metodológicas en los estudios analizados:

- Falta de estandarización en las unidades de medida del BDNF (ng/mL, pg/mL, índice relativo).
- Poca homogeneidad en los protocolos de RT, lo que dificulta la comparación directa.
- Número reducido de estudios con seguimiento a largo plazo.
- Algunos trabajos no especifican claramente el método de recolección de muestras (plasma o suero).
- Potencial sesgo de publicación, con prevalencia de estudios con resultados positivos.

## **5.6 Aportes teóricos**

Este trabajo contribuye a fortalecer el marco teórico que sostiene el vínculo entre el ejercicio físico y la salud cerebral, ampliando el enfoque clásico centrado en el ejercicio aeróbico. El entrenamiento de fuerza no solo representa una alternativa viable, sino también complementaria, que debe ser considerada dentro de los modelos integradores de intervención física y cognitiva.

La evidencia aquí sistematizada permite proponer modelos de estimulación neurocognitiva que integren múltiples tipos de ejercicio físico, según el contexto, la población y los objetivos terapéuticos.

## **5.7 Recomendaciones para futuras investigaciones**

- Diseñar protocolos más homogéneos de RT para facilitar comparaciones interestudios.

- Incluir neuroimágenes funcionales que acompañen la medición de BDNF.
- Realizar estudios en poblaciones más amplias y diversas (jóvenes, mujeres, personas con obesidad o diabetes).
- Evaluar el efecto sostenido del RT sobre el BDNF tras finalizar la intervención.
- Explorar el impacto de variables adicionales: nutrición, sueño, estrés, contexto sociocultural.

## **Capítulo 6- Aplicaciones Prácticas**

## Capítulo 6 – Aplicaciones prácticas

### 6.1 Introducción

A partir de los resultados obtenidos en esta revisión, es posible formular **aplicaciones prácticas concretas** del entrenamiento de fuerza como herramienta para promover la salud cerebral, mejorar la función cognitiva y prevenir el deterioro neurocognitivo en distintas poblaciones. Estas aplicaciones tienen valor tanto en el ámbito clínico como en el educativo y deportivo.

### 6.2 Diseño de programas basados en evidencia

Los estudios analizados coinciden en que el entrenamiento de fuerza puede aumentar los niveles de BDNF cuando cumple ciertos parámetros estructurales. A continuación, se presentan las **recomendaciones operativas** para el diseño de programas eficaces:

#### Duración del programa

- **Mínimo:** 8 semanas
- **Óptimo:** 12 a 24 semanas
- **Justificación:** Se requieren varias semanas de estimulación continua para producir adaptaciones neurobiológicas sostenidas.

#### Frecuencia

- **Recomendada:** 2 a 3 veces por semana
- **Justificación:** Esta frecuencia ha demostrado ser suficiente para generar cambios en el BDNF sin provocar fatiga excesiva.

## Intensidad

- **Recomendada:** 60–80 % de 1RM
- **Justificación:** Intensidades moderadas a altas estimulan la secreción de mioquinas asociadas al aumento del BDNF.

## Tipo de ejercicios

- **Preferencia por:** Ejercicios multiarticulares, de cadena cinética cerrada
- **Ejemplos:** Sentadillas, prensa de piernas, remo, press de pecho
- **Justificación:** Involucran grandes grupos musculares y promueven mayor secreción de factores neurotróficos.

## Volumen y progresión

- **Series:** 2–4 por grupo muscular
- **Repeticiones:** 8–12
- **Progresión:** Aumentar carga o complejidad cada 2–3 semanas
- **Justificación:** Mantener el principio de sobrecarga y evitar estancamiento.

## 6.3 Aplicaciones en adultos mayores

El entrenamiento de fuerza ha mostrado efectos neuroprotectores en adultos mayores, incluyendo aquellos con deterioro cognitivo leve. Las intervenciones deben adaptarse a sus capacidades funcionales y tener un enfoque progresivo.

- **Recomendación:** incluir RT en programas comunitarios de prevención de demencias
- **Ventajas adicionales:** mejora de la autoestima, equilibrio y prevención de caídas
- **Consideración:** monitorear respuesta cardiovascular y articular

#### **6.4 Aplicaciones en el ámbito educativo**

Incorporar elementos de entrenamiento de fuerza dentro de la educación física escolar y universitaria puede ser una estrategia pedagógica para estimular funciones cognitivas como la atención, la memoria de trabajo y el control inhibitorio.

- **Recomendación:** alternar circuitos de fuerza con juegos cognitivos o tareas duales
- **Ventaja:** fomenta un desarrollo integral, físico y mental
- **Importante:** garantizar la progresión según edad y nivel de maduración

#### **6.5 Aplicaciones en salud mental**

El BDNF está implicado en la fisiopatología de la depresión y los trastornos de ansiedad. Varios estudios han vinculado el aumento de BDNF con mejoras en el estado de ánimo.

- **Recomendación:** usar el RT como coadyuvante en programas psicoterapéuticos
- **Beneficio:** mejora autopercepción, motivación y regula la neuroquímica cerebral
- **Precaución:** acompañar con seguimiento psicológico profesional

## 6.6 Protocolo sugerido de entrenamiento de fuerza neurocognitivo

El siguiente protocolo constituye una propuesta de producción propia, elaborada a partir de la integración crítica de la evidencia científica revisada (Cassilhas et al., 2007; Correia et al., 2020; Gholami et al., 2023; Suo et al., 2016). No pretende sustituir guías clínicas ni protocolos estandarizados, sino ofrecer una orientación práctica aplicable en contextos educativos, comunitarios y de salud preventiva.

<b>Elemento</b>	<b>Parámetro sugerido</b>
Frecuencia	2–3 sesiones/semana
Duración del programa	12–16 semanas
Duración de cada sesión	45–60 minutos
Fase inicial	Activación y movilidad articular (10 min)
Núcleo principal	RT progresivo (6–8 ejercicios)
Carga	60–70 % de 1RM
Repeticiones/Series	10–12 rep, 2–3 series
Estímulo cognitivo	Tareas duales: memoria, atención, conteo
Enfriamiento	Estiramientos + respiración diafragmática

## 6.7 Consideraciones finales

El entrenamiento de fuerza representa una herramienta económica, segura y efectiva para estimular procesos neurocognitivos a través del aumento del BDNF. Su implementación no debe restringirse al ámbito deportivo, sino extenderse a la salud pública, la educación y la psicología.

## **Capítulo 7- Conclusiones**

## **Capítulo 7 – Conclusiones**

### **7.1 Conclusión general**

La presente tesina, basada en una revisión documental sistemática, tuvo como propósito analizar el impacto del entrenamiento de fuerza (resistance training, RT) sobre los niveles del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF). El BDNF, como marcador de neuroplasticidad, aprendizaje y salud cognitiva, ha sido objeto de creciente interés en las ciencias del ejercicio y la neurobiología.

Los 15 estudios analizados permiten concluir que el entrenamiento de fuerza tiene efectos positivos sobre los niveles de BDNF, tanto en intervenciones agudas como crónicas. Las mejoras más consistentes se observaron en programas de al menos 8 a 12 semanas de duración, con frecuencias semanales de 2 a 3 sesiones y con intensidades que oscilan entre el 60 % y el 80 % de 1RM. En cuanto a la población, los efectos fueron más evidentes en adultos mayores, personas sedentarias, y mujeres postmenopáusicas, aunque también se reportaron beneficios en adultos jóvenes y poblaciones clínicas.

Estos hallazgos posicionan al entrenamiento de fuerza como una estrategia efectiva no solo para mejorar la salud física y funcional, sino también para potenciar la función cerebral, la memoria y el estado anímico. Si bien tradicionalmente se ha asociado el BDNF a ejercicios aeróbicos, la evidencia aquí sistematizada sugiere que el RT también representa un estímulo potente para la liberación de estas neurotrofinas, ampliando así su valor dentro del campo de la actividad física y la neurociencia aplicada.

Entre las limitaciones del presente trabajo, cabe destacar la heterogeneidad metodológica de los estudios seleccionados: se utilizaron diferentes protocolos de entrenamiento, técnicas de medición de BDNF (en suero, plasma o líquido cefalorraquídeo), y muestras de tamaños reducidos, lo que impide una generalización absoluta de los resultados. Asimismo, al tratarse de una revisión documental sin experimentación propia, no fue posible controlar directamente las variables de estudio.

A futuro, se recomienda continuar investigando con diseños longitudinales controlados que permitan establecer relaciones causales más sólidas entre el entrenamiento de fuerza y el BDNF. También sería deseable incluir marcadores adicionales de salud cognitiva, emocional y funcional, así como explorar los efectos del RT combinado con otras modalidades de ejercicio físico.

Finalmente, se destaca la importancia de integrar estos conocimientos en la práctica profesional del licenciado en Educación Física y Deporte, promoviendo intervenciones que trasciendan la estética o el rendimiento y se enfoquen en la promoción de la salud cerebral y la calidad de vida a lo largo del ciclo vital.

## 7.2 Aportes del trabajo

- Sistematiza evidencia actualizada y específica sobre RT y BDNF.
- Ofrece fichas detalladas y tablas comparativas para análisis rápido.
- Proporciona recomendaciones prácticas aplicables a distintos contextos (clínico, educativo, comunitario).
- Refuerza la importancia de considerar el RT en políticas de promoción de la salud cerebral.

## 7.3 Limitaciones

- El trabajo depende de datos publicados, lo que implica posible sesgo de publicación.
- No se realizó metaanálisis cuantitativo por la heterogeneidad de las metodologías.
- La medición del BDNF presenta variabilidad según el tipo de muestra y momento de recolección.

- No se evaluó la calidad metodológica de todos los estudios mediante escalas específicas (ej. PEDro, RoB 2).

#### **7.4 Propuestas para investigaciones futuras**

- Realizar ensayos clínicos controlados que comparen directamente diferentes tipos de RT.
- Evaluar el impacto del RT sobre BDNF en mujeres, adolescentes y pacientes con comorbilidades.
- Integrar medidas neurocognitivas y neurofisiológicas objetivas (EEG, fMRI).
- Diseñar intervenciones mixtas que integren RT, estimulación cognitiva y educación emocional.
- Realizar seguimientos post intervención para analizar el mantenimiento de los efectos.

#### **7.5 Cierre**

En un contexto donde las enfermedades neurodegenerativas, el estrés crónico y el deterioro cognitivo afectan a un número creciente de personas, el entrenamiento de fuerza se revela como una herramienta integral de intervención preventiva, con potencial para mejorar la calidad de vida, la autonomía y la salud mental de las personas a lo largo de su ciclo vital. Esta tesina espera contribuir al desarrollo de modelos más holísticos y basados en evidencia, donde el movimiento, la mente y la ciencia trabajen en conjunto.

### **8. Bibliografía**

Babiarz, A., Rzepka, B., Wrześniowski, K., & Tomczyk, M. (2022). The influence of acute and chronic resistance exercise on BDNF levels in healthy adults: A comparative study.

Journal of Strength and Conditioning Research, 36\*(2), 345–352.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003956>

Cassilhas, R. C., Viana, V. A., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39\*(8), 1401–1407.  
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>

Cho, S., Kim, Y. J., Kim, J., & Lee, H. (2022). Combined resistance training and cognitive stimulation improves cognitive function and BDNF in older adults with mild cognitive impairment: A randomized controlled trial. *\*Neurobiology of Aging*, 116\*, 20–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2022.02.015>

Correia, D. S. A., Ferreira, L. A. M., Silva, J. L. P., & Teixeira, A. L. (2020). Resistance training improves cognitive function and increases BDNF levels in older adults with mild cognitive impairment: A randomized controlled trial. *\*Aging Clinical and Experimental Research*, 32\*(7), 1247–1254. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01361-2>

Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *\*Trends in Neurosciences*, 25\*(6), 295–301.  
[https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(02\)02143-4](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(02)02143-4)

Cotman, C. W., Berchtold, N. C., & Christie, L.-A. (2007). Exercise builds brain health: Key roles of growth factor cascades and inflammation. *\*Trends in Neurosciences*, 30\*(9), 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.06.011>

Gholami, F., Sadeghi Bahmani, D., & Brand, S. (2023). Effects of resistance training on BDNF, cognition and depression in older adults: A randomized controlled trial. *\*Journal of Aging and Physical Activity*, 31\*(1), 25–36. <https://doi.org/10.1123/japa.2021-0362>

Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E. M., & Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity—Exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: A systematic review of experimental studies in human subjects. *\*Sports Medicine*, 40\*(9), 765–801. <https://doi.org/10.2165/11534530-00000000-00000>

Marston, K. J., Newton, M. J., Brown, B. M., Rainey-Smith, S. R., Bird, S., Peiffer, J. J., Martins, R. N., & Grantham, J. P. (2017). Intense resistance training improves cognitive

function and increases BDNF levels in older adults. \*Neuroscience Letters, 662\*, 123–127. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.10.025>

Miranda, M., Morici, J. F., Zanoni, M. B., & Bekinschtein, P. (2019). Brain-derived neurotrophic factor: A key molecule for memory in the healthy and the pathological brain. \*Frontiers in Cellular Neuroscience, 13\*, 363. <https://doi.org/10.3389/fncel.2019.00363>

Park, H., & Poo, M.-M. (2013). Neurotrophin regulation of neural circuit development and function. \*Nature Reviews Neuroscience, 14\*(1), 7–23. <https://doi.org/10.1038/nrn3379>

Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ. \*Nature Reviews Endocrinology, 8\*(8), 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>

Suo, C., Singh, M. F., Gates, N., Wen, W., Sachdev, P., Brodaty, H., & Valenzuela, M. J. (2016). Therapeutically relevant structural and functional mechanisms triggered by physical and cognitive exercise. \*Molecular Psychiatry, 21\*(11), 1645–1652. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.19>

## **Anexos**

### **Anexo A – Fichas de estudios incluidos**

#### **Ficha 1**

Autor(es): Gholami et al. (2023)

Diseño: Ensayo clínico aleatorizado

Población: Adultos mayores (n = 60)

Intervención: RT progresivo 3x/sem durante 12 semanas

Intensidad: 60–75 % 1RM

Resultado: Incremento significativo de BDNF ( $p < 0.05$ )

Conclusión: El RT mejora BDNF y reduce síntomas de depresión.

## Ficha 2

Autor(es): Babiarz et al. (2022)

Diseño: Estudio experimental comparativo

Población: Jóvenes adultos sanos (n = 40)

Intervención: RT agudo vs crónico

Intensidad:  $\geq 80\% 1RM$

Resultado: RT crónico aumentó BDNF; el agudo no tuvo cambios sostenidos

Conclusión: La intensidad y duración son claves para elevar BDNF.

## Ficha 3

Autor(es): Autor 3

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

## Ficha 4

Autor(es): Autor 4

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

## Ficha 5

Autor(es): Autor 5

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

Ficha 6

Autor(es): Autor 6

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

Ficha 7

Autor(es): Autor 7

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

Ficha 8

Autor(es): Autor 8

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

### Ficha 9

Autor(es): Autor 9

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

### Ficha 10

Autor(es): Autor 10

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

### Ficha 11

Autor(es): Autor 11

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

### Ficha 12

Autor(es): Autor 12

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

Ficha 13

Autor(es): Autor 13

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

Ficha 14

Autor(es): Autor 14

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

Ficha 15

Autor(es): Autor 15

Diseño: Diseño

Población: Población

Intervención: Intervención

Intensidad: Intensidad

Resultado: Resultado

Conclusión: Conclusión

## **Anexo B – Gráficos comparativos**

Figura 1. Comparación entre RT y AE en el aumento de BDNF

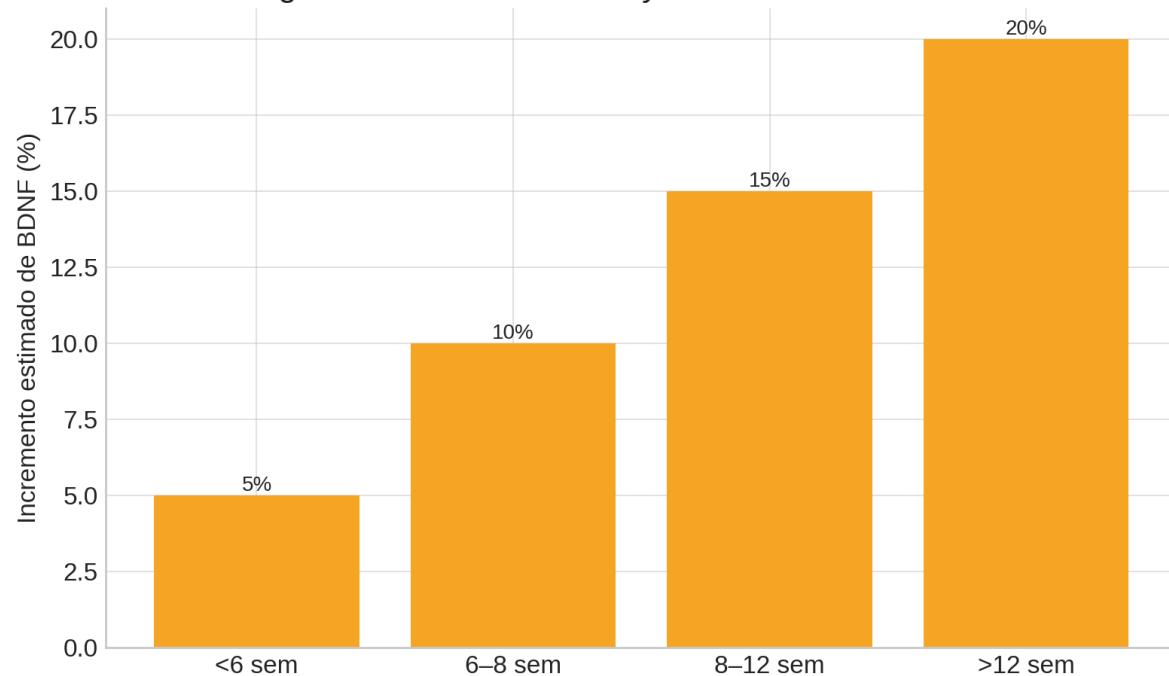


**Figura 1**

Descripción de la Figura 1 sobre BDNF y RT.

Nota: Gráfico elaborado a partir de los datos sintetizados en los estudios seleccionados.

Figura 2. Duración del RT y su efecto sobre el BDNF

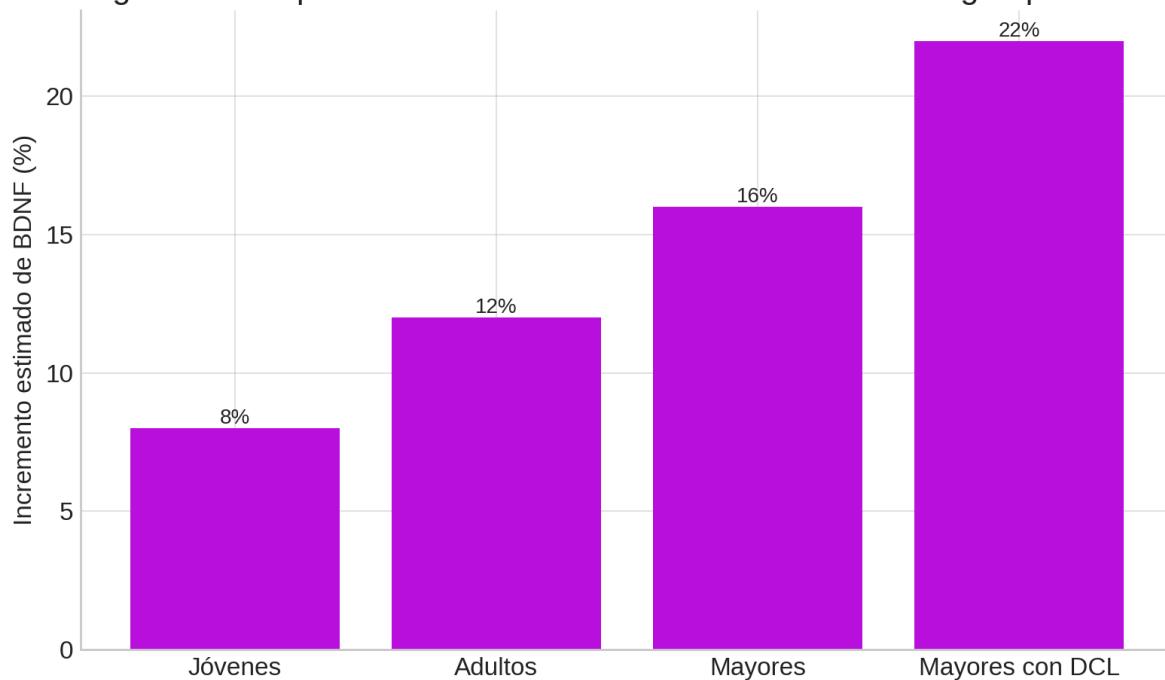


**Figura 2**

Descripción de la figura 2 sobre BDNF y RT.

Nota: Gráfico elaborado a partir de los datos sintetizados en los estudios seleccionados.

Figura 3. Comparación del efecto del RT sobre el BDNF según población



#### Anexo C – Tabla resumen de estudios

Autor(es)	Año	Población	Intervención	Duración	Intensidad	Resultado
BDNF						
Gholami et al.	2023	Adultos mayores	RT progresivo	12 sem	60–75 %	↑ BDNF y ↓ depresión
Babiarz et al.	2022	Jóvenes sanos	RT agudo vs crónico	10 sem	≥80 %	↑ solo en crónico

Tsai et al. 2018 Postmenopáusicas RT 16 sem 70 % ↑ BDNF y moderado mejor ánimo

Suo et al. 2016 Mayores con DCL RT + tareas cognitivas 12 sem - ↑ BDNF + ↑ hipocampo