



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

MAESTRÍA EN PSICOLOGÍA DE LA SALUD

TESIS

**EFFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO MULTICOMPONENTE SOBRE LA
OSTEOCALCINA Y MEMORIA DE ADULTOS MAYORES CON DETERIORO
COGNITIVO LEVE AMNÉSICO**

**Para obtener el grado de
Maestra en Psicología de la Salud**

PRESENTA

Lic. en Psic. Verónica Jiménez Morales

Director

Dr. Luis Israel Ledesma Amaya

Codirectora

Dra. Paola Almitra Vázquez Moreno

Miembros del Comité:

Dr. Luis Delgado Olivares

Dr. Abel Lerma Talamantes

Dra. Lilián Elizabeth Bosques Brugada

Pachuca de Soto, Hgo., mayo 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias de la Salud

School of Medical Sciences

Área Académica de Psicología

Department of Psychology

18 de marzo de 2025

ICSa/MPS/053/2025

Asunto: Autorización de impresión de tesis

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE

El Comité Tutorial de la tesis titulada: *"Efecto del ejercicio físico multicomponente sobre la osteocalcina y memoria de adultos mayores con deterioro cognitivo leve amnésico"*, realizada por la sustentante: Verónica Jiménez Morales, con número de cuenta: 490067, estudiante del programa de posgrado de Maestría en Psicología de la Salud, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.



Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"
Pachuca de Soto, Hidalgo a 18 de marzo de 2025

El Comité Tutorial

DIRECTOR	Dr. Luis Israel Ledesma Amaya
CO-DIRECTOR	Dra. Paola Almitra Vázquez Moreno
MIEMBRO DEL COMITÉ	Dr. Luis Delgado Olivares
MIEMBRO DEL COMITÉ	Dr. Abel Lerma Talamantes
MIEMBRO DEL COMITÉ	Dra. Lilián Elizabeth Bosques Brugada

C.p. Archivo
AIVORMIGS

"Amor, Orden y Progreso"

Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera
Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo,
México. C.P. 42174
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41531 y 41550
psicologia@uaeh.edu.mx



2025



uaeh.edu.mx

Este proyecto de investigación se realizó con el apoyo del programa nacional de posgrados de Calidad (PNPC) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) encargados de promover el avance de la investigación científica, bajo el proyecto denominado “Efecto del ejercicio físico multicomponente sobre la osteocalcina y memoria de adultos mayores con deterioro cognitivo leve amnésico”, con número de apoyo 842058 del programa 006221-Maestría en Psicología de la Salud y número de CVU 562127 bajo la responsabilidad del Dr. Luis Israel Ledesma Amaya y la revisión de la Dra. Paola Almitra Vázquez Moreno, Dr. Luis Delgado Olivares, Dr. Abel Lerma Talamantes y Dra. Lilián Elizabeth Bosques Brugada como parte del área académica de Psicología (UAEH-ICSA) de la Maestría en Psicología de la Salud orientada a la investigación con número de cuenta 295077.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, (UAEH), por permitirme aprender y desarrollar mis habilidades de investigación y a cada uno de los maestros que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Centro Latinoamericano de Educación Médica (CLEMPS) y personal de la coordinación del área de enfermería de ICSA por el préstamo de sus instalaciones y apoyo de su personal especializado para efectuar la extracción de muestras sanguíneas a los participantes.

Al Grupo Gerontológico del municipio de Tepatepec de Francisco I. Madero (Cerro de Arcilla), por permitir la realización del proyecto de investigación en su grupo de adultos mayores en un periodo de enero a octubre de 2024.

A la la Biblioteca Pública de Tepatepec, Francisco I. Madero por el préstamo de sus instalaciones para dar seguimiento a las diferentes actividades de esta investigación y a cada uno de los participantes por su inestimable participación y entusiasmo.

Al Dr. Israel Ledesma Amaya, por aceptarme como tutor, brindarme su paciencia, valioso apoyo constante y conocimientos.

A la Dra. Paola Almitra Vázquez Moreno, por su presencia, enseñanzas y por apoyarme para experimentar por primera vez una ponencia en un congreso internacional.

Al Dr. Luis Delgado Olivares, por su inestimable apoyo en el laboratorio, sus amplias enseñanzas y abrirme un nuevo panorama hacia el interesante campo de la Psicología molecular.

Al Dr. Abel Lerma Talamantes, por sus incisivas y atinadas correcciones.

A la Dra. Dra. Lilián Elizabeth Bosques Brugada, por todas sus enseñanzas y aportaciones.

A cada uno de los miembros de mi comité tutor por sus valiosas contribuciones, para el desarrollo y conclusión del presente trabajo, así como de la publicación del Artículo de Revisión: “Efecto de la osteocalcina y el ejercicio físico, sobre la función cognitiva en adultos y adultos mayores: una revisión sistemática”, publicado en la Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento, cuyo contenido incluyó parte de la Revisión Sistemática de esta tesis. Se incluye la portada en el apéndice H.

A Dios, por devolverme la funcionalidad física y con ello permitirme aprender a valorar las bondades del ejercicio físico, así como las necesidades de salud que tienen algunos grupos vulnerables. Ambos motivos me inspiraron a desarrollar esta tesis.

A mi madre, Rosalía Morales Peña por su soporte incondicional y a mis hermanos: Lidia, Fernando, Manuel y Rocío, quienes me alentaron cuando tomé la decisión de estudiar esta maestría. Especialmente a Rocío, por su gran apoyo.

A la Sra. Rosa María López Juárez, su presencia fue clave durante el desarrollo de la intervención de este proyecto, siendo una gran motivación para generar cohesión entre el grupo de adultos del Centro Gerontológico de Actopan y una servidora.

A Roberto Arenas Paredes, Uziel Sarmiento Espíndola, Claudio Alberto Sánchez y Armando Salas Rojas por brindarme generosamente sus conocimientos y apoyo técnico.

A la Dra. Nathzidy Rivera Urbina y su equipo de la UABC, Ensenada por recibirme durante el periodo de mi Estancia de Investigación y permitirme compartir con ellos grandes aprendizajes.

A aquellas personas virtuales y gente que conocí durante mi estancia en el estado de Hidalgo, quienes me regalaron su amistad y palabras de aliento en los momentos de soledad cuando estando lejos de mi lugar de origen, solo cuatro paredes y una computadora me acompañaban.

Índice

Abreviaturas	1
Resumen	5
Abstract	6
Capítulo I. Deterioro cognitivo leve amnésico en la vejez.....	11
1.1 Vejez	11
1.2 Semiología de la memoria	15
1.2.1 Bases neuroanatómicas de la memoria	18
1.2.2 Otras áreas cognitivas relacionadas con la función de memoria	21
1.3 Deterioro cognitivo leve amnésico.....	23
1.3.1 Diagnóstico neuropsicológico y tratamiento	25
1.3.2 Tratamiento.....	26
1.3.3 Modelo de promoción de la salud y prevención de la enfermedad	28
Capítulo II. Ejercicio físico como intervención secundaria del deterioro cognitivo leve amnésico ...	30
2.1 Definición de capacidad física, inactividad, actividad y ejercicio físico	30
2.2 El ejercicio físico multicomponente	31
2.2.1 Composición y diseño del programa de ejercicio físico multicomponente	34
2.3 Efectos neurobiológicos producidos por la práctica del ejercicio físico	37
2.4 Efectos del ejercicio físico en el síndrome de fragilidad del adulto mayor.....	40
2.5 Efectos del ejercicio físico a nivel biomolecular.....	42
2.5.1 Osteocalcina.....	45
Capítulo III. Intervenciones basadas en ejercicio físico, incidencia en los niveles de osteocalcina y función cognitiva de adultos y adultos mayores con y sin deterioro cognitivo	54
Capítulo IV. Planteamiento del problema.....	76
4.1 Justificación	77
4.2 Viabilidad del proyecto	79
4.3 Planteamiento del problema etapa 1.....	79
4.3.1 Pregunta de investigación	79
4.3.2 Objetivo general.....	80
4.3.3 Objetivos Específicos	80
4.3.4 Hipótesis de trabajo	80
4.4. Planteamiento del problema Etapa 2.....	80

4.4.1 <i>Pregunta de investigación</i>	80
4.4.2 <i>Objetivo general</i>	81
4.4.3 <i>Objetivos Específicos</i>	81
4.4.4 <i>Hipótesis de trabajo</i>	81
Capítulo V. Método	83
5.1 Tipo de estudio y diseño de investigación Etapa 1	83
5.1.1 <i>Población de estudio</i>	83
5.1.2 <i>Determinación de la muestra</i>	83
5.1.3 <i>Criterios de inclusión, exclusión y eliminación</i>	84
5.1.4 <i>Procedimiento</i>	84
5.2. Tipo de estudio y diseño de investigación, etapa 2	91
5.2.1 <i>Población</i>	93
5.2.2 <i>Muestra y muestreo</i>	93
5.2.3 <i>Criterios de inclusión</i>	99
5.2.4 <i>Criterios de exclusión</i>	99
5.2.5 <i>Criterios de eliminación</i>	99
5.3 Variables del estudio	100
5.4 Descripción de las técnicas empleadas	105
5.5 Procedimiento	117
Capítulo VI. Resultados	127
6.1 Etapa 1: Resultados de la Validación cualitativa por expertos de la intervención	127
6.2 Etapa 2: Exploración del efecto de la intervención	139
6.2.1 <i>Resultados de la aplicación del Programa de ejercicio físico multicomponente</i>	139
6.2.2 <i>Análisis descriptivo de la muestra</i>	140
6.2.3 <i>Prueba de normalidad de las variables</i>	145
6.2.4 <i>Análisis inferencial de la muestra</i>	147
Capítulo VII. Discusión	158
7.1 Discusión Etapa 1	158
7.2 Discusión Etapa 2	159
7.3 Limitaciones, fortalezas y sugerencias	169
7.4 Conclusiones	171
Referencias bibliográficas	172
Apéndice A. Análisis de las intervenciones	214

Apéndice B. Cuento de las intervenciones	217
Apéndice C. Sesión 1: Carta Descriptiva del programa de ejercicio físico multicomponente	218
Apéndice D. Consentimiento voluntario informado.....	224
Apéndice E. Dictamen del Comité de ética e Investigación.....	226
Apéndice F. Ítems con claves para cuestionario por juicio de expertos	227
Apéndice G. Portada de artículo de Revisión publicado por la Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento que formó parte de la presente tesis.	231

Índice de tablas

Tabla 1.	Cambios cognitivos durante la vejez.	.....	14
Tabla 2.	Subtipos de DCL por etiología, patología, presentación clínica y evolución.	.....	25
Tabla 3.	Tipología de pasaporte de PEFM para efectuar el ejercicio correspondiente.	.....	36
Tabla 4.	Exerquinas.	.....	44
Tabla 5.	Calidad metodológica de los estudios aleatorizados de acuerdo a la escala PEDro.	.....	74
Tabla 6.	Operacionalización de variables.	.....	100
Tabla 7.	Resultados de las Fuentes de argumentación para evaluar a los jueces expertos.	.....	128
Tabla 8.	Características demográficas de los jueces.	.....	129
Tabla 9.	Parámetro: Suficiencia.	.....	131
Tabla 10.	Parámetro: Relevancia.	.....	132
Tabla 11.	Parámetro: Claridad.	.....	134
Tabla 12.	Parámetro: Organización.	.....	136
Tabla 13.	Sugerencias de los expertos por parámetro en cuanto al PEFM.	.....	138
Tabla 14.	Características sociodemográficas y clínicas de los participantes por grupo (G1 y G2).	.....	140
Tabla 15.	Pretest: Intergrupo: variables dependientes nivel de OC, codificación y evocación de la función de memoria episódica.	.....	146
Tabla 16.	Resultados pruebas multivariantes (MANOVA) de medidas repetidas.	.....	148
Tabla 17.	Resultados del análisis de varianza inter-sujetos (ANOVA) para las variables dependientes.	.....	148
Tabla 18.	Medias (desviaciones estándar) pre intervención y post intervención por cada Variable dependiente.	.....	157

Índice de figuras

Figura 1.	El Sistema Límbico.	.....	18
Figura 2.	Conexiones en la formación hipocampal.	.....	20
Figura 3.	Principales estructuras e interconexiones cerebrales implicadas en el proceso de memoria.	.....	21
Figura 4.	Test de levantarse y caminar.	.....	35
Figura 5.	Papel de las exerquinas en la mediación de los efectos neuroprotectores.	.....	43
Figura 6.	Representación esquemática del ciclo del fosfatidil inositol (IP3).	.....	49
Figura 7.	RbAp48 en la señalización de GPR158/OC y reduce la de pérdida de memoria.	.....	50
Figura 8.	Diagrama de flujo basado en PRISMA 2009.	.....	55
Figura 9.	Ejemplo de los tipos de ejercicio multicomponente mostrados en la Carta descriptiva.	.....	86
Figura 10.	Ensayo clínico (EC) clásico.	.....	92
Figura 11.	Diagrama de la relación de los elementos del método empleado.	.....	98
Figura 12.	Preparación de la solución estándar.	.....	120
Figura 13.	Curva estándar y ecuación obtenida a partir del programa Curve Expert 1.4	.....	122
Figura 14.	Gráficas puntajes SPPB pretest y postest.	.....	143
Figura 15.	Gráficas puntajes TUGT pretest y postest.	.....	144
Figura 16.	Gráficas puntajes MoCA pretest y postest.	.....	144
Figura 17.	Perfil de variable nivel de OC a lo largo del tiempo por grupo.	.....	150
Figura 18.	Perfil de variable evocación categorías a lo largo del tiempo por grupo.	.....	151
Figura 19.	Perfil de variables: evocación figura semi compleja y codificación figura semi compleja a lo largo del tiempo por grupo.	.....	153
Figura 20.	Perfil de variable: porcentaje de memoria lógica a lo largo del tiempo por grupo.	.....	154
Figura 21.	Perfil de variable: evocación espontánea, codificación palabras, evocación categorías a lo largo del tiempo por grupo.	.....	156

Abreviaturas

5-BRDU:	5-bromo-2-desoxiuridina
Aa:	Aminoácidos
APOE:	Apolipoproteína E
ATP:	Adenosin trifosfato
BANFE 2:	Batería neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales 2
BDNF/FNDC:	Factor neurotrófico derivado del cerebro (por sus siglas en inglés: Brain derived neurotrophic factor)
CASI:	Instrumento de Detección de Habilidades Cognitivas
CIE-11:	Norma internacional para el registro, la notificación, el análisis, la interpretación y la comparación sistemática de los datos de mortalidad y morbilidad, versión 11
CONOCER:	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales
cOCN:	Osteocalcina carboxilada
DCL:	Deterioro cognitivo leve
DCL-A:	Deterioro cognitivo leve amnésico
DeCS/MeSH:	Medical Subject Headings (por sus siglas en inglés: Descriptores en Ciencias de la Salud)
DMO:	Densidad mineral ósea
EA:	Enfermedad de Alzheimer
FAQ:	Cuestionario de actividad funcional
FGF-23:	Factor de crecimiento fibroblástico 23
GABA:	Ácido gamma-aminobutírico

GDP:	Guanosín difosfato
GDS/EDG:	Escala de depresión geriátrica (por sus siglas en inglés: Geriatric depression Scale)
GPCR:	Receptor acoplado a proteína G
GTP:	Guanosín trifosfato
HIIE:	Ejercicio interválico de alta intensidad
INSABI:	Instituto de Salud para el Bienestar
ICF/FIC:	Facilitación intracortical (por sus siglas en inglés: Intracortical facilitation)
IGF-1:	Factor de crecimiento insulínico tipo 1
IL-6:	Interleucina 6
IMC:	Índice de masa corporal
IMSS:	Instituto Mexicano del Seguro Social
INGER:	Instituto Nacional de Geriátria
IP3/ InsP3:	Trifosfato de inositol
K- MMSE:	Mini examen del estado mental coreano
MCP:	Memoria de corto plazo
MEC:	Matriz extracelular
MLP:	Memoria de largo plazo
MMSE:	Mini examen del estado mental (por sus siglas en inglés: Mini mental state examination)
MoCA:	Evaluación cognitiva de Montreal (por sus siglas en inglés: Montreal Cognitive Assessment)
NDPK:	Enzima nucleósido difosfato cinasa
OC:	Osteocalcina

OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
OPN:	Osteopontina
OPS:	Organización Panamericana de la Salud
PAR-Q:	Cuestionario de preparación para la actividad física (por sus siglas en inglés: Physical Activity Readiness Questionnaire)
PEFM:	Programa de ejercicio físico multicomponente
Pi:	Fosfato inorgánico
RANKL:	Ligando del factor nuclear kappa-Beta
RAVLT:	Prueba de aprendizaje verbal de Rey (por sus siglas en inglés: Rey's Verbal Learning Test)
SAS:	Escala de apatía de Starkstein (por sus siglas en inglés: Starkstein Apathy Scale)
SICI/IIC	Inhibición intracortical de intervalo corto (por sus siglas en inglés: Short-interval intracortical inhibition)
SNC:	Sistema nervioso central
SPPB:	Batería corta de rendimiento físico (por sus siglas en inglés: Short Physical Performance Battery)
TMS/EMT:	Estimulación magnética transcraneal (por sus siglas en inglés: Transcranial magnetic stimulation)
Th:	Tirosina hidroxilasa
Tph2:	Triptófano hidroxilasa 2
tOC:	Osteocalcina total
ucOCN:	Osteocalcina parcial o completamente descarboxilada

VIH: Virus de inmunodeficiencia humana

Resumen

El envejecimiento es una etapa de la vida, que puede derivar en una transición hacia una alteración neuropsicológica producto de un compromiso neurológico. Investigaciones en modelos murinos con actividad física implicada, muestran que la estimulación del receptor Gpr158 en la región CA3 del hipocampo, ante un aumento de osteocalcina (OC), tiene un involucramiento en la memoria a largo plazo (MLP). En seres humanos la práctica del ejercicio físico, se hipotetiza mediante el mismo efecto, en personas con deterioro cognitivo, caracterizado por un déficit de la memoria episódica. En esta investigación se evaluó el efecto de un Programa de Ejercicio Físico Multicomponente (PEFM) sobre los niveles de OC y capacidad de codificación y evocación de la memoria episódica, en adultos mayores hidalgenses con escolaridad mínima de tres años que presentaron deterioro cognitivo leve amnésico (DCLA). Para lo cual se realizó un ensayo clínico, mediante un muestreo aleatorio simple compuesto por una muestra de 30 participantes con DCLA, obtenida mediante una fórmula de comparación de medias (15 grupo experimental y 15 controles), con promedio de edad de 73 años, sin alteraciones físicas que les impidieran realizar ejercicio. Se evaluó memoria episódica, condición física y nivel de concentración sérica de OC, antes y después de la aplicación del PEFM.

Para la comparación entre grupos se empleó análisis descriptivo e inferencial de medidas repetidas a través de la técnica MANOVA y pruebas de efectos inter sujetos para cada variable dependiente. La interacción grupo-tiempo fue significativa en el modelo multivariante ($p < 0.001$). Se observaron efectos en dicha interacción para: niveles de OC, evocación categorías, evocación figura semi compleja, codificación figura semi compleja y porcentaje memoria lógica ($p < 0.05$), mostrando efectos estadísticamente significativos entre la ejecución del PEFM y dichas variables dependientes.

Palabras clave: Actividad física, Cognición, Osteocalcina, Vejez.

Abstract

Aging is a stage of life that can lead to a transition towards a neuropsychological disturbance resulting from neurological impairment. Research in murine models with physical activity involved shows that the stimulation of the Gpr158 receptor in the CA3 region of the hippocampus, in response to an increase in osteocalcin (OC), is involved in long-term memory (LTM). In humans, the practice of physical exercise is hypothesized to have the same effect on individuals with cognitive decline, characterized by a deficit in episodic memory. This research evaluated the effect of a Multicomponent Physical Exercise Program (PEFM) on the levels of OC and the ability to encode and recall episodic memory in elderly adults from Hidalgo with a minimum of three years of schooling who presented mild amnesic cognitive impairment (aMCI). A clinical trial was conducted, using a simple random sampling consisting of a sample of 30 participants with aMCI, obtained through a mean comparison formula (15 in the experimental group and 15 controls), with an average age of 73 years, without physical impairments preventing them from exercising. Episodic memory, physical condition, and serum concentration levels of OC were evaluated before and after the application of the PEFM.

For comparisons between groups, descriptive and inferential analysis with repeated measures was used using the MANOVA technique, and inter-subject effects tests were performed for each dependent variable. The group-time interaction was significant in the multivariate model ($p < 0.001$). Interaction effects were observed for: OC levels, category recall, semi-complex figure recall, semi-complex figure encoding, and logical memory percentage ($p < 0.05$), showing statistically significant effects between PEFM performance and these dependent variables.

Key words: cognition, old age, osteocalcin, physical activity.

Introducción

El proceso de envejecimiento de la población a nivel mundial va en aumento, de acuerdo con la ONU (2023), en el año 2007 había 700, 000, 000 personas de más de 60 años en todo el mundo y se espera que para el año 2050, se incremente un 21%. En materia de salud, se reporta que las enfermedades crónico-degenerativas ocupan el primer lugar, figurando la demencia (cuya principal afectación incide en la memoria) así como múltiples alteraciones cognitivas, siendo el deterioro cognitivo la patología psiquiátrica más frecuente en personas de 65 años o más (OMS, 2020).

Debido a las características del deterioro cognitivo, así como los cambios en los criterios para diagnosticarlos, los estudios epidemiológicos han sido heterogéneos en cuanto al porcentaje de la población que lo presenta (Choreño-Parra et al., 2020). Basándose en indicadores como la esperanza de vida producto de una sociedad desarrollada o no, la edad y la escolaridad (Custodio et al., 2012; Sánchez-Nieto y Mendoza-Núñez, 2021), se ha llegado a un consenso de prevalencia de un rango del 3 al 53 %, observable mediante un aumento progresivo en la disminución de funciones cognitivas como memoria, orientación, cálculo, comprensión, juicio, lenguaje y reconocimiento visual (Sánchez-Nieto y Mendoza-Núñez, 2021).

El deterioro cognitivo leve amnésico (DCL-A), es usado para describir una anomalía cognitiva con causas progresivas, estables o reversibles que puede manifestarse como una fase de transición de la cognición normal a la demencia de tipo Alzheimer (Safiri et al., 2024), su evolución puede generar en la persona, fragilidad física y cognitiva; radicando en ello, la importancia de generar un diagnóstico precoz del deterioro y por ende, establecer planes de intervención primaria (González-Martínez et al., 2021).

El fenómeno demográfico que presenta América Latina a diferencia de los países europeos, tiene lugar en un exacerbado clima de limitaciones (ONU, 2023). Debido a sus

condiciones sociales y económicas, los países latinos no logran ofrecer una respuesta oportuna a las demandas de esta población; asimismo, su cobertura en la atención es desigual y no se cubre la demanda en medicamentos y otras necesidades (OMS, 2020). Estas carencias pueden constituir una carga sanitaria y financiera onerosa para la persona adulta mayor, familia y el sistema de atención a la salud (IMSS, 2023).

En México, aproximadamente 1, 095, 000 adultos mayores mexicanos han adquirido algún tipo de deterioro cognitivo, demencia y dificultades en su estado funcional físico (Mukadam, 2018; Torres-Castro et al., 2022), siendo la prevalencia de Deterioro cognitivo Leve (DCL) de un 7 % (Torres-Castro et al., 2022). En términos locales se reporta que, de un total aproximado de 311, 498 adultos mayores en el estado de Hidalgo, el 41 % presenta un probable deterioro cognitivo; además el 40 % de esa cifra tiene escolaridad máxima de primaria (López-Nolasco et al., 2021).

El impacto económico de cualquier enfermedad debe ser analizado mediante factores directos e indirectos. Los primeros están basados en gastos hospitalarios, consultas, pruebas diagnósticas, entre otros; mientras que los segundos van derivados del cuidado del paciente ya sea familiar o no, así como de la pérdida de productividad de la propia persona y las consecuencias de ello (Cantarero-Prieto, 2017; Chen et al., 2022). En este sentido, resulta prioritario tomar alternativas de solución mediante programas no farmacológicos que puedan llevarse a la práctica en la vida diaria e incidan de manera favorable para convertir al envejecimiento patológico, en envejecimiento activo (Ruiz-Tagle et al., 2021).

El ejercicio físico ha mostrado ser una herramienta que incide positivamente ante la producción de factores tróficos encargados de mediar procesos como la plasticidad y la neurogénesis (Garcés-Vieira y Suárez-Escudero, 2014; Montealegre-Lobo, 2020). A través de investigaciones en modelos murinos de tres y quince meses, el ejercicio ha inducido un aumento

en los niveles séricos de Osteocalcina total (tOC) y descarboxilada (ucOCN) después de correr (Mera et al., 2016).

Shan et al. (2019), han demostrado que durante el ejercicio los osteoblastos liberan ucOCN al torrente sanguíneo aumentando la captación de glucosa, mejorando la eficiencia del uso de energía y favoreciendo su homeostasis. Además, su liberación activa los receptores GPRC, los cuales son cruciales para la señalización celular, de manera particular al receptor GPR6a18, que es expresado en todos los tejidos y funciona como un regulador maestro de redes endocrinas complejas y procesos metabólicos (Da Silva et al., 2023).

La proteína de unión a histonas RbAp48 es un determinante molecular de la memoria relacionada con la edad. Hallazgos en investigaciones señalan que la activación de la vía osteocalcina OC/ y el receptor acoplado a proteína G (GPR158), aumenta la expresión de RbAp48 en la circunvolución dentada envejecida, evitando así la pérdida de memoria relacionada con la edad. (Kandel, 2019; Kosmidis et al., 2018).

La presente investigación está basada en un ensayo clínico controlado aleatorizado cuya intervención consiste en la aplicación de un Programa de Ejercicio Físico Multicomponente (PEFM) para incidir en el incremento de la proteína osteocalcina (OC) valorando su asociación con la estimulación de la memoria episódica de adultos mayores de 60 a 75 años con escolaridad mínima de tres años que presentan DCL-A. El estudio se dividió en tres fases: observacional, basada en la aplicación de pruebas neurocognitivas, psicológicas (del estado del ánimo), condición física y extracción de muestra sanguínea para medir niveles de OC. La fase experimental, consistió en la aplicación del PEFM durante dos meses, por tres días a la semana, y al concluir la fase post experimental se efectuó la re-aplicación de las pruebas antes señaladas.

La organización del presente documento consta de ocho capítulos. En el primero y segundo se abordan los elementos del marco teórico que sustentan esta investigación. El tercer

capítulo consta de la evidencia empírica de las variables: OC, memoria, deterioro cognitivo leve y ejercicio físico. En el cuarto se plantea el problema que genera el desarrollo de esta investigación. El quinto capítulo describe el método utilizado para el tratamiento y análisis de los datos. En el capítulo sexto se detalla el análisis descriptivo e inferencial presentando los resultados obtenidos. A partir del capítulo séptimo se aborda una discusión de los efectos observados, limitaciones y sugerencias. Finalmente, el octavo provee las conclusiones de los resultados encontrados.

Capítulo I. Deterioro cognitivo leve amnésico en la vejez

En el presente capítulo se detallan las características sociales, biológicas y morfológicas a nivel cerebral propias del envejecimiento destacando los cambios cognitivos que se presentan durante el ciclo vital. Por otra parte, se hace énfasis en la función cognitiva de memoria, su funcionamiento, división, bases neuroanatómicas y funciones cognitivas que presentan estrecha relación con ella, con la finalidad de tener una mayor comprensión de cómo se presenta el deterioro cognitivo leve amnésico en la vejez, su diagnóstico y tratamiento. El capítulo concluye aludiendo al modelo de promoción de la salud y prevención secundaria de la enfermedad, poniendo énfasis en la reducción de la cronicidad y mantenimiento funcional cognitivo.

1.1 Vejez

La vejez se asume como parte de un aspecto complejo y multidimensional por la diversidad de los significados con los cuales se asocia; entre ellos se encuentran: la edad cronológica, referida a la cantidad de años cumplidos que a su vez se asocian con el rol que tiene la persona en la sociedad, por ejemplo, la jubilación; y la edad fisiológica, la cual se refiere a las capacidades funcionales y gradual reducción de densidad ósea, tono muscular y fuerza, se produce con el paso de los años (Robledo-Marín, 2023). El término tercera edad, empleado como sinónimo de vejez y adulto mayor, el cual para países de América Latina incluyendo a México, según la OMS se refiere a cualquier persona, sea hombre o mujer que sobrepase los 60 años (OMS, 2020).

Desde un punto de vista biológico, el envejecimiento es un proceso que aparece después de alcanzarse la optimización biológica que afecta a todos los órganos del cuerpo y provoca alteraciones en la comunicación y regulación de los tejidos. Este proceso tiene consecuencias

sistémicas principalmente en los sistemas cardiovascular, nervioso, endocrino, músculo esquelético, digestivo e inmunológico (Bieri et al., 2023; Coutiño-Rodríguez et al., 2020).

A nivel cerebral, surgen cambios celulares y moleculares originados por desadaptaciones en las funciones neuronales que reflejan una disminución de la expresión génica y reducción de la densidad sináptica. Por ejemplo, la neuroinflamación considerada como un mecanismo de defensa que originalmente protege al cerebro, eliminando o inhibiendo a diversos patógenos, puede pasar a un estado sostenido y perjudicial que inhibe la regeneración de los tejidos reduciendo las respuestas inmunitarias innatas que tienen la microglía y los macrófagos en el cerebro incrementando la probabilidad del desarrollo de enfermedades neurodegenerativas (Coutiño-Rodríguez et al., 2020).

Estos cambios se caracterizan por una mayor producción de especies reactivas de oxígeno, citoquinas proinflamatorias, cambios morfológicos y alteraciones en la fagocitosis que provocan una disminución de la capacidad regenerativa y de células progenitoras de oligodendrocitos dando lugar a una disminución de la neurogénesis adulta, específicamente en regiones de la circunvolución dentada del hipocampo y la zona subventricular que recubre al ventrículo lateral e hipotálamo (Bieri et al., 2023; Coutiño-Rodríguez et al., 2020).

Ante la vejez también aparecen cambios morfológicos en la barrera vascular y hematoencefálica caracterizados por rigidez vascular, desregulación en el flujo sanguíneo cerebral y oxigenación tisular. Como producto de los fenómenos antes mencionados, algunas estructuras cerebrales tienden a disminuir su tamaño; entre ellas las cortezas prefrontales y giro frontal superior, entorrinal, parahipocampal e hipocampal, áreas subcorticales como es el putamen, tálamo y núcleo accumbens, estructuras cerebrales relacionadas con procesos cognitivos superiores, como el funcionamiento ejecutivo y la experiencia subjetiva de la recompensa y placer (Lee y Kim, 2022).

De la misma manera, con la vejez surge una desregulación de la excitabilidad neuronal que según el tipo de neurona y región cerebral donde se encuentre, provoca cambios en circuitos más amplios que pueden derivar en deterioro de procesos cognitivos, como la atención, memoria y aprendizaje (Covarrubias et al., 2023). Los procesos cognitivos se entienden como acciones internalizadas que permiten presentar información externa a un plano interno, transformando, codificando, sintetizando, almacenando y recuperando dicha información (Manrique, 2020). Para la población en general, los procesos cognitivos tienden a disminuir en la vejez, sin embargo, se han observado particularmente acentuados en el aprendizaje espacial, la memoria asociativa, memoria episódica y de trabajo (Bieri et al., 2023).

Al efectuar una valoración de los procesos cognitivos cronológicamente, las funciones que requieren un esfuerzo de procesamiento predominante en el momento de la evaluación (razonamiento fluido, habilidades visoespaciales, memoria episódica y velocidad de procesamiento de la información) suelen alcanzar un desempeño máximo en los primeros 20 años de la edad adulta y disminuir de forma monótona hacia la vejez; mientras que las habilidades cognitivas que se basan en la aplicación de conocimientos adquiridos previamente como la memoria procedimental y conocimiento cristalizado, suelen alcanzar su máximo hasta los 60 años y posteriormente comienzan a disminuir (Tucker-Drob, 2019).

Aunque esta disminución como condición natural es producto de la vejez, algunas de estas alteraciones pueden acentuarse y evolucionar hacia un deterioro cognitivo leve, siendo éste el parteaguas entre un envejecimiento normal y uno patológico (Covarrubias et al., 2023). En la Tabla 1, se pueden observar los principales cambios cognitivos presentes durante la vejez propuestos por Cohen et al. (2019).

Tabla 1*Cambios cognitivos durante la vejez.*

Función cognitiva	Deterioro	Conservado
Atención	Selectiva. Dividida. Alternante.	Sostenida. Amplitud atencional.
Memoria	Episódica. Dificultad en el recuerdo libre. Prospectiva.	Implícita. Beneficio de claves. semánticas o fonológicas. Rutinas y hábitos. Semántica.
Lenguaje	Fluidez verbal.	Fonética. Fonología. Morfosintaxis. Amplitud del vocabulario. Denominación.
Habilidades visoespaciales	Procesamiento temporo-espacial.	Análisis y síntesis visual.
Funciones ejecutivas	Flexibilidad cognitiva. Velocidad de procesamiento. Memoria de trabajo. Control inhibitorio. Memoria prospectiva. Planeación.	

Nota. Adaptado de “Neuropsicología del envejecimiento”, por R. A. Cohen, M. M. Marsiske y G. E. Smith, 2019. *Manual de Neurología Clínica*, pp. 149-180 (doi:10.1016/b978-0-12-804766-8.0001).

En este apartado se abordó el proceso del envejecimiento desde un punto de vista funcional y biológico. Se hizo énfasis en los cambios celulares, morfológicos y cognitivos que surgen en el sistema cerebral ante un proceso de envejecimiento normal. En contraparte, se pueden presentar algunas alteraciones y evolucionar hacia un deterioro cognitivo leve, el cual resulta un parteaguas ante el envejecimiento patológico. A continuación, se describirán

características relacionadas con la presentación clínica y evolución de esta patología, particularmente su clasificación y relación con la función de memoria.

1.2 Semiología de la memoria

La memoria es un proceso que conserva la información transmitida, permitiendo almacenar experiencias y percepciones para posteriormente evocarlas desde periodos muy breves hasta otros mas extensos, se clasifica en tres fases (Baddeley et al., 2021):

- a) Retención o registro, mediante el cual se almacena la información.
- b) Almacenamiento o conservación de información.
- c) Evocación o recuperación de la huella de memoria.

Existen diversos modelos relacionados con los procesos memorísticos, uno de ellos es el modelo de sistemas de memoria. Este modelo divide la función cognitiva de la memoria en: memoria de corto plazo (MCP) y memoria de largo plazo (MLP) (Maestre-Camberos et al., 2020; Milner y Klein, 2016).

La MCP presenta una capacidad limitada dado que la información que retiene se pierde por un proceso de desplazamiento generando olvido (Alaniz-Gómez et al., 2022). Por su parte, la MLP se presenta ante la evocación de información después de un intervalo mayor durante el cual la persona se ha enfocado en otras tareas. La información que es transferida desde otros sistemas es almacenada en la MLP funcionando como un depósito permanente del conocimiento de la vida (Slotnick, 2022).

La MLP se divide a su vez en memoria declarativa o explícita y memoria no declarativa o implícita. La memoria declarativa permite el recuerdo o la evocación del “qué” de las experiencias previas, objetos, rostros, nombres, conceptos o hechos y se subdivide en memoria semántica y memoria episódica. La memoria episódica se entiende como un sistema dinámico

con capacidad de participar en procesos reconstructivos y combinatorios, permitiendo recordar nuestro pasado y simular eventos futuros (Milner y Klein, 2016; Tulving, 2002). La memoria semántica representa el conocimiento organizado que posee una persona sobre palabras y otros símbolos verbales; así como su relación, significado, referentes, reglas y algoritmos para su manipulación y uso en el lenguaje (Tulving, 2002).

Estudios relacionados con los sistemas de memoria episódica y semántica indican que tanto una como la otra depende de la memoria declarativa. Otra propuesta indica que la formación de memoria episódica y semántica es independiente y puede adquirirse o dañarse de forma aislada. Una tercera propuesta hace referencia a que todos los recuerdos comienzan por ser episódicos y con el tiempo, algunos de ellos se vuelven semánticos a través de procesos de descontextualización o semantización (Duff et al., 2020).

El funcionamiento de la memoria episódica se ha asociado al hipocampo, giro dentado, amígdala y núcleos talámicos. Asimismo, se asocia la adquisición, mantenimiento y procesamiento en tiempo real de la memoria semántica con el hipocampo (Sánchez-Maldonado, 2022).

Por su parte, la memoria no declarativa o implícita es construida a través de la repetición de una conducta y tiene que ver con el “cómo” se lleva a cabo una actividad cotidiana como los hábitos y se ejecuta una destreza. Este tipo de memoria se asocia con el hipocampo, los ganglios basales y el cerebelo (Camacho-Ugarte et al., 2020).

Por otra parte, la capacidad de codificar y evocar información puede estar influida por el uso de estrategias de memoria. Se ha demostrado que sujetos sanos son capaces de retener y evocar más información cuando la organizan semánticamente que cuando lo hacen en orden serial (Tulving, 2001).

Cuando a sujetos neurológicamente intactos se les pide codificar y posteriormente evocar en forma inmediata una lista de palabras, existe una tendencia a recordar con más facilidad las primeras y las últimas palabras de la lista y a olvidar las intermedias. Se ha postulado que las palabras con que inicia una lista están codificadas en la memoria a largo plazo, mientras que las últimas pueden repetirse fácilmente porque están en la memoria a corto plazo. A estos efectos se les conoce como primacía y recencia. Existen reportes de pacientes con Alzheimer que tienden a mostrar trastornos severos en la evocación de la información inicial (efecto de primacía), tanto en estímulos verbales como no verbales (Alvarado et al., 2006; Zhang et al., 2021) mientras que logran repetir sin dificultad los últimos estímulos (efecto de recencia); por ello se ha sugerido en quienes presentan este padecimiento, la existencia de un trastorno en la memoria a largo plazo, en tanto que la memoria a corto plazo se encuentra relativamente intacta.

De acuerdo con los niveles de procesamiento, existe un constructo denominado profundidad del conocimiento, donde una mayor profundidad implica un mayor grado de análisis cognitivo o semántico. Es decir, las etapas preliminares de la percepción se relacionan con el análisis de las características sensoriales como: líneas, ángulos, brillo, tono, etc., mientras que las etapas siguientes con la asociación entre la información que entra y el aprendizaje pasado, esto es, las etapas más tardías se vinculan con el reconocimiento de patrones y la extracción de significado (Ostrosky, 1991). De acuerdo con Craik y Lockhart (1972), la información codificada profundamente (semánticamente) se recuerda mejor que aquella codificada superficialmente (fonológicamente). La persistencia de una huella de memoria es una función de la profundidad del análisis, donde los niveles más profundos se asocian con huellas de memoria más profundas y duraderas (Challis et al., 1996; Craik y Lockhart, 1972).

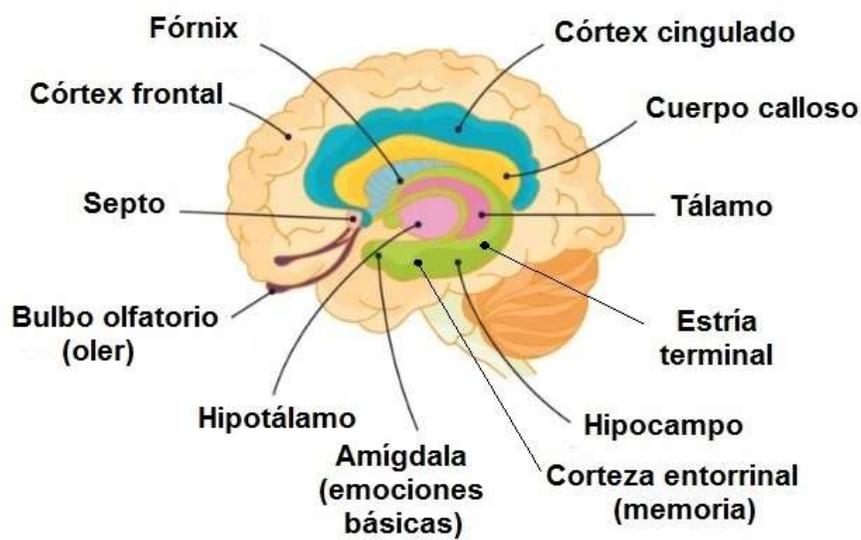
1.2.1 Bases neuroanatómicas de la memoria

De manera general las estructuras implicadas en los procesos de memoria pueden dividirse en 4 áreas: a) sistema límbico, b) diencefalo, c) córtex cerebral y d) ganglios basales y cerebelo. El sistema límbico está constituido por un conjunto de áreas cerebrales que se localizan en la cara medial del lóbulo temporal recibiendo una gran cantidad de aferencias de la corteza de asociación y su aferencia principal es la que se proyecta hacia el córtex prefrontal e hipotálamo (Bear et al., 2021).

Por otra parte, Kandell, et al. (2021) sugieren que las principales áreas relacionadas con la memoria que conforman al sistema límbico son: el hipocampo, la circunvolución dentada y el subículo, las estructuras parahipocámpicas como la corteza perirrinal, corteza parahipocámpica y corteza entorrinal y la amígdala (Figura 1).

Figura 1

El Sistema Límbico



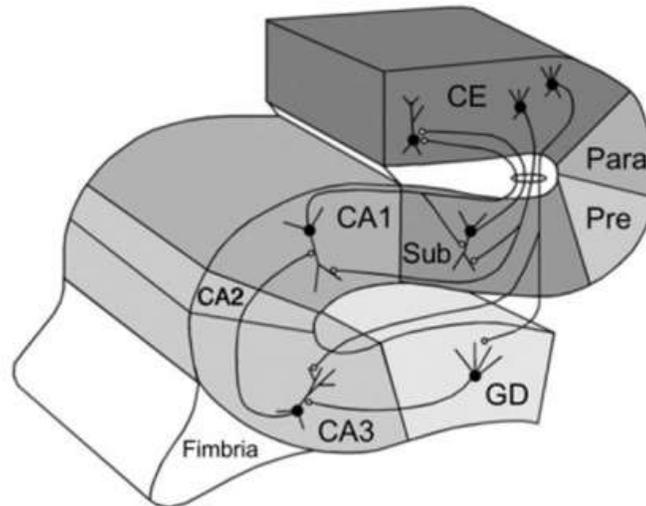
Nota. El gráfico representa un corte transversal del cerebro que muestra el sistema límbico y todas sus estructuras relacionadas. Adaptado de “*Sistema Límbico: Qué es y cómo funciona*”, por M. Castilho, 2024. (<https://mindsetreprogramado.com/es/neurociencia/sistema-limbico-que-es-y-como-funciona/>).

El proceso de memoria comienza con el procesamiento de una o más áreas de asociación heteromodal de la corteza cerebral, las cuales modifican e integran información proveniente de todas las modalidades sensoriales. Esta información es trasladada a la corteza parahipocámpica y a la corteza perirrinal y posteriormente a la corteza entorrinal. De esta corteza se proyecta a través de la vía perforante, a la circunvolución dentada y de ahí al hipocampo y al subículo y finalmente es devuelta a la corteza entorrinal (González y Muñoz, 2008; Squire et al., 2009). Camacho-Ugarte et al. (2020) mencionan que de acuerdo con su anatomía, el hipocampo se forma de: subículo, cuerno de Amón (dividido en tres secciones: C1, C2, C3) y giro dentado el cual es considerado como el principal nicho neurogénico, es decir, el entorno celular donde se producen los procesos de diferenciación y formación de nuevas neuronas y que posee un papel fundamental en la neurogénesis. (Figura 2). El giro dentado es semejante a una “C” y se extiende desde el septum al lóbulo temporal del cerebro organizado en 3 capas:

- a) Capa de somas de las células granulares y el hilus que contiene los precursores neuronales.
- b) Capa molecular constituida por tres subcapas (interna, medial y externa) donde las neuronas granulares del giro dentado presentan su aferencia y eferencia en el hilus.
- c) Cuerno de Amón, particularmente en la zona C3.

Figura 2

Conexiones en la formación hipocampal



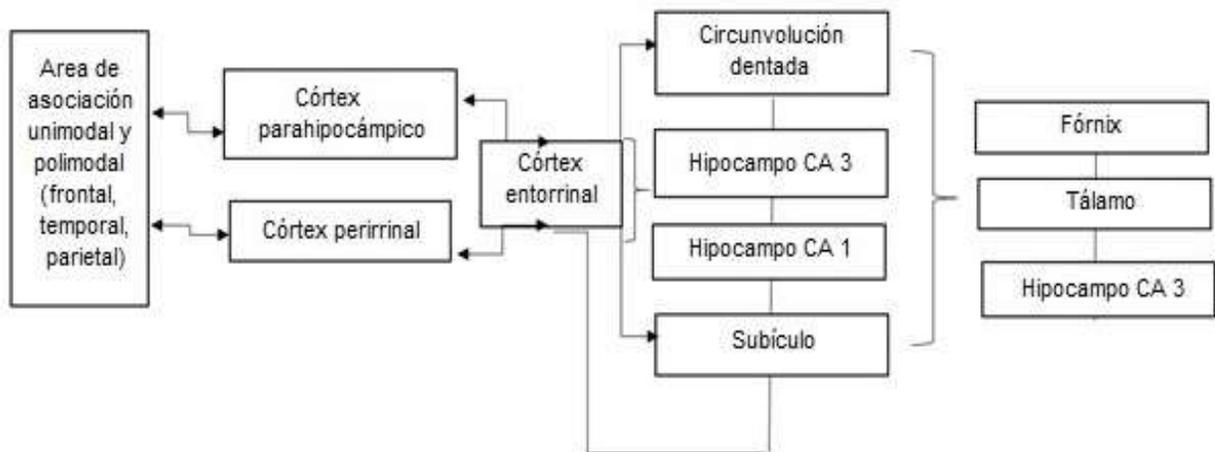
Nota. La figura muestra cómo el procesamiento de la información hipocámpica comienza en la corteza entorrinal (CE) que proyecta sus axones (vía perforante) hacia el giro dentado (GD) y el área CA3. Las neuronas del GD envían sus axones (fibras musgosas) al área CA3, cuyas neuronas proyectan sus axones (colaterales de Schaffer) al área CA1. Las neuronas del área CA1 envían la información al subículo (Sub) y de regreso a la CE. Adaptado del “Estudio anatómico del hipocampo como una de las regiones de neurogénesis más relevante”, por Camacho-Ugarte, et al., 2020, *Revista Científica Ciencia Médica*, 23(17).

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332020000200013.

El córtex entorrinal posee una doble función en el proceso de memorización, constituye la principal vía de entrada y salida del hipocampo, tanto la información que llega desde las cortezas de asociación, como la que se dirige hacia ellas pasa por esta área. Por otra parte, desde la formación hipocámpica también se envía información a través del fórnix al hipotálamo. El fórnix está constituido por fibras eferentes con proyecciones desde el hipocampo hasta los cuerpos mamilares del hipotálamo. Posteriormente, la información es remitida al tálamo, desde donde es enviada a la corteza cerebral para finalmente ser almacenada (Torres-García et al., 2024 [Figura 3]).

Figura 3

Principales estructuras e interconexiones cerebrales implicadas en el proceso de memoria



Nota. Adaptado del “Capítulo 2: Bases neuroanatómicas de la memoria” por R. González, y E. Muñoz, 2008. *Estimulación de la memoria en Personas Mayores* (síntesis gerontológica No. 8). Editorial Síntesis.

1.2.2 Otras áreas cognitivas relacionadas con la función de memoria

La función cognitiva de memoria es un proceso complejo que mantiene amplia interacción con otras funciones cognitivas tales como la orientación y la atención. La orientación es un área cognitiva básica que permite establecer el nivel de conciencia y estado general de activación, se relaciona con la capacidad autoconsciente, aquella función de la conciencia que nos permite viajar en el tiempo de manera mental, pensando en eventos pasados y agenda futura, influyendo de esta manera en procesos de atención y memoria (Ostrosky-Solís et al., 2019, Zaman et al., 2024).

Por su parte, la atención permite reducir o incrementar el procesamiento de cierta información en el cerebro incluyendo señales externas e internas ante las cuales las personas son bombardeadas constantemente, selecciona en un ambiente complejo y cambiante, los estímulos relevantes para una tarea, lo cual es un prerequisite para el adecuado funcionamiento de procesos tales como la memoria y aprendizaje (Eysenck y Brysbaert, 2022).

Los principales procesos mentales y atencionales que es necesario identificar para una adecuada evaluación son: a) deficiencias en el nivel de conciencia o estado de activación: manifestadas por una necesidad de repetir frecuentemente la estimulación para que el paciente pueda responder, b) atención selectiva: relacionada con la habilidad para filtrar estímulos dentro de distintas fuentes, c) atención sostenida y control atencional (control inhibitorio y atención alternante), los cuales son procesos relacionados con las funciones ejecutivas que incluyen la capacidad de mantener, planear y organizar una conducta, inhibición de conductas inapropiadas para la realización de una tarea y mantenimiento de un pensamiento flexible durante la resolución de problemas (Eysenck y Brysbaert, 2022; Fuster, 2019).

Se ha sugerido que quienes sufren de alguna demencia tienen una capacidad de almacenamiento disminuida y una tasa de olvido más alta que la de los ancianos sanos, en valoraciones de pruebas de retención de palabras, la curva de memorización y la evocación diferida estos pacientes presentan pobres resultados y se observa clara afectación de memoria a corto plazo y largo plazo, la cual se acentúa conforme avanza la enfermedad (Malpetti et al., 2024).

A través de este apartado se definió a la función de memoria como un proceso que permite conservar la información transmitida por una señal después de que se ha suspendido la acción de ésta y que puede ser clasificada en tres fases: retención o registro, almacenamiento y evocación de la información. Se hizo hincapié en el modelo de sistemas de memoria, en el cual,

la función de memoria se compone de dos sistemas, MCP y MLP. Se mencionó que el sistema de MCP puede subdividirse en: bucle fonológico, agenda viso espacial, almacén episódico y ejecutivo central. Por su parte, el sistema de MLP fue dividido en memoria declarativa o explícita y memoria no declarativa o implícita. La memoria declarativa también se subdividió en semántica y episódica; esta última fue entendida como un sistema dinámico con capacidad de participar en procesos reconstructivos y combinatorios que permiten recordar nuestro pasado y simular eventos futuros. Asimismo, este sistema de memoria se asoció con el hipocampo, giro dentado, amígdala y núcleos talámicos, relevantes en la descripción de su correlato neuroanatómico

1.3 Deterioro cognitivo leve amnésico

Durante la vejez las funciones cognitivas de una persona presentan cambios morfológicos, bioquímicos, metabólicos y circulatorios, que, dependiendo de múltiples influencias pueden continuar su función normal o conllevar a una alteración cognitiva (Miyamura et al., 2019; Rojas-Zepeda et al., 2021). Dentro de los múltiples déficits cognitivos, se considera al deterioro cognitivo como la patología psiquiátrica más frecuente en personas de 65 años o más, su diagnóstico muestra una prevalencia del 3 al 53 % y una tendencia a un aumento progresivo en la disminución de funciones cognitivas; tales como la memoria, orientación, cálculo, comprensión, juicio, lenguaje y reconocimiento visual (IMSS, 2012).

En este sentido, el trastorno cognitivo leve es un término usado para describir a los individuos cuyas alteraciones cognoscitivas no son lo suficientemente graves para afectar el funcionamiento cotidiano y convertirse en una demencia (Pérez-García et al., 2023). Se considera una anomalía que puede deberse a varias causas progresivas, estables o reversibles (Ardila y Rosselli, 2019) pudiendo formar parte de un nuevo síndrome denominado fragilidad senil, el cual

refleja vulnerabilidad inespecífica con cambios fisiológicos multisistémicos que incluyen al deterioro cognitivo además de fragilidad física, disminución de fuerza y resistencia muscular, desarrollo de dependencia y posibilidad de muerte (Miyamura et al., 2019).

Según la clasificación de Deterioro cognitivo leve de Petersen (Petersen et al., 1999), se han distinguido cuatro subtipos: deterioro cognitivo leve amnésico de dominio único, deterioro cognitivo leve amnésico de dominio múltiple, deterioro cognitivo leve no amnésico de dominio único y deterioro cognitivo leve no amnésico de dominios múltiples.

El diagnóstico de DCL, puede presentar un subtipo dependiendo de las funciones cognitivas que se encuentren alteradas, por ejemplo “DCL de tipo amnésico (DL-A)”, “DCL multidominio con alteraciones en la memoria y funciones ejecutivas”, etc. De este modo, el DCL-A, presenta un trastorno en la memoria; mientras que el DCL no amnésico presenta ausencia de trastorno en esta función y manifiesta alteraciones en otros dominios cognitivos, incluida la función ejecutiva, atención, lenguaje y los dominios de habilidades viso espaciales (Alzheimer's Association, 2024; González-Martínez et al., 2021).

Por otro lado, el número de dominios afectados tiene implicaciones importantes para comprender la extensión de la enfermedad o patología cerebral subyacente, la gravedad de la enfermedad y la posibilidad de progresión a demencia. Se hipotetiza que el DCL-A tiene como principal presentación una afectación en la memoria que puede progresar a demencia de tipo Alzheimer mientras que el DCL no amnésico podría progresar a demencia vascular, demencia de los cuerpos de Lewy o frontotemporal, tal como se puede ver en la Tabla 2 (Ardila y Rosselli, 2019).

Tabla 2*Subtipos de DCL por etiología, patología, presentación clínica y evolución*

Variable	Amnésico	No amnésico
Etiología	Enfermedad neurodegenerativa Apolipoproteína (APOE) e4.	Daño vascular. Enfermedad cerebrovascular.
Patología	Neurodegenerativa. Placas Amiloideas. Ovillos neurofibrilares. Atrofia del hipocampo. Reducción en el volumen cerebral.	Cerebrovascular. Infartos corticales. Infartos subcorticales. Hiperdensidades en la sustancia blanca.
Presentación	Trastorno en la memoria.	Trastorno en otros dominios cognitivos.
Resultados a largo plazo	Demencia de tipo Alzheimer.	Demencia vascular, de los cuerpos de Lewy, frontotemporal.

Nota. Adaptado de “*Neuropsicología clínica*” por R. Ardila y M. Rosselli, 2019. El Manual Moderno (p.105), 2da. Edición.

1.3.1 Diagnóstico neuropsicológico y tratamiento

Para el criterio clínico considerado como parte del diagnóstico del DCL-A, se toman en cuenta las recomendaciones clínicas y etiológicas que proporciona la asociación internacional de Alzheimer y que permiten descartar demencia tipo Alzheimer (Alzheimer's Association, 2024; Ardila y Rosselli, 2019). La valoración y semiología diagnóstica es la siguiente:

- *Historial médico completo en el cual se documenten los síntomas y afecciones actuales y previas, así como cualquier antecedente familiar de padecimientos relacionados con la memoria o demencia.*

- *Describir por parte del paciente o su informante, cambios progresivos en la cognición, principalmente en la función de memoria.*
- *Evaluación del estado mental mediante pruebas neuropsicológicas objetivas un trastorno leve en la función de memoria (de manera particular en memoria a largo plazo); sin que este deterioro se convierta en un diagnóstico de demencia.*
- *Detectar si se mantiene preservada la independencia en las capacidades funcionales de su vida diaria.*
- *Es recomendable realizar otras pruebas que confirmen el diagnóstico, entre ellas las pruebas de laboratorio que incluyan análisis de sangre e imágenes cerebrales. En este sentido es importante el estudio de posibles biomarcadores que puedan indicar la presencia o ausencia de este trastorno.*
- *Evaluación del estado del ánimo para detectar depresión o apatía con la intención de generar un adecuado diagnóstico diferencial o bien revisar la posibilidad de que estén generando alguna influencia (OPS, 2023).*

1.3.2 Tratamiento

Las intervenciones de un tratamiento para el deterioro cognitivo están basadas en mejorar el funcionamiento cognitivo, y prevenir un mayor deterioro (Kasper et al., 2020). Debido a que esta afección se considera multicausal, existen dos clasificaciones de tratamientos, farmacológicos y no farmacológicos (García-Ribas et al., 2023).

Los tratamientos farmacológicos existentes para tratar el DCL se encuentran, el medicamento monoclonal aducanumab y lecanemab, indicados para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer temprano que buscan retrasar la progresión de la enfermedad. También, se han reportado beneficios aislados en la memoria episódica con el uso de

suplementos alimenticio (verbigracia; souvenaid), en el deterioro cognitivo inicial, así como de inhibidores de la acetilcolinesterasa como donepezilo, rivastigmina y ganantamina, y el antagonista no competitivo de los receptores glutamatérgicos NMDA memantina, en demencia tipo Alzheimer de leve a moderadamente avanzada (Alzheimer's Association, 2024; García-Ribas et al., 2023).

Relacionado a los tratamientos no farmacológicos se han identificado diferentes estrategias tales como: la estimulación cognitiva, estimulación electrofisiológica, ejercicio físico moderadamente intenso, dieta mediterránea y socialización (Ramos y Yubero 2016). Las intervenciones cognitivas buscan cambiar el patrón de activación cerebral, por lo que podrían aumentar la reserva cognitiva y cambios en la plasticidad sináptica. La estimulación electrofisiológica incluye a la estimulación cerebral magnética transcraneal o eléctrica intracraneal y busca inducir a la neuroplasticidad. El ejercicio físico ha mostrado una asociación positiva con la función cognitiva. Se hipotetiza que la función cerebrovascular y la reserva cognitiva pueden actuar sinérgicamente mediante el flujo sanguíneo, mejorando la reserva cerebro vascular y favoreciendo una mayor neurogénesis. Algunas evidencias también han mostrado efectos sobre la cognición y el consumo de ácidos grasos poliinsaturados preparados en cápsulas, así como dieta mediterránea (Giacosa, 2023).

En este apartado se caracterizó al Deterioro cognitivo leve (DCL) en cuanto a su etiología, semiología, presentación y resultados a largo plazo. También, se subdividió en amnésico y no amnésico, entendiendo el primero como aquel que presenta alguna alteración en la función de memoria. Se hizo énfasis en el diagnóstico, basado en Ardila y Rosselli (2019), tomando en cuenta el historial médico y antecedentes del padecimiento de memoria, descripción de cambios en la cognición, evaluación de pruebas neuropsicológicas, detección de la preservación de la independencia y funcionalidad para actividades de la vida diaria y evaluación del estado del

ánimo para descartar síntomas de depresión o apatía. Se concluyó el apartado haciendo énfasis en la existencia de tratamientos tanto farmacológicos como no farmacológicos; un ejemplo de este último es la ejecución de ejercicio físico.

1.3.3 Modelo de promoción de la salud y prevención de la enfermedad

Uno de los modelos empleados dentro de la Psicología de la Salud es el Modelo de promoción de la salud, el cual señala la importancia de mejorar la calidad de vida de la población y su bienestar funcional. Este modelo considera los factores que ponen en peligro o afectan la salud de la población, modificando la morbilidad y mortalidad en un sentido negativo con la finalidad de modificarlos o delimitarlos (De la Guardia-Gutiérrez y Ruvalcaba-Ledezma, 2020).

Gil-Girbau et al. (2021), propone tres niveles de prevención: primaria, secundaria y terciaria para llevar a cabo medidas que eviten que la enfermedad progrese o reduzcan su impacto en la vida de las personas:

- *Prevención primaria incluye las medidas destinadas a eliminar los factores de riesgo de una o varias enfermedades, antes de que estas aparezcan, utilizando medidas específicas.*
- *Prevención secundaria incluye medidas destinadas a detectar y tratar lo más precozmente la enfermedad con el fin de restablecer el estado de salud y evitar la cronicidad.*
- *Prevención terciaria trata de reducir su impacto en la vida de las personas a través de medidas de rehabilitación física, psicológica y de integración social*

Se considera que el periodo patogénico rompe la situación de equilibrio entre la persona y los factores de riesgo sociales, ambientales y personales, pueden presentarse dos fases, asintomática y sintomática, dentro de esta última la persona nota signos y síntomas que generalmente lo llevan a consultar a profesionales de la salud. La importancia de este periodo es intervenir de manera

adecuada para evitar la complejidad de la enfermedad, cronificación, incapacidad o muerte (De la Guardia -Gutiérrez y Ruvalcaba -Ledezma, 2020; Gil-Girbau et al., 2021). El presente estudio se realizó una intervención donde un tratamiento para el deterioro cognitivo leve amnésico (DCL-A) se sitúa en un nivel de prevención secundaria, permitiendo brindar una alternativa al adulto mayor con esta patología para evitar avanzar hacia un trastorno de mayor complejidad.

En este capítulo se abordó el fenómeno de la vejez desde un punto de vista integral, el cual permitió determinar las características neuropsicológicas presentes y distinguirlas de un envejecimiento patológico manifiesto ante pacientes con DCL-A. Se abordó la función cognitiva de memoria y otras funciones cognitivas asociadas, como la atención y la orientación. En conclusión, fue posible visualizar la etapa evolutiva de la vejez desde un enfoque neuropsicosocial, determinando una delimitada separación entre los procesos degenerativos naturales producto del envejecimiento de los trastornos cognitivos; los cuales pueden conllevar a una problemática de mayor complejidad.

Es importante contar con parámetros bien establecidos para tener un correcto diagnóstico del deterioro cognitivo leve, asimismo conocer la clasificación de este trastorno, permite identificar la semiología implicada. Para el caso del DCL-A, un conocimiento profundo de la función cognitiva de memoria, así como de otras funciones asociadas, resulta fundamental para tener una comprensión y diagnóstico más profundos e implementar estrategias de intervención más eficaces basadas en un nivel de prevención secundaria del modelo de salud y prevención de la enfermedad.

Capítulo II. Ejercicio físico como intervención secundaria del deterioro cognitivo leve amnésico

A través de este capítulo se detallan las características y efectos neurobiológicos y celulares implicados en el ejercicio físico, permitiendo considerarlo como parte de una alternativa viable de tratamiento no farmacológico que podría retrasar la cronicidad en adultos mayores ante enfermedades neurodegenerativas. Dentro de los efectos biomoleculares se especifica el papel de las exerquinas y haciendo hincapié en la osteocalcina (OC) como una proteína del ser humano y su potencial incidencia sobre áreas cerebrales hipocampales relacionadas con la memoria.

2.1 Definición de capacidad física, inactividad, actividad y ejercicio físico

La OMS (2020), hace una distinción entre capacidad y actividad físicas, definiendo a la primera como la aptitud física innata, que implica una relación entre tareas previamente establecidas y la capacidad que tiene el individuo para ejecutarlas. Por otra parte, precisa como actividad física a cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos con un consiguiente consumo de energía que puede incluir: trabajo, juego, realización de tareas domésticas y recreativas, formas de transporte activas y práctica de ejercicio físico.

Por otra parte, se puede definir al ejercicio físico como una actividad repetitiva, sincronizada, cuyo inicio y continuidad buscan un propósito claro. Su ejecución involucra patrones característicos de entrenamiento cuya correcta realización depende de la activación de vías metabólicas específicas que se relacionan con la duración o el tipo de ejercicio en respuesta a la cantidad de respiración celular que se origine (Abd El-Kader y Al-Jiffri, 2019).

El término inactividad física, hace referencia a una persona que no ejecuta una cantidad de actividad suficiente para lograr obtener beneficios para su salud y que está caracterizada por un bajo gasto de energía mientras se está acostado, recostado o sentado (OMS, 2020).

2.2 El ejercicio físico multicomponente

El ejercicio físico multicomponente se puede entender como un modelo ordenado, progresivo y adaptado a las características físicas de una persona y que detalla los movimientos corporales, ajustándose al nivel de la capacidad funcional del adulto mayor, mejorando su salud y calidad de vida (Casas-Herrero et al., 2022; Cigarroa et al., 2021; Vásquez et al., 2020).

No obstante, los diferentes tipos de ejercicio físico que forman parte de los programas multicomponente, el Programa multicomponente de ejercicio físico para la prevención de la fragilidad y el riesgo de caídas Vivifrail (Izquierdo et al., 2017), considera ejercicios de fuerza muscular, resistencia aeróbica, flexibilidad y equilibrio.

En México, la institución certificadora del programa es el INGER (2024), mediante el curso de aplicación de programas individuales de actividad física multicomponente para personas mayores, basado en el estándar de competencia 1141 del CONOCER.

Los ejercicios de fuerza muscular, estimulan el desarrollo de la masa y fuerza de los músculos. Estos ejercicios incluyen, flexionar y extender los brazos y las piernas en diferentes direcciones, sentarse y pararse de una silla en forma repetida, de la misma forma, pueden emplear bandas elásticas u objetos cotidianos permitiendo que su uso resulte asequible principalmente en el adulto mayor. Al efectuar un entrenamiento de fuerza el adulto mayor puede beneficiarse en cuanto a el aumento de masa y fuerza muscular, prevención o retraso de discapacidad, mejora en la velocidad de la marcha y tiempo para levantarse de una silla y prevención de caídas (INGER, 2024).

De acuerdo con el estándar de competencia CONOCER (2019), se recomienda que el entrenamiento de fuerza sea específico para ciertos grupos musculares y al menos dos veces a la semana, sin entrenar de manera secuenciada los mismos músculos. Se recomienda iniciar con

ocho a diez repeticiones por serie, con un peso que pueda levantar con una frecuencia de dos a tres veces a la semana (20 repeticiones por serie, sin sobrepasar de cuatro a seis series).

Las actividades de resistencia tienden a aumentar la frecuencia cardíaca y respiratoria por periodos prolongados, este tipo de actividades se denominan ejercicio cardio-respiratorio o aeróbico (INGER, 2024). Entre algunos de sus efectos se encuentra un aumento del volumen cardíaco, disminución de la frecuencia cardíaca, incremento de la capilarización y activación del metabolismo en general (Miranda-Aguilar et al., 2020). El resultado de su implementación está relacionado con el aumento del vigor y mejora del funcionamiento de todos los sistemas corporales, prevención o retardo de enfermedades crónico-degenerativas, tales como la enfermedad del corazón, la hipertensión y la diabetes, entre otras (INGER, 2024).

De acuerdo con el estándar de competencia CONOCER (2019), se establecen algunas recomendaciones ante este tipo de ejercicio:

- a) realización posterior al de fuerza muscular para conseguir la adaptación cardiovascular,*
- b) aumento gradual de la actividad,*
- c) Intensidad de la actividad que no interfiera con una respiración, que le permita poder hablar mientras se hace el ejercicio,*
- d) Antes y después del ejercicio debe tomarse un período de actividad suave, a manera de calentamiento y de enfriamiento de por lo menos 10 minutos cada uno,*
- e) realización de ejercicios de estiramiento después de las actividades de resistencia, cuando los músculos ya están activos,*
- f) Monitoreo de síntomas de intolerancia al ejercicio físico como aumento importante de sensación de falta de aire, dolor en el pecho, opresión y palpitaciones anormales.*

Matos-Duarte y Berlanga (2019) mencionan que la flexibilidad se considera la capacidad que tienen las articulaciones ante una determinada capacidad de movimiento y puede ser dinámica o pasiva en la que intervienen movimientos de flexión, extensión, rotación interna y externa, así como abducción y aducción.

Para efectuar este tipo de ejercicios se debe tomar en cuenta el rango de movilidad articular, el cual está basado en la amplitud de movimiento en una articulación determinada, basado en el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo del poder de elongación de los músculos implicados (INGER, 2024).

El estándar de competencia CONOCER (2019), indican que estos ejercicios permiten aumentar el rango de movimiento en las articulaciones, la longitud muscular, la relajación muscular y la flexibilidad general del cuerpo, se recomienda que los movimientos sean lentos y no forzados, que el estiramiento cause tensión, pero no dolor y se ejecute un calentamiento previo.

El equilibrio es la habilidad para mantener el cuerpo en posición erguida gracias a los movimientos compensatorios que implica una motricidad global y fina, ya sea en una posición quieta (estática) o en movimiento (Ortiz-Reyes et al., 2021). Estos ejercicios se practican con el fin de mejorar la capacidad de la persona para responder a movimientos de balanceo o estímulos desestabilizadores causados por el propio movimiento, el entorno u otras causas (INGER, 2024).

Para ejecutar los ejercicios es importante:

- a) Combinar el programa de equilibrio con ejercicios de fuerza y resistencia (baja velocidad).*
- b) Hacerlo de manera progresiva.*
- c) Utilizar diferentes superficies, variedad de elementos como pelotas, aros, conos, etc.*

d) Apoyarse en una mesa, silla, pared, o con alguna persona cercana, en caso de necesitar ayuda e irlo dejando paulatinamente (CONOCER, 2019).

2.2.1 Composición y diseño del programa de ejercicio físico multicomponente

El PEFM, está compuesto de dos elementos: una valoración previa y tipo de programa de acuerdo con la valoración (Izquierdo et al., 2017).

El objetivo de la valoración previa es determinar el tipo de programa más recomendable con respecto a la capacidad funcional y riesgo de caídas de la persona mayor. Para ello se emplea la prueba corta de desempeño físico (SPPB, por sus siglas en inglés), y cuatro pruebas que permiten determinar el nivel de fragilidad física y evaluar el riesgo de caídas. Se obtiene una puntuación final máxima de 12 puntos. A través de su evaluación se obtiene la siguiente clasificación: Limitación grave [0-4 puntos], Limitación moderada [4-6 puntos], Limitación leve [7-9 puntos], Limitación mínima [10-12 puntos] (Guralnik et al., 1994; Welch et al., 2021).

De acuerdo con Welch et al., (2021), el *SPPB* incluye la aplicación de:

a) Prueba 1 equilibrio (4 puntos)

Un pie al lado del otro: de pie colocando los pies juntos, uno al lado del otro. Mide el tiempo que es capaz de aguantar una persona (se puntúa 1= 10 segundos, se puntúa 0= menos de 10 segundos. Cuando se puntúa cero, se pasa directamente a la prueba 2).

Posición semi-tandem: de pie colocando el talón de un pie a la altura del dedo gordo del contrario. Mide el tiempo que un individuo es capaz de aguantar (Puntúa 1= 10 segundos, p. Puntúa 0= menos de 10 segundos. Si puntúa cero, se pasa directamente a la prueba 2).

Posición tándem: de pie, colocando el talón de un pie en contacto con la punta del otro pie. Mide el tiempo que es capaz de aguantar.

b) Velocidad de la marcha en 3 o 4 metros (4 puntos)

Caminar cuatro metros a paso normal, tres veces. Medir el tiempo cada vez. Utilizar el menor de los tiempos. Asignar los puntos correspondientes: 4 puntos si el tiempo es inferior a 4.82 segundos, 3 puntos para tiempos entre 4.82 y 6.20 segundos, 2 puntos para el rango de 6.21 a 8.70 segundos, y 1 punto si el tiempo excedió los 8.70 segundos. La incapacidad para completar la prueba resulta en una puntuación de 0 puntos)

c) Levantarse de una silla 5 veces (4 puntos).

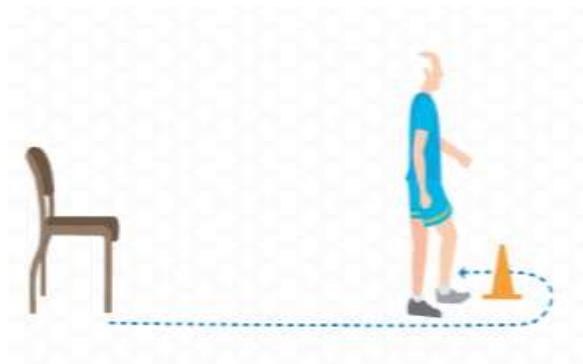
Levantarse cinco veces de la silla, lo más rápido posible, con la espalda recta y los brazos cruzados. El test empieza sentado y termina en la posición de pie. Mide el tiempo que le lleva levantarse las cinco veces. Se otorgan 4 puntos a los participantes que finalicen en menos de 11.20 segundos. Aquellos que logren un tiempo entre 11.20 y 13.69 segundos reciben 3 puntos. Un rango de tiempo de 13.70 a 16.69 segundos resulta en 2 puntos. Si el participante tarda entre 16.70 y 60 segundos, se le asigna 1 punto. Finalmente, los participantes que no completaron la prueba o cuyo tiempo exceden los 60 segundos reciben 0 puntos.

De acuerdo a Podsiadlo y Richardson (1991), el Test de levantarse y caminar (*timed up and go, TUG*) incluye:

Pedir a la persona levantarse de la silla sin usar los brazos, que camine tres metros, se dé la vuelta y vuelva a sentarse siguiendo la trayectoria como en la Figura 4. Se debe medir el tiempo en realizar el ejercicio completo. Se toman en cuenta los parámetros descritos: menos de 10 segundos se considera en un parámetro Normal. Si presenta un tiempo entre 10 a 20 segundos indica fragilidad. Si cuenta con un tiempo mayor a 20 segundos, existe un riesgo alto de caídas.

Figura 4

Test de levantarse y caminar



Nota. Adaptado de la “Aplicación de programas individuales de actividad física multicomponente para personas mayores” por el Instituto Nacional de Geriátría (2024). Certificación EC1141, Licencia CCBY-NC-SA 4.0, ECE313-17 INGER (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/907717/Estandares_Competencias_INGER2024.pdf).

Por otra parte, en cuanto al tipo de pasaporte, para la valoración previa se toman en cuenta cuatro tipos de pasaportes (Izquierdo et al., 2017; INGER, 2024) [Tabla 3].

Tabla 3

Tipología de pasaporte de PEFM para efectuar el ejercicio correspondiente

Pasaporte Vivifrail	Valoración de fragilidad física	Valores de SPPB
Tipo A	con discapacidad	0-3 puntos, VM (6 mts), < 0.5 m/s
Tipo B	con fragilidad	4-6 puntos, VM (6 mts), 0.5-0.8 m/s
Tipo B+	con fragilidad y riesgo de caídas	
Tipo C	con pre- fragilidad	7-9 puntos, VM (6 mts), 0.9-1 m/s
Tipo C+	con pre- fragilidad y riesgo de caídas	
Tipo D	Persona robusta	10-12 puntos, VM (6 mts), > 1 m/s

Nota. VM = velocidad máxima; SPPB = prueba corta de desempeño físico (SPPB, por sus siglas en inglés); m/s = minutos sobre segundos. Adaptado de la “Aplicación de programas individuales de actividad física multicomponente para personas mayores”, por el Instituto Nacional de Geriátría, 2024. Certificación EC1141,

El pasaporte A, corresponde a una persona mayor que no se puede levantar de la silla o encamada. Realizando el programa podría ganar seguridad y autonomía disminuyendo el riesgo de caídas. El pasaporte B Y B+ (Frágil) se refiere a aquellas personas mayores que marchan con dificultad o con ayuda. Realizando el programa se estimula la autonomía y equilibrio. (Izquierdo et al., 2017; INGER, 2024).

El pasaporte C Y C+, tipo C (Pre-frágil) se refiere a aquellas personas que tienen ligeras dificultades cuando caminan para levantarse y/o con el equilibrio. El pasaporte D, (Robusto) se refiere a aquellas personas que tienen limitaciones físicas mínimas o sin limitación. (INGER, 2024; Izquierdo et al., 2017).

Un conocimiento detallado de cada uno de los aspectos que conforman al programa multicomponente permitirá que una persona que presenta un trastorno de deterioro cognitivo leve cuente con la herramienta apropiada para que durante la ejecución no presente inconvenientes fisiológicos pese a la fragilidad que pueda poseer permitiendo concluir de manera favorable todo el programa establecido.

2.3 Efectos neurobiológicos producidos por la práctica del ejercicio físico

Estudios en animales han demostrado que la combinación de ejercicio y un ambiente enriquecido podría tener efectos aditivos sobre la neurogénesis en el cerebro principalmente en el área hipocampal, promoviendo beneficios a largo plazo (Law et al., 2022). Se entiende a la neurogénesis como un complejo proceso biológico que involucra neurotransmisores, cascadas de señalización y mecanismos biomoleculares finamente regulados para que las neuronas proliferen, se diferencien y puedan integrarse al circuito neuronal existente (Siteneski et al., 2020).

Al respecto, Kropacova y colaboradores (2019) indican que los efectos del ejercicio físico podrían clasificarse en diferentes tipos de mejoras a nivel cerebral, a nivel vascular, neuroquímica, en la reserva cognitiva, antiestrés y funcionales.

En cuanto a las mejoras vasculares, el ejercicio físico ha mostrado reducción de enfermedades cardiovasculares y como la perfusión cerebral, así como un aumento de la producción de factores neurotróficos (Bisbe et al., 2020; Tomoto et al., 2021). En un estudio efectuado por Thomas et al. (2020), se pudo observar un aumento en la perfusión cerebral del hipocampo y de manera particular en la corteza cingulada mejorando la función metabólica de este, regulada por el ejercicio físico aeróbico, a diferencia de un grupo control que sólo efectuó estiramientos.

La práctica de ejercicio físico, induce el incremento de neurotransmisores, como las endorfinas; asociadas a la relajación física, reducción del dolor, placer y felicidad y a la serotonina, que contribuye al control de las emociones y el estado de ánimo (Lemmel, 2024).

Es posible una incidencia positiva en la reserva cognitiva, entendida como la capacidad del cerebro para afrontar y/o tolerar cambios que son producto de un proceso normal o neuropatológico y que contribuye a disminuir sus manifestaciones clínicas de alteraciones neurológicas (Kropacova et al., 2019). Para reforzar este constructo se emplean dos definiciones, reserva y compensación neurales. La reserva neural corresponde a una habilidad asociada a personas sanas y se modula mediante factores asociados a la vida de la persona tales como experiencia educativa, ocupacional o actividades de ocio (Calderón-Rubio et al., 2022). Por su parte, la compensación neural se considera una red alternativa que aparece cuando las redes primarias se han visto afectadas por efectos fisiológicos ya sea producto de la edad o por otras afecciones cerebrales (Pinzón-Ríos y Moreño-Collazos, 2020).

El ejercicio físico, permite la modulación del cerebro a través de la neuroplasticidad, entendiéndose como un proceso que representa la capacidad del sistema nervioso de cambiar su reactividad y estructura neural como resultado de activaciones conjuntas sucesivas y que se traduce en un mejor desempeño cognoscitivo (Bisbe et al., 2020; Lee y Kim, 2022).

La teoría de la neuroplasticidad cerebral hace alusión a investigaciones que desmienten la creencia, que el desarrollo y recuperación del cerebro se detiene en la edad adulta; distintas evidencias muestran que el encéfalo puede cambiar para adaptarse a circunstancias en diferentes momentos de la vida, incluso ante lesiones cerebrales; mostrando que el cerebro es flexible y modificable (Braun y Wittenberg, 2021; Pinzón-Ríos y Moreno-Collazos, 2020). Por ello, los mecanismos de neuroplasticidad pueden llevarse a cabo en dos momentos, durante la ontogenia llamada plasticidad natural y posterior a lesiones periféricas o centrales del sistema nervioso, llamada plasticidad post lesional (D'Arcy et al., 2020).

Finalmente, también se ha observado que ante la práctica de algunos tipos de ejercicio físico músculo esquelético se promueve la proliferación de sustancias tales como la concentración sérica de factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF); el cual permite la regulación del crecimiento axonal, plasticidad sináptica, neurogénesis del hipocampo y neurotransmisión incrementando de 2 a 3 veces en comparación con personas que no ejecutan ejercicio (De la Rosa et al., 2020).

En este apartado se mostraron los efectos del ejercicio físico en aspectos biopsicológicos, vasculares, neuroquímicos, reserva cognitiva, antiestrés y funcionales. Asimismo, se mostró el efecto que posee la neuro plasticidad no solo durante el desarrollo humano, sino en la vejez y como producto de alguna lesión.

2.4 Efectos del ejercicio físico en el síndrome de fragilidad del adulto mayor

De acuerdo con Chacón-Valenzuela et al. (2019), el síndrome de fragilidad física se caracteriza por disminución de la fuerza, resistencia, equilibrio, funciones fisiológicas y el aumento de vulnerabilidad que puede provocar dependencia total, parcial o muerte.

Este síndrome se ha asociado con el envejecimiento, pobre o nula actividad física, presencia de enfermedades crónico-degenerativas tales como hipertensión, enfermedades cardiovasculares y dislipidemia (Singh et al., 2020); pérdida de masa muscular típica en la sarcopenia y un mayor riesgo de caídas en la marcha (Menéndez-González et al., 2021). Diversas investigaciones han mostrado, una relación entre el síndrome de fragilidad física y disfunción cognitiva, reduciendo el procesamiento de información, la capacidad atencional, deterioro en la memoria, funciones ejecutivas y del lenguaje (Blanski-Grden et al., 2020; Borda et al., 2019; Otero-Montoto y Durán-Bouza, 2023).

Otero-Montoto y Durán-Bouza (2023) identificaron una asociación positiva entre la edad de los adultos mayores, con el síndrome de fragilidad física y de manera negativa, respecto a su nivel de estudios. De la misma manera, los adultos mayores con fragilidad física presentaron un desempeño cognitivo inferior, en comparación con las personas pre-frágiles y no frágiles, en general en todas las pruebas lingüísticas, particularmente en la comprensión oral y fluidez fonética.

La presencia del síndrome de fragilidad física se relaciona con el deterioro cognitivo, de acuerdo con investigaciones relacionadas, indicadores motores como la lentitud en la marcha, disminución de la fuerza de prensión manual y control fino, repercuten en el desempeño de memoria declarativa y control motor, que posteriormente se ven exacerbados con la presencia de demencia y Alzheimer. (Borda et al., 2019; Miyamura et al., 2019, Poirier et al., 2021). Ante esta relación ha surgido el constructo fragilidad cognitiva para referirse a un síndrome geriátrico

heterogéneo que presenta de manera simultánea fragilidad física y deterioro cognitivo, afectando paulatinamente la funcionalidad global del adulto mayor (Miyamura et al., 2019).

Quintana (2022) y Northey et al. (2020), identificaron una relación entre la atrofia cerebral y fragilidad en adultos mayores principalmente en los lóbulos frontal, temporal, parietal, el cerebelo y áreas motoras cinguladas, las cuales están involucradas en la locomoción y rendimiento de la marcha; así como en áreas subcorticales que incluyen al putamen, núcleo caudado y tálamo; los cuales poseen un papel relevante en la capacidad práxica, control y coordinación motriz. Asimismo, Tian et al. (2020) identificaron la alteración microestructural del parénquima cerebral, relacionado con la fragilidad, observando daño vascular, atrofia de la sustancia gris y la presencia de depósitos de proteína β -amiloide cerebral, contribuyendo a la fisiopatología de la fragilidad.

Como resultado del deterioro cognitivo con comorbilidad física surgen intervenciones basadas en la estimulación fisiológica, permitiendo su potencial reversibilidad (Miyamura et al., 2019). De esta manera, la práctica de algunos programas de actividad física (como el ejercicio multicomponente), permiten que el adulto mayor pase de la clasificación funcional física, denominada como pre-fragilidad de acuerdo con los parámetros del SPPB, la cuál está caracterizada por presentar uno a dos criterios de fragilidad según la clasificación internacional del fenotipo de Fried (2001); a un estado denominado como “robustez” en el que la persona no presenta ningún criterio del fenotipo. Lo anterior se ha observado incluso en personas que presentan deterioro cognitivo (Casas-Herrero et al., 2022; Plaza-Carmona et al., 2022; Sánchez-Sánchez et al., 2022; Serra-Prat et al., 2017).

Profundizar en los factores asociados a la fragilidad física en poblaciones tanto con deterioro cognitivo como en aquellas que no lo presentan, permitirá un mayor desarrollo de

herramientas diagnósticas que contribuyan a prevenir y paliar la alteración biosociopsicológica (Casas-Herrero et al., 2022; Plaza-Carmona et al., 2022; Sánchez-Sánchez et al., 2022).

Por medio de este apartado, se analizó cómo el síndrome de fragilidad física presente en el envejecimiento está asociado a enfermedades crónico-degenerativas. Así mismo se evidenció que existe asociación entre personas frágiles y pre-frágiles con disminución en áreas cognitivas como la comprensión oral, fluidez fonética, desempeño en memoria declarativa y control motor que pueden verse posteriormente exacerbados con la presencia de demencia y Alzheimer.

2.5 Efectos del ejercicio físico a nivel biomolecular

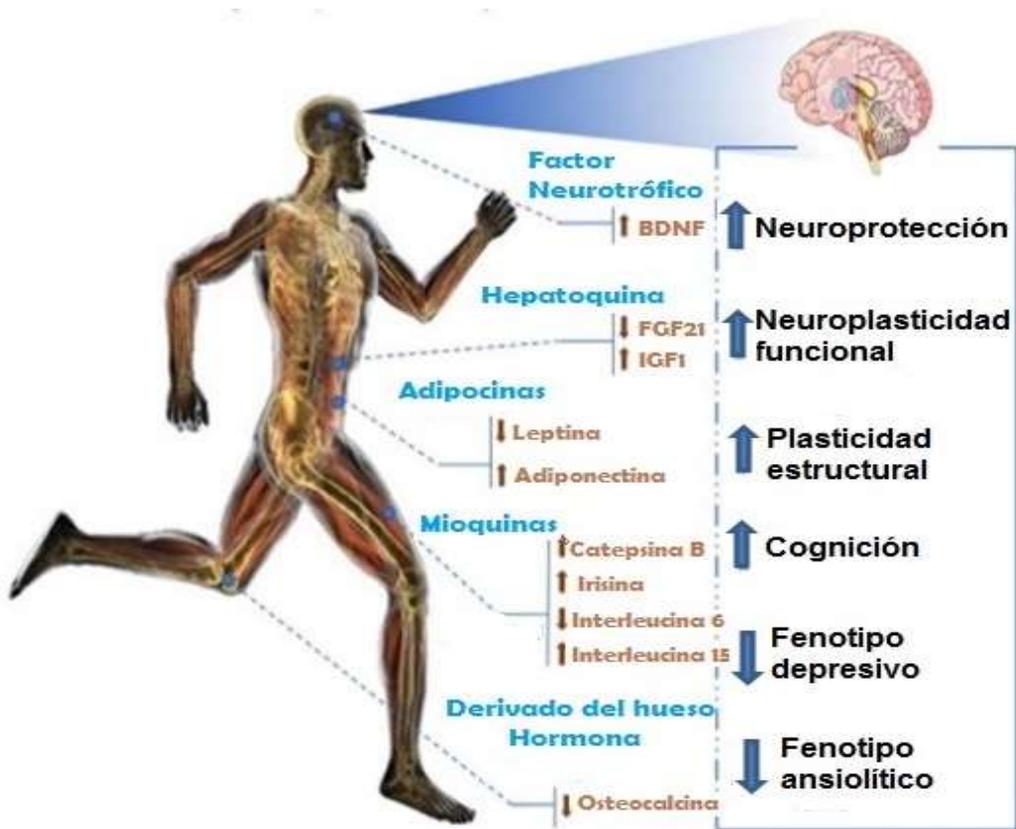
Los mecanismos moleculares derivados del ejercicio aún se desconocen (Chow et al., 2022), surgiendo investigaciones al respecto, focalizándose en el rol de las exerquinas (Vints et al., 2022) como factores proteicos, implicados el ARN mensajero, micro-ARN, que se liberan directamente al torrente sanguíneo o a través de vesículas extracelulares en respuesta a la actividad física (Lee et al., 2019). Asimismo, estas fracciones de señalización son liberadas en respuesta a ejercicio corto de una sola sesión, también denominado agudo o ejercicio que involucra un periodo más largo de tiempo, denominado como ejercicio crónico. Ambos ejercen sus efectos a través de vías endócrinas, paracrinas y/o autocrinas. En el ejercicio crónico, los efectos de estas exerquinas también se observan en estado de reposo (Chow et al., 2022).

La mayoría de sus funciones han sido estudiadas en el metabolismo periférico tal como el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, obesidad, y su implicación en un envejecimiento saludable. Sin embargo, sus funciones en el sistema nervioso central aún no se han explorado en totalidad, resultando en iniciativas de investigación, con potencial de biomarcadores para predecir resultados cambios en la salud y prevención de enfermedades y a lo largo de la vida (Lee et al., 2019; Lee y Jun, 2019).

Las exerquinas se secretan a través de una multitud de células, órganos y tejidos que liberan estos factores, incluido el músculo-esquelético (miocinas), el hígado (hepatocinas), el tejido adiposo blanco (adipocinas), los huesos (osteocalcina) y neurotrofinas [BDNF] (Liang et al., 2021) [Figura 5].

Figura 5

Papel de las exerquinas en la mediación de los efectos neuroprotectores



Nota: BDNF= Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro; FGF21= El factor de crecimiento de fibroblastos; IGF1= El factor de crecimiento insulinoide 1. Adaptado de “Exerkines in health, resilience and disease”, por L.S. Chow, R.E. Gerszten, R.E. Taylor et al., 2022. *Nature Reviews. Endocrinology*, 18(5), 273–289. (<https://doi.org/10.1038/s41574-022-00641-2>).

En este sentido, las miocinas surgen de la interacción anatómica y bioquímica entre el músculo y el hueso mediante la secreción de factores liberados por el hueso que influyen en la función muscular, reparación y metabolismo óseo y que son secretados en respuesta a las contracciones musculares (Battafarano et al., 2020). Por otro lado, las hepatocinas, se secretan en respuesta a diferentes estados nutricionales, el hígado y tejidos adiposos que sirven como coordinadores primarios del metabolismo energético sistémico y la homeostasis cardiovascular. Mientras que la adiponectina y la leptina las principales hormonas secretadas por el tejido adiposo blanco para regular el metabolismo energético y la inmunidad (Mahecha et al. 2021).

Las neuroquinas incluyen al BDNF, que es un factor que media los efectos del ejercicio en la promoción de la neuro plasticidad y los procesos cognitivos (Lee et al., 2019). Finalmente, la hormona derivada de los huesos, la cual hace referencia a la osteocalcina de la cual se hablará en el siguiente apartado. La Tabla 4, permite apreciar la clasificación de exerquinas, sus subcategorías y su funcionamiento a nivel cerebral.

Tabla 4

Exerquinas

Exerquinas		Características	Función a nivel cerebral
Miocinas	Catepsina B	Cisteina proteasa lisosomal secretada por el ejercicio físico en los tejidos musculares.	Mediadora en la neurogénesis del hipocampo en adultos y, por tanto, en conservación de la MCP Y MLP
	Irisina	Mioquina liberada durante la contracción muscular en el ejercicio a través de la vía coactivadora y relacionada con el estrógeno.	Regula las expresiones de BDNF del hipocampo mediante su capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica.
	IL-6	Miocina antiinflamatoria que actúa de forma paracrina dentro de los músculos esqueléticos y endócrina en el hígado y tejido adiposo.	La IL-6 puede actuar directamente sobre neuronas, astrocitos y microglía en el cerebro. Se correlacionan inversamente con el volumen de la materia gris hipocampal e integridad de sustancia blanca. La señalización de la IL-6 es esencial para la plasticidad sináptica, no obstante, se sugiere que niveles elevados de esta, puedan ser perjudiciales para la salud del cerebro.
Hepatocinas y adipocinas	Leptina	Adipocina secretada por el tejido adiposo blanco, relacionada con la saciedad en regiones hipotalámicas lateral y medial. Los	Los niveles bajos de leptina en el líquido cefalorraquídeo y plasma son una causa directa de la enfermedad de Alzheimer. De manera inversa, su aumento está asociado

Exerquinas	Características	Función a nivel cerebral
Adiponectina	niveles de leptina aumentan en la obesidad y la diabetes tipo II y se reducen ante el entrenamiento físico crónico. Secretada por el tejido adiposo blanco y circula en la sangre como oligómeros correlacionándose negativamente con la grasa corporal.	con el sobrepeso en estos pacientes. Los receptores de adiponectina se expresan en múltiples regiones del cerebro, como el hipotálamo, área tegmental ventral, CPF, hipocampo y amígdala. Estudios han demostrado la función de la adiponectina como exerquina para promover la neurogénesis, plasticidad sináptica y rendimiento cognitivo del hipocampo en adultos.
FGF-21	Miembro de la familia FGF regulador del metabolismo, desarrollo, producido en el hígado durante el ayuno.	El ejercicio físico es eficaz para disminuir los niveles de FGF-21 en adultos mayores.
OC	Proteína específica de los osteoblastos que regula el metabolismo en el músculo esquelético y la expresión de adiponectina en las células B pancreáticas y los adipocitos.	Durante el embarazo, la OC materna atraviesa la placenta y modula el desarrollo del cerebro fetal. Asociación entre OC descarboxilada basal y disminución anual de memoria semántica y de trabajo en adultos mayores y una correlación positiva entre niveles de BGLAP, función ejecutiva y rendimiento cognitivo en mujeres mayores sanas. OC puede regular expresión y secreción de IL-6, muscular durante el ejercicio.
Hormona derivada de los huesos		
Neurotrofinas	BDNF	Factor que media los efectos del ejercicio en la promoción de la neuroplasticidad y los procesos cognitivos.
		Tiene un nivel de expresión amplio en el cerebro promoviendo la neurogénesis y plasticidad sináptica en el adulto. El BDNF desempeña un papel fundamental en el proceso de neurogénesis adulta, incluida la proliferación, diferenciación y maduración celular.

Nota: BDNF= Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro; OC= Osteocalcina; FGF21= El factor de crecimiento de fibroblastos; IL-6=Interleucina 6. Adaptado de “Control óseo de la función muscular” por Batafarano et al., 2020. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 21 (4), 1178. (<https://doi.org/10.3390/ijms21041178>) y “Exerquinas potenciales para efectos pro cognitivos provocados por el ejercicio físico: conocimientos de la investigación clínica y en animales” por Lee et al., 2019. *Revista Internacional de Neurobiología*, 147, 361–395. (<https://doi.org/10.1016/bs.im.2019.06.002>).

2.5.1 Osteocalcina

Se ha demostrado que el esqueleto se comporta como un órgano de secreción endócrina que sintetiza al menos dos hormonas: el Factor de Crecimiento de Fibroblastos (FCF-23) y la osteocalcina [OC] (Bonnano et al., 2019).

La OC, es una proteína polipeptídica formada de 98 aminoácidos y también es llamada proteína del ácido γ -carboxiglutámico óseo. Para poder ser liberada a la matriz extracelular, sufre una modificación llamada γ -carboxilación, que ocurre en los sitios de los aa 17, 21 y 24, donde se une el ácido γ -carboxil-glutámico. Además, es una proteína no colágena que se encuentra de manera abundante en la matriz extracelular (MEC) del hueso, infiriéndose que participa en un

proceso de mineralización ósea producida por los osteoblastos, las cuales son células del tejido esquelético que se encuentran en la superficie de dicho tejido (Battafarano et al., 2020).

En su forma carboxilada (cOCN), necesita la presencia de la vitamina K para la unión del ácido γ -carboxil-glutámico y esto permite una alta afinidad al calcio y por lo tanto mineralización de los huesos, mientras que bajo su forma descarboxilada parcial y completa (ucOCN) actúa como una hormona y es capaz de liberarse al torrente sanguíneo (Mizokami et al., 2017; Nakamura et al., 2020). La OC, tiende a actuar sobre el hígado, músculo esquelético, testículos, vasos sanguíneos, intestino delgado y el cerebro (Mizokami et al., 2017; Nakamura et al., 2020; Oldknow et al., 2015).

Durante el ejercicio los osteoblastos liberan ucOCN al torrente sanguíneo, activando los receptores GPRC, los cuales son parte de la familia de receptores acoplados a proteínas G, que son cruciales para la señalización celular (Molecular Devices, 2024). La ucOCN en esta función hormonal aumenta la captación de glucosa, mejora la eficiencia del uso de energía y favorece su homeostasis (Molecular Devices, 2024; Shan et al., 2019). La glucosa es el principal nutriente utilizado por el músculo esquelético para generar energía almacenándose en las miofibras en forma de glucógeno durante el ejercicio (Pi et al., 2017; Shan et al., 2019). Por otra parte, la glucosa es la principal fuente de energía del cerebro. Entre otras funciones, proporciona energía para la transmisión de impulsos eléctricos de las neuronas (potenciales de acción) y liberación de neurotransmisores; da sustento en funciones cognitivas tales como: atención, memoria, aprendizaje y función motora y es un soporte metabólico a través de la glía, permitiendo el mantenimiento de funciones básicas automáticas como la respiración (Rebelos et al., 2021).

La activación de los receptores GPRC involucran de manera particular la señalización del receptor GPR6a18, que es expresado en todos los tejidos y un regulador maestro de redes endocrinas complejas y procesos metabólicos (Da Silva et al., 2023; Molecular Devices, 2024).

Una de las principales respuestas a esta señalización es la translocación del transportador de glucosa 4 (GLUT 4) a la membrana celular, aumentando la captación y entrada de la glucosa a la célula muscular (Hawley et al., 2014; Molecular Devices, 2024).

Los bajos niveles de glucosa en sangre y estrés del ejercicio activan la glucogenólisis (degradación del glucógeno a glucosa), inducida por el ejercicio. La glucosa toma la ruta metabólica en la glucólisis y es transformada a piruvato, de piruvato a acetil-coenzima A y esta finalmente al ciclo de Krebs. En el ciclo de Krebs se produce Guanósín Trifosfato (GTP) a partir de Guanósín Difosfato (GDP). El GTP puede ser convertido a adenosin trifosfato (ATP), que es un nucleótido fundamental en la obtención de energía. El GTP también tiene roles específicos en la señalización celular para la activación de proteínas G, entre ellas a los receptores GRP6a. Al terminar la reserva de glucógeno, se incrementa la captación y catabolismo de los ácidos grasos (Bouché-González et al., 2023; Hawley et al., 2014).

Se ha observado que la degradación del glucógeno en el músculo esquelético durante el ejercicio es menor en los ratones que no tienen el receptor GPR6a y en los ratones homocigotos para osteocalcina (-/-), demostrando que la OC favorece la glucogenólisis, inducida por el ejercicio (Karsenty, 2017; Rubert y De la Piedra, 2020).

La interleucina 6 (IL6) fue la primera molécula que se detectó en la sangre en respuesta a la contracción muscular; ella promueve la captación de glucosa, oxidación de los ácidos grasos en el músculo esquelético y aumenta la producción de glucosa en el hígado y la lipólisis en el tejido adiposo (Rubert y De la Piedra, 2020). Mera et al., (2016), estudiaron la acción de la osteocalcina sobre un cultivo de miofibras en ratones normales como aquellos sin interleucina-6, (IL6-/-). Los hallazgos indicaron que el ejercicio indujo la resorción ósea a través de un mecanismo dependiente de IL-6. En ratones normales, el ejercicio aumentó los niveles de OC y biomarcadores de resorción ósea. Sin embargo, en ratones deficientes en IL-6, esta respuesta fue

alterada. Esto sugiere la existencia de un circuito entre el hueso y el músculo, en el cual, la osteocalcina aumenta la secreción de IL6 en el músculo esquelético ante la adaptación al ejercicio.

Por otro lado, cuando la ucOCN pasa a través de la barrera hematoencefálica puede acumularse en el tronco del encéfalo, el tálamo y el hipotálamo (Bonanno et al., 2019). En el tronco encefálico se une a los núcleos dorsal y medial del rafe que contienen neuronas serotoninérgicas, aumentando así la síntesis de serotonina, induciendo el flujo de calcio y activando la frecuencia de los potenciales de acción (Shan et al., 2019, p.2).

En el mesencéfalo del tronco encefálico; la OC se une a neuronas dopaminérgicas del área tegmental ventral y facilita la síntesis de dopamina (Khrimian et al., 2017). Experimentos en vivo e in vitro efectuados por Oury et al. (2013), confirman que OC podría actuar sobre las neuronas, para disminuir la expresión de la enzima que participa en la biosíntesis de GABA, aumentando la expresión de las Triptófano Hidroxilasa 2 (Tph2), y Th, que son las enzimas clave responsables de la síntesis de serotonina, dopamina, norepinefrina en el tronco encefálico y mesencéfalo (Khrimian et al., 2017; Oury et al., 2013; Rubert y De la Piedra, 2020).

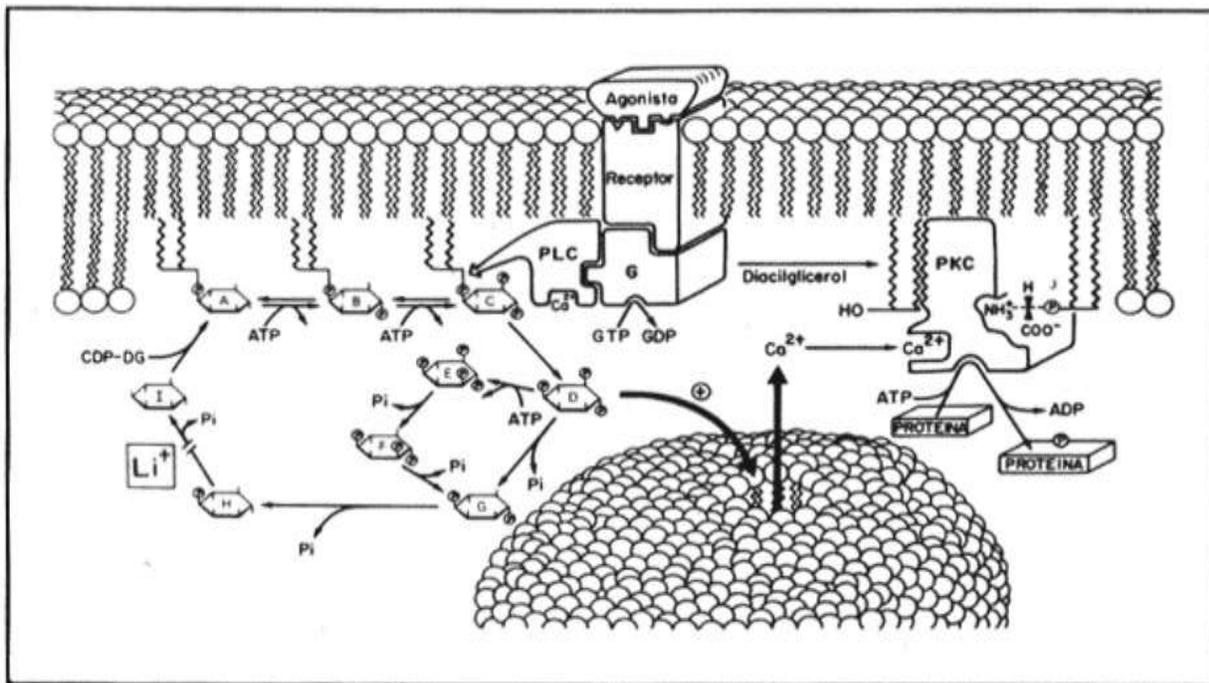
En el hipocampo se une al receptor acoplado a proteína Gpr158 de las neuronas de la región CA3 del cuerno de Amón. Las neuronas piramidales de CA3 descargan la información a las neuronas piramidales de CA1 a través de los axones colaterales de Schaffer (DeCS/MeSH, 2023). Este circuito que inicia en la vía perforante de la corteza entorrinal se considera como el sustrato anatómico de la memoria declarativa y es denominado también como circuito trisináptico, está muy relacionado con procesos de aprendizaje, plasticidad neuronal y neurogénesis (Kim et al., 2012; López-Pérez et al., 2022; Olivares et al., 2015).

Los axones provenientes de la región CA3 proyectan hacia todo el hipocampo mediante proyecciones comisurales, entre hemisferios y/o asociativas, en el mismo hemisferio y funcionan

en parte mediante el segundo mensajero inositol IP₃, cuyo efecto en el entorno celular es la movilización del Ca²⁺, almacenado en orgánulos como el retículo endoplásmico y en el aparato de Golgi; de esta manera, la fosforilación oxidativa de ciertos canales iónicos podría modificar la permeabilidad iónica de los mismos y un aumento en su excitabilidad e interacción con proteínas tales como el BDNF (Bonanno et al., 2019; Khrimian et al., 2017), tal como se puede observar en la Figura 6.

Figura 6

Representación esquemática del ciclo del fosfatidil inositol (IP₃)



Nota. J.L. Góngora, 1991. De "El fosfatidil inositol", Adaptado de *Catálogo de Revistas de la UNAM*, 5, 31-35. (<https://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11178/10503>).

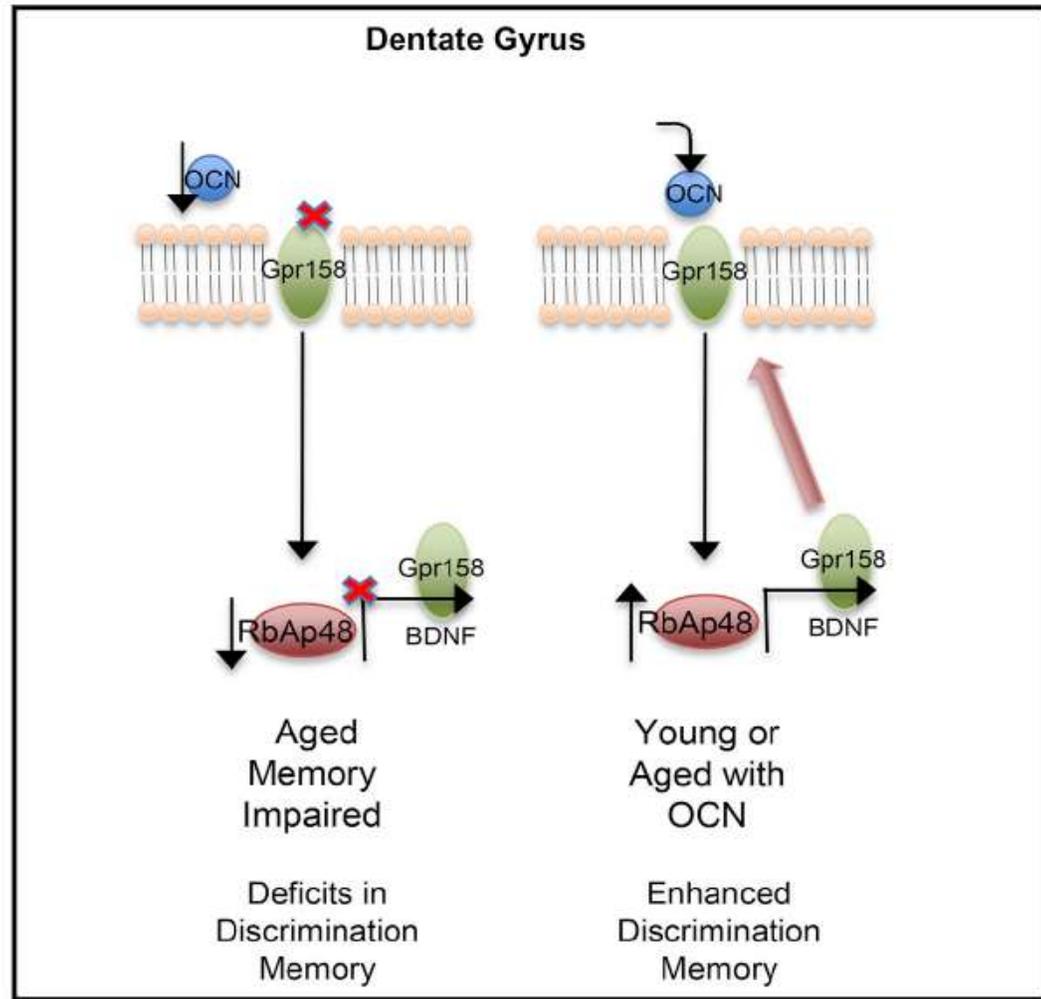
Estudios efectuados con inmunohistoquímica en estructuras del rombencéfalo, con OC y OPN para conocer sus distribuciones en el cerebro posterior de ratas adultas, detectaron inmunoreactividad de OC y OPN en los cuerpos celulares neuronales, incluidos el pericarion (el soma),

las dendritas proximales y el neuropilo (región comprendida entre varios cuerpos celulares o somas de neuronas de la sustancia gris del encéfalo y la médula espinal). En los núcleos motores de los nervios craneales, se detectaron numerosas neuronas inmunorreactivas a OC y OPN. El neuropilo en los pares motores craneales mostró principalmente una fuerte intensidad de tinción de OC y OPN. Los núcleos sensoriales de los nervios craneales y otras estructuras de relevo y modulación en el tronco encefálico inferior, también contenían diversas cantidades de neuronas OC y OPN. Las neuronas OC y OPN inmunorreactivas se distribuyeron abundantemente por todos los núcleos cerebelosos. El neuropilo en los núcleos cerebelosos mostró intensidades de tinción moderada de OC y fuerte de OPN inmunorreactivas. (Rico-Rosillo y Vega-Romero, 2021; Suzuki et al., 2012).

La proteína de unión a histonas RbAp48/Rbbp4 es un determinante molecular de la pérdida de memoria relacionada con la edad. Al explorar cómo esta proteína regula el paisaje genómico del circuito del hipocampo, se encontró que RbAp48 controla la expresión de las proteínas asociadas al BDNF y el receptor GPR158, ambos componentes críticos de la señalización de OC en el hipocampo del ratón de laboratorio. A su vez, la interrupción de la señalización OC/GPR158 conduce a una disminución en la proteína RbAp48, generando déficits en la memoria episódica observados en el hipocampo envejecido. Se ha demostrado que la activación de la vía OC/GPR158 aumenta la expresión de RbAp48 en la circunvolución dentada envejecida y reduce la pérdida de memoria relacionada con la edad. (Kosmidis et al., 2018; Kandel, 2019) (Figura 7).

Figura 7

RbAp48 en la señalización de GPR158/OC y reduce la de pérdida de memoria



Nota. Tomado de Kosmidis et al. (2018) y Kandel (2019).

Por lo anterior, se ha hecho alusión a que la OC es necesaria para el desarrollo del cerebro y su funcionamiento, su ausencia en modelos animales produce un profundo déficit en la memoria espacial (Bonanno et al., 2019; Rubert y de la Piedra, 2020). Investigaciones han demostrado que la señalización de la OC está regulada por la adaptación de las miofibras en el ejercicio.

Kandel (2019), en conjunto con el equipo de Kosmidis et al. (2018), afirmaron que la disminución de OC afectaba a la pérdida de memoria relacionada con la edad, inyectaron OC en el giro dentado de ratones descubriendo un aumento en el receptor acoplado a proteínas: RbAp48

y un aumento en la capacidad de realizar tareas mnemotécnicas y de aprendizaje. Además, infirieron que dichos hallazgos podrían explicar el efecto beneficioso del ejercicio físico y por lo tanto un incremento de ejercicio incrementaría los niveles de OC, así como la pérdida de memoria por vejez.

El efecto de la OC fue confirmado por Obri et al. (2018), quienes observaron que los cerebros de ratones en ausencia de OC fueron más pequeños principalmente en la región del hipocampo donde el giro dentado y el cuerpo caloso eran 30 % más pequeños que el de sus compañeros de camada.

Bonanno et al. (2019), menciona que, en humanos las numerosas anomalías óseas presentes en el deterioro cognitivo y alteraciones neurológicas, sugieren una estrecha relación entre hueso y cerebro. Tal es el caso de pacientes con Alzheimer, quienes presentan un remodelado óseo aumentado y desarrollo de osteoporosis, respecto de personas sanas de la misma edad.

Asimismo, la pérdida de memoria vinculada a la edad, en personas con menor densidad mineral ósea tiene un riesgo dos veces mayor de demencia, lo cual respaldaría la noción de que la alteración del hueso puede estar asociada a procesos cognitivos y de envejecimiento (Bonanno et al., 2019; Rubert y de la Piedra, 2020). En este sentido y de acuerdo con Kandel (2019), si la OC disminuye con la edad, pero incrementa y puede invertir la pérdida de memoria en ratones que se ejercitan en una cinta rodante, tal vez pueda generar el mismo efecto beneficioso para el cerebro humano, dado que el envejecimiento está asociado a una merma de masa ósea y es posible que, ante una práctica de ejercicio específico, mismo que estimule a la masa ósea se incrementen los niveles de OC mostrando una estimulación en la memoria en el humano.

En este apartado se analizó el papel de los mecanismos moleculares, de las queratinas en respuesta a la práctica de ejercicio físico; influyendo de manera positiva en una importante cantidad de órganos, células y tejidos. Se observó la existencia de una importante clasificación de

exerquinas, siendo una de ellas la proteína osteocalcina u hormona derivada de los huesos. Además, se hizo hincapié en su funcionamiento, composición e incidencia a nivel cerebral en la memoria, principalmente observados en modelos murinos, siendo los resultados en seres humanos, no concluyentes.

En conclusión, existe la posibilidad de establecer una manipulación controlada de programas de ejercicio físico que permitan establecer mediciones de los parámetros de la OC, la cOC y la ucOCN con fines terapéuticos, pocos estudios han informado acerca de los niveles de la OC y su distribución específica de acuerdo con la edad y características biológicas de la población estudiada.

Capítulo III. Intervenciones basadas en ejercicio físico, incidencia en los niveles de osteocalcina y función cognitiva de adultos y adultos mayores con y sin deterioro cognitivo

En el presente capítulo se describe una revisión sistemática basada en los criterios PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, por sus siglas en inglés), los cuales sirven como una guía o declaración que busca mejorar la transparencia y la calidad de la información plasmada en revisiones sistemáticas y metaanálisis (Moher et al., 2009; Page et al., 2020). Dichos criterios se tomaron en cuenta en diferentes tipos de ejercicio físico, su asociación con el estudio de biomarcadores de osteocalcina y su manifestación en áreas cerebrales y funciones cognitivas con población de adultos y adultos mayores, con y sin alteraciones neurológicas y neuropsicológicas como es el deterioro cognitivo.

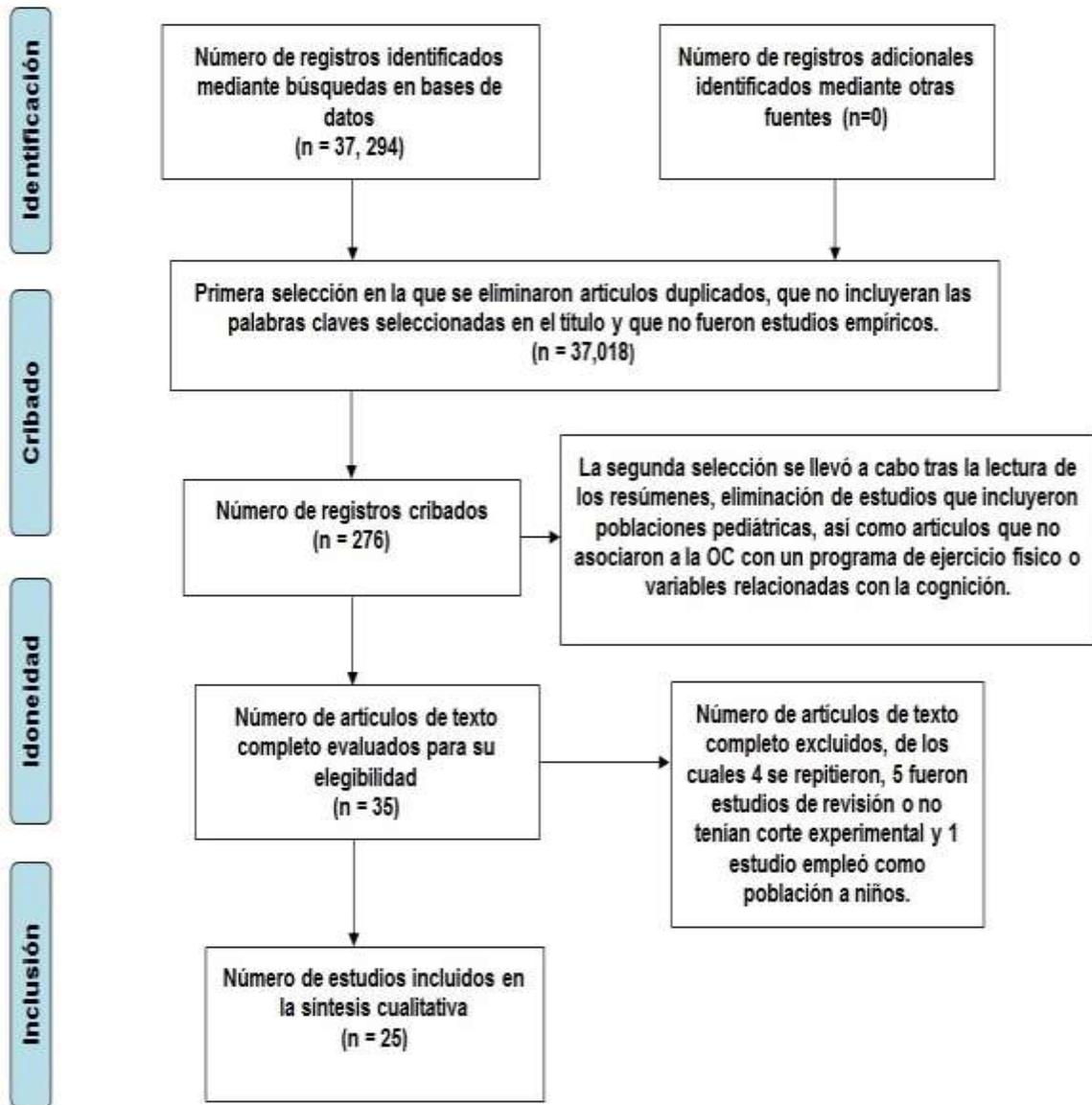
Para el diseño del estado del arte de este trabajo se efectuó una revisión sistemática mediante la cual se seleccionaron las siguientes bases de datos: PubMed, Scielo, Google Académico, Cochrane library y Redalyc. Se introdujeron búsquedas juntas o intercaladas en inglés y español con las siguientes palabras claves respectivamente: ((((((osteocalcin) OR (exerquin)) AND (physical exercise)) OR (physical training)) AND (cognition)) OR (brain plasticity)) OR (brain). Para la búsqueda en español se utilizaron las palabras clave: ((((((osteocalcina) OR (exerquina)) AND (ejercicio físico)) OR (entrenamiento físico)) AND (cognición)) OR (plasticidad cerebral)) OR (cerebro). Para los dos tipos de búsqueda se limitó el periodo comprendido entre enero 2019 a diciembre 2023.

El inicio de la búsqueda dio un total de 37, 294 artículos en inglés y 14, 868 artículos en español, dando un total de 52, 162. Se realizó una primera selección en la que se eliminaron artículos duplicados, que no incluyeran las palabras claves seleccionadas con el título y que no fueron estudios empíricos. Se obtuvieron 276 artículos que fueron exportados al programa Excel para conformar un conjunto de datos electrónicos.

La segunda selección se llevó a cabo tras la lectura de resúmenes y la eliminación de estudios que incluyeron modelos murinos o poblaciones pediátricas, así como artículos que no asociaron a la OC con un programa de ejercicio físico o variables relacionadas con la cognición. De esta selección, se obtuvieron 51 artículos evaluados para su elegibilidad con lectura del texto completo. Fueron excluidos, 35 de los cuales 4 se repitieron, 25 fueron estudios de revisión o no tenían corte experimental, 1 aún era un protocolo de investigación, 1 estudio empleó como población a niños y 4 modelos murinos. Finalmente, en la Figura 8 se muestran los 16 artículos para el análisis que cubrieron los propósitos de esta revisión.

Figura 8

Diagrama de Flujo basado en PRISMA 2009



Nota. Adaptado de "The PRISMA Group", por D. Moher, A. Liberti, J. Tetzalaf, D.G., Altman, 2009.

Los estudios encontrados fueron principalmente desarrollados a nivel internacional y emplearon dos tipos de análisis considerando pocos de ellos que se centraron en todas las variables juntas. El primer análisis consistió en examinar el efecto de la actividad o el ejercicio

físico sobre los niveles de la OC, la cOCN o ucOCN. El segundo consistió en una relación directa o indirecta entre la OC, la cOCN o la ucOCN con procesos cerebrales o funciones cognitivas. Todos los estudios se resumen a continuación.

Smith et al. (2020) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue probar la hipótesis de que una proporción más alta de osteocalcina descarboxilada/ osteocalcina total (ucOCN/tOC) se asocia con una función muscular reducida (fuerza y condición física) y un mayor riesgo de hospitalizaciones relacionadas con caídas a largo plazo. Emplearon una muestra de 1261 mujeres mayores caucásicas ($M = 75.2$, $DE = 2.7$ años). Emplearon un ensayo clínico aleatorizado controlado con 4 y 5 años de seguimiento posterior a este. Los principales resultados indicaron que los pacientes con una relación ucOC/tOC superior a la mediana tenían un riesgo relativo más alto de hospitalizaciones relacionadas con caídas (rango logarítmico no ajustado $p = 0.001$), siendo significativo en el modelo ajustado por múltiples variables (cociente de riesgo [HR] = 1.31, intervalo de confianza del 95% [IC] 1.09–1.57, $p = 0.001$). En análisis de ajuste posterior se buscó determinar el papel de la función física y la fuerza de agarre en la relación entre ucOC/tOC y el riesgo de caídas lesivas. Al agregar estos elementos al modelo ajustado por múltiples variables, esto atenuó la relación de ucOC/tOC con el riesgo relativo de una hospitalización relacionada con caídas ($HR = 1.12$, IC del 95 % 0.99-1.28, $p = 0.078$). Se llegó a la conclusión de que mayores niveles de ucOCN se relacionan con una menor fuerza de agarre. Aquellas personas con ucOCN/tOC más alta, tuvieron mayores hospitalizaciones relacionadas con caídas, función física reducida y un mayor riesgo de deterioro a largo plazo.

Mohammad-Rahimi et al. (2020) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue examinar el impacto del ejercicio aeróbico, resistencia y el ejercicio concurrente sobre la leptina sérica, ucOCN y adiponectina de alto peso molecular (HMW-APN) en adultos obesos con síndrome metabólico. Para ello emplearon una muestra de 44 hombres obesos árabes ($M = 45.5$, $DE = 4.6$

años) con síndrome metabólico. Las valoraciones aplicadas fueron: el análisis de preptina, HMW-APN y ucOCN. De manera física, valoraron el índice de masa corporal (IMC) y frecuencia cardíaca en reposo. Para la ingesta de energía, se utilizó un diario de alimentación explicado por un dietista. Emplearon tres protocolos: AIEX como calentamiento, en intervalos al 90 % de la respuesta fisiológica, caminar/correr en cinta rodante al 70 % de la respuesta fisiológica. REX, compuesto por siete máquinas de ejercicios con pesas y efectuando dos series de 15 a 20 repeticiones intensidad 40 a 45%. Se efectuó CEX en las semanas 1, 3, 5, 7, 9 y 11, alternando AIEX dos veces por semana y REX una vez por semana y en las semanas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 realizaron REX dos veces por semana y AIEX una vez por semana. Dentro de los resultados, ucOCN sérica aumentó un 5 %, 25 % y 28 % después de 12 semanas de REX, AIEX y CEX, respectivamente, sin cambios significativos en el grupo control ($p < 0.05$), mostrando incrementos durante el protocolo CEX. El nivel sérico de preptina se asoció negativamente con ucOCN ($r = -.659$; $p < 0.001$) y HMW-APN ($r = -.726$; $p < 0.001$), y positivamente con glucosa ($r = .554$; $p < 0.001$), insulina ($r = .580$; $p < 0.001$) e IMC ($r = .583$; $p < 0.001$). El ucOCN sérico se asoció negativamente con el IMC ($r = -.462$; $p = 0.003$), la glucosa ($r = -.512$; $p < 0.001$) y la insulina ($r = -.508$; $p < 0.001$). Además, el ucOCN sérico se asoció positivamente con el HMW-APN sérico ($r = .600$; $p < 0.001$). El nivel sérico de HMW-APN se asoció negativamente con la glucosa ($r = -.670$; $p < 0.001$), la insulina ($r = -.677$; $p < 0.001$) y el IMC ($r = -.617$; $p < 0.001$). Se concluyó que independientemente del modo y la intensidad del régimen, una intervención de ejercicio de 12 semanas con AIEX, REX o CEX puede inducir de manera efectiva una mejora en el nivel de preptina, ucOCN y HMW-APN en adultos obesos con síndrome metabólico, aunque el modo del protocolo de entrenamiento de ejercicio es un factor eficaz para inducir cambios en los niveles de preptina y ucOCN. Sus hallazgos apoyan la comunicación cruzada entre huesos,

células pancreáticas β y metabolismo energético en humanos, proponiendo que tanto la preptina como ucOCN pueden ser medidas viables de incremento metabólico inducido por el ejercicio.

Kortas et al. (2020) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar la relación entre las exerquinas y el metabolismo del hierro en mujeres mayores antes y después de un entrenamiento de marcha nórdica. Emplearon una muestra de 36 mujeres posmenopáusicas caucásicas ($M = 66$, $DE = 5$ años), divididas en grupos de ejercicio y descanso. Las valoraciones aplicadas fueron: glucosa, ferritina sérica; insulina y OC sérica; además de masa y composición corporal. Se desarrolló una intervención de entrenamiento con diez minutos de calentamiento, 45-55 minutos de marcha nórdica y diez minutos enfriamiento. Las sesiones tuvieron duración de 12 semanas, durante tres veces por semana, con un tiempo de 60 minutos por sesión. Posterior a este tiempo, el entrenamiento de marcha nórdica aumentó los niveles de adiponectina y de OC sérica en el grupo ejercicio, medidos en ng/mL (de $M = 38.9$, $DE = 26.04$ a $M = 41.6$, $DE = 15.31$), correlacionándose inversamente con una disminución en los niveles de hierro sérico ($r = -.45$, $p = 0.05$). Sus hallazgos indicaron que el hierro modula los cambios inducidos por el entrenamiento de marcha nórdica en los niveles de algunas exerquinas, como la OC.

Nicolini et al. (2020) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar la excitabilidad corticoespinal, facilitación intracortical e inhibición intracortical de intervalo corto mediante estimulación magnética transcraneal y marcadores bioquímicos séricos, como el factor neurotrófico derivado del cerebro (FDFN), ucOCN y cOCN. Para ello emplearon una muestra de 40 hombres sedentarios caucásicos ($M = 23$, $DE = 3$ años) dividida en dos grupos, ejercicio y descanso. El procedimiento consistió en tres sesiones de ejercicios de intervalos de alta intensidad. Sus estrategias de entrenamiento fueron: cinco intervalos de un minuto a intensidad de 105-125 % de la carga máxima de trabajo intercalado con 1.5 minutos de recuperación activa a 30 %. Realizaron tres sesiones, con duración de 17.5 minutos seguidas de 30 minutos de

descanso, con una periodicidad de tres veces por semana ejecutados de manera grupal. Se observó incremento de BDNF sérico ($p = 0.014$), ucOCN y disminución de cOCN ($p < 0.001$). También hubo disminución de ucOCN/tOCN ($p = 0.002$), tras un periodo de descanso equivalente al tiempo de duración del ejercicio. Ninguno de estos indicadores se presentó en los participantes que no realizaron el programa.

Rostamizadeh et al. (2019) investigaron los efectos de diferentes entrenamientos físicos sobre la función de las células β , resistencia a la insulina y niveles de OC en hombres con sobrepeso. Emplearon una muestra de 33 hombres árabes ($M = 31.5$, $DE = 2.2$) con sobrepeso divididos en tres grupos, ejercicio aeróbico, de resistencia y descanso. Se analizaron niveles séricos de ucOCN y función de las células β para detectar resistencia a la insulina; también se llevó un control del régimen habitual de alimentación y evitar tomar suplementos. Para la intervención se emplearon los componentes, ejercicio aeróbico y ejercicio resistencia. Sus estrategias de entrenamiento fueron: cinco ejercicios de resistencia por sesión: dirigidos a grupos de musculares de: pecho (press de banca con barra), cuádriceps (prensa de piernas en máquina), y extensión de piernas unilateral en máquina. El ejercicio aeróbico consistió en una cinta para correr con metabolización de 500 kcal por sesión. El número de sesiones fue de ocho semanas, con duración de 60 minutos y periodicidad de tres veces por semana efectuado de manera grupal. El nivel de OC aumentó significativamente después de ocho semanas de entrenamiento aeróbico ($p = 0.001$) y de resistencia ($p < 0.001$). La resistencia a la insulina disminuyó significativamente en los grupos de entrenamiento aeróbico ($p < 0.001$) y entrenamiento de resistencia ($p = 0.004$); asimismo, la insulina también disminuyó significativamente en el entrenamiento aeróbico ($p < 0.001$) y en el entrenamiento de resistencia ($p = 0.001$). Pero en los niveles de OC, insulina y resistencia a la insulina, no hubo diferencias significativas entre los grupos de entrenamiento aeróbico y entrenamiento de resistencia ($p > 0.05$). Se llegó a la conclusión que los ejercicios

aeróbicos y de resistencia provocan algunos cambios en el peso corporal y el índice de masa corporal (IMC), así como en OC. No obstante, los cambios en los niveles de OCN no fueron predictores de cambios en la secreción de insulina de las células beta pancreáticas.

Nakamura et al. (2021) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue analizar la relación entre los cambios en la función cognitiva y los niveles séricos de OC, factor de crecimiento similar a la insulina 1 y albúmina en personas mayores que viven en comunidad. Para ello emplearon una muestra de 76 personas mayores asiáticas que viven en comunidad (rango = 63 a 91 años) con deterioro cognitivo y sanos. Los resultados bioquímicos que se emplearon fueron los niveles de OC, factor de crecimiento insulínico (IGF-1) y albúmina. Se hizo una evaluación de riesgo de deterioro cognitivo con Evaluación Cognitiva de Montreal [MoCA, por sus siglas en inglés (Nasreddine et al., 2005)]. El procedimiento consistió en 15 minutos de tareas intelectuales y 45 minutos de ejercicio físico agregado, una hora y vez por semana, durante 13 semanas. Se formaron dos grupos: deterioro cognitivo y cognitivamente saludables. En la intervención emplearon baile ligero y tareas cognitivas por 12 semanas, con duración de 15 minutos (tareas cognitivas) más 45 minutos (ejercicio físico) efectuado de manera grupal. El estudio fue de tipo ensayo clínico aleatorizado. Al medir las variables durante la semana 13 y en comparación con el grupo con deterioro cognitivo, el grupo cognitivamente saludable, mostró un aumento significativamente mayor en el nivel de OC ($p = 0.025$). Llegaron a la conclusión de que puede existir una relación entre las disminuciones en los niveles séricos de OC y el deterioro cognitivo en el adulto mayor.

Shin y Nam (2023) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar los efectos de la obesidad y la OC sobre el metabolismo de la glucosa en el cerebro. Para ello emplearon una muestra de 179 hombres sanos, asiáticos con edad promedio de 46.2 ($DE = 6.22$). Se aplicaron métodos de laboratorio estándar para efectuar la recolección de muestras de sangre y medir

hemoglobina glucosilada y OC. Asimismo se empleó una medición antropométrica de la altura, peso e índice de masa corporal (IMC), densidad mineral ósea de columna lumbar y fémur. Como parte de sus resultados, la masa grasa se correlacionó negativamente con los niveles de OC ($r = .226$; $p = 0.02$). La media de OC de los participantes fue de 16.36 ng/mL, ($DE = 5$). La obesidad se correlacionó positivamente con el metabolismo alterado de la glucosa encefálica en el lóbulo anterior derecho y lóbulos anterior y posterior izquierdos del cerebelo, asimismo, los giros frontales medio (área 9 de Brodmann), giro cingulado (área 32 de Brodmann) y giro cingulado anterior derecho (área 32 de Brodmann), finalmente con un procesamiento deficiente de la glucosa de los giros frontal medio (área 10 de Brodmann) y subgiro del lóbulo frontal izquierdo ($p < 0.001$). La OC se correlacionó negativamente con un metabolismo alterado de la glucosa en el lóbulo anterior del cerebelo izquierdo ($p = 0.009$). En conclusión, la obesidad se correlacionó positivamente con el metabolismo deficiente de la glucosa en la corteza prefrontal y el cerebelo. Los niveles de OC se correlacionaron negativamente con el metabolismo deficiente de la glucosa cerebral en el cerebelo izquierdo.

Parker et al. (2019) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue analizar si una sola sesión de ejercicio continuo de intensidad moderada, pero no ejercicio en intervalos de bajo volumen y alta intensidad realizados una hora después de la comida atenúa la supresión postprandial de los marcadores de remodelación ósea. Para ello emplearon una muestra de 27 adultos caucásicos con promedio de 30 años ($DE = 1$). Como medida de resultado bioquímica se utilizó inmunoensayo automatizado para medir tOC. La ucOCN sérica se midió mediante el mismo inmunoensayo después de la absorción de cOCN en una suspensión de hidroxilapatita de 5 mg/ml. Su procedimiento consistió en dos tipos de ejercicio: Ejercicio tipo1: LV-HIIE consistió en ocho series de ciclismo de un minuto al 100 % de recuperación activa de un minuto. Y ejercicio tipo CMIE: el cual consistió en 38 minutos de ciclismo continuo al 50 % de recuperación activa.

Llegaron a la conclusión de que el ejercicio CMIE, pero no el LV-HIIE, atenúa la supresión inducida posprandial de tOC y ucOC, por lo tanto, CMIE puede ser una herramienta eficaz para atenuar la supresión posprandial de los marcadores de remodelado en adultos con sobrepeso/obesidad ($p < 0.05$).

Ross et al. (2022) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue determinar la relación entre la ucOCN y la esclerostina y su asociación con la cognición de mujeres seropositivas (VIH) y mujeres seronegativas (VIH-). Emplearon una muestra de 252 mujeres peri menopáusicas y post menopáusicas de 40 a 60 años. Se empleó un ensayo de inmuno absorción ligado a enzimas para analizar ouOCN. Se efectuó evaluación de aprendizaje de memoria, atención, función ejecutiva, fluidez verbal, y habilidades motoras. Como parte de los resultados, ucOCN se asoció positivamente con la función ejecutiva en la muestra total y negativamente con la atención/memoria de trabajo en mujeres VIH.

Hiam et al. (2021) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue examinar si la OC total y sus formas responden de manera diferente entre sexos después de una serie aguda de ejercicio en intervalos de alta intensidad (HIIE) y de cuatro semanas de entrenamiento en intervalos de alta intensidad (HIIT). Para ello emplearon una muestra de 96 personas (74 hombres sanos, $M = 31.4$, $DE = 8.3$ años y 22 mujeres premenopáusicas, $M = 34.3$, $DE = 7.2$ años, caucásicos). Se empleó: inmunoensayo automatizado mediante método de cromatografía líquida de alto rendimiento-espectrometría de masas para la medición de tOC, ucOCN, cOCN. La intervención incluyó: Combate agudo (HIIE) en la cuál se efectuó pedaleo durante seis intervalos de dos minutos por recuperación de un minuto. Intervención de ejercicio (HIIT), que incluyó seis a 14 intervalos de dos minutos por un minuto de recuperación. La muestra se dividió en dos grupos: hombres y mujeres. El ejercicio LV-HIIE consistió en ocho series de ciclismo de un minuto al 100 % de frecuencia cardiaca, por recuperación activa de un minuto. En el ejercicio CMIE efectuaron

ciclismo continuo ($M = 38$, $DE = 1$ minutos) al 50 % de frecuencia cardiaca. Se efectuó solo una sesión, con duración variable dependiendo del tipo de ejercicio, en una periodicidad de tres veces a la semana efectuada de manera grupal. El estudio fue de tipo: ensayo clínico aleatorizado. Al inicio, los hombres presentaron niveles más altos de tOC, cOC y ucOC que las mujeres ($p < 0.01$). En Ambos sexos, tOC y ucOC aumentaron en la misma medida después del HIIE. Al inicio, solo en los hombres un nivel más alto de testosterona se asoció con un nivel más alto de ucOC ($\beta = 3.37$; $p < 0.046$). Finalmente, tOC y ucOC no cambiaron después de cuatro semanas de ejercicio HIIT.

Bakhtiyari et al. (2021) efectuaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de ocho semanas de entrenamiento aeróbico por intervalos sobre las concentraciones séricas de fosfatasa alcalina, OC y hormona paratiroidea en hombres de mediana edad. Emplearon una muestra de 24 hombres árabes sin afecciones ($M = 42.7$ años). Se empleó el método fotométrico sintético estándar medido mediante el método ELISA con sensibilidad de 0.1 ng/mL, para determinar concentración de calcio, fósforo, fosfatasa alcalina, OC y hormona paratiroidea. Se efectuó un entrenamiento aeróbico en intervalos por ocho semanas, tres veces por semana, 45 a 60 minutos efectuados de manera grupal. Se formaron dos grupos (ejercicio y descanso). Los resultados post intervención mostraron que el peso e índice de masa corporal disminuyeron significativamente, y el consumo máximo de oxígeno al final del programa de entrenamiento aumentó significativamente en el grupo ejercicio: calcio ($p = 0.001$), fósforo ($p = 0.001$), fosfatasa alcalina ($p = 0.001$), OC ($p = 0.001$) y hormona paratiroidea ($p = 0.001$). Se concluyó que ocho semanas de entrenamiento aeróbico por intervalos pueden ser eficaces para prevenir la osteoporosis reduciendo los índices de composición corporal y aumentando el calcio, fósforo, fosfatasa alcalina, osteocalcina y hormona paratiroidea sérica en hombres que efectuaron este entrenamiento.

Sadowska-Krepa et al. (2023) efectuaron un estudio en el que compararon entre otros, algunos indicadores de recambio óseo, tales como OC y BDNF, en mujeres de edad avanzada que difieren en la actividad física. Para ello emplearon una muestra de 62 mujeres blancas sanas ($M = 72,1$, $DE = 5.4$ años). Los instrumentos aplicados fueron: concentración sérica de osteocalcina medida con un kit ELISA humano y acelerómetro. El procedimiento consistió en sesiones de caminata, divididas en tres grupos: grupo I ($n = 18$; $< 5,000$ pasos por día); grupo II ($n = 22$; de 5,000 a 9,999 pasos diarios); y grupo III ($n = 22$; $\geq 10,000$ pasos al día). Los resultados no fueron significativamente diferentes en los niveles de superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión reductasa, pero las concentraciones de este último ($p < 0.001$) y ácido úrico ($p = 0.002$) demostraron estar significativamente asociadas con la actividad física diaria de los grupos. Se establecieron diferencias significativas entre los grupos para las concentraciones de OC ($p = 0.019$), y BDNF ($p = 0.001$), pero no para calcio ni para la glándula paratiroides, reguladora del equilibrio de calcio, magnesio y fósforo en sangre y huesos. Se concluyó que los cambios producidos por la actividad física pueden prevenir la osteoporosis y mejorar la función cognitiva en mujeres mayores. Respaldaron la evidencia existente de que dar un mínimo de 5000 pasos por día puede promover un envejecimiento exitoso y saludable, pero se necesita más investigación para confirmar este hallazgo.

Aktitiz et al. (2022) compararon los efectos de sesiones de ejercicio interválico de alta intensidad (HIIE) y su efecto sobre interleucina-6 (IL-6), ucOCN y BDNF. Emplearon una muestra de 20 atletas masculinos blancos y sanos de carrera, ciclismo y triatlón recreativos (19 a 39 años). Su procedimiento consistió en una sola sesión de HIIE (HIIE-S) y otra sesión de doble ejercicio con tres horas de diferencia (HIIE-D). Cada sesión estaba basada en ciclos de 10×1 minuto al 100 % del consumo máximo de oxígeno, con 75 segundos de ciclos de baja intensidad. Se recogieron muestras de sangre para analizar los niveles de IL-6, ucOCN y BDNF antes e

inmediatamente después del HIIE y de HIIE-D. Los resultados mostraron que ambas intervenciones de HIIE aumentaron significativamente ($p < 0.001$) los niveles plasmáticos de IL-6, ucOC y BDNF. Se llegó a la conclusión de que la realización de HIIE (en los dos distintos momentos de ejecución), da como resultado cambios en los niveles plasmáticos de estos biomarcadores.

Armamento-Villareal et al. (2019) compararon si el ejercicio de resistencia prevendría la pérdida ósea inducida por la pérdida de peso más que el ejercicio aeróbico o combinado. Emplearon una muestra de 141 adultos mayores blancos con obesidad ($M = 65$ años). Se midió la composición corporal y densidad mineral ósea. Como parte del entrenamiento emplearon diez minutos de ejercicio de flexibilidad, seguidos de 40 minutos de ejercicio aeróbico y diez minutos de ejercicio de equilibrio. La intervención se efectuó durante seis meses, con duración de 60 minutos, tres veces por semana de manera grupal. El estudio fue de tipo ensayo clínico aleatorizado. En comparación con el ejercicio aeróbico; el ejercicio de resistencia y aeróbicos combinados, se asociaron con menor disminución de la DMO de la cadera inducida por la pérdida de peso y un menor aumento del recambio óseo inducido por la pérdida de peso ($p = 0.001$).

Liu et al. (2022), investigaron mediante un estudio correlacional retrospectivo los cambios regionales espontáneos en la actividad cerebral de pacientes diabéticos con osteoporosis y la correlación entre regiones cerebrales anormales y metabolitos óseos. Emplearon una muestra de 29 personas con Diabetes Mellitus tipo 2, de las cuales 14 contaban con osteoporosis y edad media de 58.3 ($DE = 4.6$) y 13 pacientes diabéticos sin osteoporosis (grupo control) con edad media de 56 ($DE = 4.2$). Se incluyó la prueba neurocognitiva: Evaluación Cognitiva de Montreal [MoCA, por sus siglas en inglés (Nasreddine et al., 2005)], para la detección de deterioro cognitivo leve y la prueba de neuro imagen: resonancia magnética. Los resultados mostraron que

los valores del giro occipital superior derecho y el giro superior derecho del lóbulo parietal tuvieron correlación negativa con las puntuaciones MOCA ($p = 0.004$). También hubo correlación negativa entre los valores aumentados del giro occipital superior derecho el nivel de OC ($p = 0.004$). Concluyeron que la osteoporosis exacerbó el deterioro cognitivo y el daño cerebral. También consideraron que la OC podría ser un marcador óseo para rastrear la progresión de dicho deterioro ($p = 0.007$).

Castle et al. (2020) evaluaron si una ingesta mayor de vitamina D 3 que la ingesta recomendada (600 UI/d), afecta las medidas de función cognitiva específicas del dominio y si el cambio en la cognición está asociado con las concentraciones séricas de vitamina D 3, hormonas y marcadores A β . Emplearon una muestra de 42 mujeres posmenopáusicas blancas con sobrepeso/obesidad ($M = 58$, $DE = 6$ años). Se analizó OC y ucOCN sérica y como medidas neurocognitivas: funcionamiento ejecutivo (Capacidad de memoria de trabajo, planificación espacial, control motor, adquisición de reglas y flexibilidad de la atención, b) aprendizaje /memoria de aprendizaje de pares asociados (memoria de reconocimiento visual y verbal), c) velocidad de respuesta y atención visual sostenida. El estudio fue ensayo controlado aleatorio doble ciego. Las mujeres (índice de masa corporal, $M = 30$, $DE = 3,5$ kg/m) tenían un nivel basal de 25-hidroxivitamina D sérica ($M = 22,6$, $DE = 5,8$ ng/mL) que aumentó ($M = 30.2$, $DE = 5.6$; $M = 36$, $DE = 4.9$ y $M = 40.8$, $DE = 7$ ng/mL) en los grupos de 600, 2,000 y 4,000 UI/d, respectivamente ($p < .001$). Los participantes que tomaron 2,000 UI/d en comparación con otras dosis obtuvieron mejores resultados en pruebas de aprendizaje y memoria ($p < 0.05$), aunque el grupo de 4,000 UI/d tuvo un tiempo de reacción más lento en comparación con el grupo de 600 UI/d. Los resultados mostraron que la ucOCN sérica se asoció a tareas relacionadas con el tiempo de reacción y función ejecutiva, mientras que el índice de masa corporal y la hormona paratiroidea predijeron negativamente el tiempo de reacción y la función ejecutiva ($p \leq 0.01$).

Estos datos sugieren que la vitamina D tiene efectos diferenciales en las medidas cognitivas específicas del dominio y que una dosis más alta puede afectar negativamente al tiempo de reacción.

Wu et al. (2020) exploraron la asociación de los marcadores de recambio óseo con la función cognitiva en pacientes con hemodiálisis. Para ello emplearon una muestra de 293 personas mayores a 30 años, que estuvieran bajo tratamiento de hemodiálisis durante 90 días. Se efectuó análisis de OC. Se midieron parámetros de: atención, orientación, lenguaje, fluidez para generar listas, manipulación mental, abstracción, juicio, dibujo, memoria corto y largo plazo y la aplicación de la prueba Evaluación Cognitiva de Montreal [MoCA, por sus siglas en inglés (Nasreddine et al., 2005)] para evaluar función cognitiva. En su procedimiento se estableció una asociación de los marcadores de recambio óseo con funciones cognitivas en pacientes con hemodiálisis. Los resultados mostraron una función cognitiva más baja en los pacientes en hemodiálisis en comparación con los sujetos control. El receptor activador del ligando del factor nuclear kappa-B [RANKL] (que incluyó OC entre otros biomarcadores), fue el único marcador óseo que se encontró asociado con la función cognitiva en pacientes en hemodiálisis sin un diagnóstico previo de accidente cerebrovascular o demencia. El estudio fue ensayo clínico aleatorizado. El número de sesiones fue de 90 días, con duración de 3.5 y cuatro horas, con una frecuencia de tres veces a la semana efectuado de manera grupal. Se observó una función cognitiva menor en los pacientes de hemodiálisis en comparación con los sujetos de control. El ligando del activador del receptor del factor nuclear kappa-B (RANKL) fue el único marcador óseo de los analizados (Dickkopf, OC, osteopontina, osteoprotegerinas y leptina) que se asoció con la función cognitiva en pacientes en hemodiálisis sin diagnóstico previo de accidente cerebrovascular o demencia ($p = 0.003$).

Jeong et al. (2021) llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado para investigar la eficacia de un programa de ejercicio físico multicomponente combinado con estimulación cognitiva y la incorporación de parámetros de actividad física habitual en la mejora de las funciones cognitivas en individuos con deterioro cognitivo leve (DCL). La muestra estuvo compuesta por 26 adultos mayores asiáticos (70-75 años) diagnosticados con DCL. Se tomaron en consideración: medidas neurocognitivas para evaluar el estado cognitivo general, velocidad de procesamiento de la información, y evaluación del lóbulo prefrontal. Por otro lado, se evaluó depresión geriátrica y actividad física monitoreada por un acelerómetro. La intervención consistió en un programa de ejercicio multicomponente estructurado en sesiones grupales de 90 minutos, realizadas tres veces por semana durante 12 semanas. Cada sesión comprendió un calentamiento (diez minutos), un ejercicio principal (50 minutos), un enfriamiento (diez minutos) y un componente de promoción de la salud (20 minutos). En el grupo de intervención multicomponente, se observaron aumentos significativos en la masa muscular general ($p < 0.01$), la masa muscular de los miembros inferiores ($p < 0.01$), el conteo de pasos ($p < 0.01$), y la circunferencia de la cadera ($p < 0.001$). Adicionalmente, se registraron reducciones significativas en la puntuación de la variable depresión geriátrica ($p < 0.05$), estado cognitivo general ($p < 0.05$), y un incremento en los tiempos de respuesta del lóbulo prefrontal ($p < 0.01$).

Cigarroa et al. (2021) evaluaron los efectos del ejercicio multicomponente en la disminución del riesgo de caída y riesgo de deterioro cognitivo, mejora del equilibrio y fuerza muscular. Emplearon una muestra de 17 adultos mayores americanos (41.7 % mujeres con edad $M = 70$ años). Para la intervención emplearon un programa de ejercicio multicomponente. Sus estrategias de entrenamiento fueron: fuerza muscular, cardiovascular, equilibrio, marcha y flexibilidad. El número de sesiones fue de 2.2 meses, con duración de 60 minutos, y frecuencia de 3-4 veces por semana efectuado de manera grupal. Posterior a los ejercicios se observó mejor

rendimiento en: riesgo de caídas ($p = 0.004$), fuerza en piernas ($p = 0.023$ pierna derecha, $p = 0.005$ pierna izquierda), sentarse y levantarse ($p = 0.014$), marcha de seis minutos ($p = 0.006$), disminución de dolor corporal ($p = 0.003$), salud mental ($p = 0.001$). Con respecto al riesgo de deterioro cognitivo, no se observaron diferencias significativas post ejecución. Los investigadores concluyeron que el programa de ejercicio logró disminuir el riesgo de caídas, mejoró el equilibrio, fuerza muscular, capacidad funcional y calidad de vida en personas mayores que viven en comunidad. Con respecto al riesgo de deterioro, no se observaron diferencias significativas post ejecución.

Li et al. (2021) también exploraron los efectos del ejercicio físico de componentes múltiples sobre la función física y la función cognitiva de participantes de edad avanzada con deterioro cognitivo leve. Para ello emplearon una muestra de 90 adultos mayores asiáticos con deterioro cognitivo de 60 años. Se emplearon las medidas de resultado neurocognitivas. Para la intervención se empleó un programa de ejercicio multicomponente. Sus estrategias de entrenamiento fueron: calentamiento, ejercicios aeróbicos, fuerza, equilibrio y coordinación. El tiempo de aplicación fue de seis meses, con duración de 30 minutos, y frecuencia de cinco veces por semana efectuado de manera grupal. Los resultados post intervención mostraron que las puntuaciones de las pruebas de rendimiento físico fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Por otra parte, la función cognitiva mostró un incremento significativo después de la intervención, mientras que la del grupo de control disminuyó en tres y seis meses ($p < 0.05$).

Casas-Herrero et al. (2022) examinaron los efectos del ejercicio multicomponente Vivifrail, en personas frágiles/prefrágiles que viven en la comunidad. Para ello emplearon una muestra de 188 adultos mayores caucásicos con deterioro cognitivo leve (72 % mujeres, $M = 84.1$, $DE = 4.8$ años). Para la intervención se empleó un programa de ejercicio multicomponente. Sus estrategias de entrenamiento fueron: resistencia, equilibrio, flexibilidad y reentrenamiento de

la marcha. Las sesiones se efectuaron durante 12 meses, con duración de 60 minutos, y frecuencia de cinco veces de manera grupal. El grupo de intervención mostró un aumento medio de .86 puntos en la escala SPPB ($p < 0.01$) después de un mes de intervención y de 1.40 puntos ($p < 0.001$) después de 3 meses. Los participantes del grupo control no mostraron un beneficio significativo en la capacidad funcional. El grupo de ejercicio también obtuvo beneficios significativos en la función cognitiva. El grupo de intervención mostró mejoras en el Test Cognitivo de Montreal [MoCA, por sus siglas en inglés (Nasreddine et al., 2005)], después de tres meses de la intervención mientras que no se encontró tal tendencia en el grupo de control ($p < 0.05$).

Por su parte, Sánchez-Sánchez et al. (2022) también evaluaron los efectos del ejercicio físico multicomponente Vivifrail sobre la cognición entre adultos mayores pre-frágiles/frágiles con deterioro cognitivo leve/demencia leve, contra un grupo control. Emplearon una muestra de 188 adultos mayores caucásicos con deterioro cognitivo leve (80-84 años). Para la intervención se incluyeron los elementos de ejercicio multicomponente personalizado de Vivifrail: resistencia, equilibrio, flexibilidad y caminata en el hogar. Las sesiones se efectuaron durante tres meses, con duración de 60 minutos, y frecuencia de tres veces por semana. Tras la intervención, se observó una mejor evolución en los dominios de locomoción ($p < 0.001$), cognición ($p < 0.05$) y vitalidad ($p = 0.25$), mostrado por el grupo ejercicio en comparación con los sujetos del grupo control.

Plaza-Carmona et al. (2022) estimaron la influencia de la práctica de ejercicio físico multicomponente Vivifrail en la mejora del estado de fragilidad de las personas mayores inscritas en clases de gimnasia de mantenimiento. Se empleó una muestra de 118 adultos mayores caucásicos, $M = 79.1$, $DE = 4.11$ años. Tras la intervención, el grupo experimental mostró diferencias significativas para las variables, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno tras los

tres meses de intervención ($p < 0.05$). Como resultado, presentaron mejora en la condición física, así como disminución del nivel de pre-fragilidad física.

Vásquez et al. (2020) calcularon el efecto del entrenamiento físico multicomponente sobre las funciones cognitivas de adultos mayores. Para ello emplearon una muestra de nueve participantes adultos mayores (86 % mujeres), con $M = 70$, $DE = 7.22$ años. La intervención consistió en actividad lúdica en medio terrestre y en medio acuático. Las sesiones se impartieron durante cuatro meses, con duración de 60 minutos por sesión, y frecuencia de tres veces por semana de manera grupal. Evidenciaron diferencias significativas en mejoramiento en memoria inmediata ($p = 0.016$) y habilidades visoespaciales y viso constructivas de los sujetos ($p = 0.006$). Por otro lado, se evidenciaron cambios físicos positivos reflejados en el aumento de la media en todas las pruebas físicas realizadas.

Finalmente, Kang et al. (2023) se enfocaron en cuantificar los efectos del ejercicio sobre las conductas de ansiedad en ratones climatéricos y su relación con la OC. Se utilizaron pruebas de análisis de comportamiento en ratones. Se midió el contenido de OC y ucOC sérica, hormona anti-Mulleriana y hormona folículo estimulante. El estudio fue un ensayo clínico aleatorizado.

Para la intervención se empleó un programa de ejercicio en cinta rodante. Las sesiones se efectuaron durante diez días consecutivos, con duración de 15 a 30 minutos al día, y frecuencia de seis días a la semana. Entre los resultados más relevantes se observó que el ejercicio aumentó los niveles circulantes de cOC y ucOC, además se observó una correlación positiva con la promoción de neurogénesis del giro dentado del hipocampo e inhibición de la apoptosis de las células del hipocampo ($p < 0.01$).

Por otro lado, y correspondiente a la evaluación de la calidad metodológica de los estudios aleatorizados se utilizó la Escala PEDro, basada en la lista Delphi, desarrollada por

Verhagen y colaboradores, la cual permite identificar de manera rápida la validez interna de un ensayo clínico aleatorizado. La escala está compuesta de 11 criterios: 1. Los criterios de elección fueron especificados, 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos), 3. La asignación fue oculta, 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes, 5. Todos los sujetos fueron cegados, 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados, 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados, 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85 % de los sujetos inicialmente asignados a los grupos, 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”, 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave, 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave (Da Silva et al., 2013).

Para su evaluación, cada criterio tiene un valor de 1, excepto el criterio 1 el cual no se puntúa para ser calificado, por lo tanto, el total máximo de validez es 10. La calidad de los artículos se clasifica de la siguiente forma en función a la puntuación que se obtiene: Excelente: 9-10 puntos, Buena: 8-6 puntos, Regular: 5-4 puntos, Mala: > 4 puntos (Verhagen et al., 1998).

La tabla 5 muestra un resumen de los resultados individuales de los estudios evaluados. Como parte del resultado global: 10 artículos correspondientes al 59 % de los estudios obtuvieron una puntuación Excelente, mientras que 7 artículos, correspondientes al 42 % obtuvieron una buena puntuación.

Tabla 5*Calidad metodológica de los estudios aleatorizados de acuerdo a la escala PEDro*

Escala PEDro para evaluar calidad de validez interna												
Estudio	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	Total
Smith et al. (2020)	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	9/10
Mohammad-Rahimi et al. (2020)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Nicolini et al. (2020)	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	8/10
Rostamizadeh et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Nakamura et al. (2021)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9/10
Parker et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Hiam et al. (2021)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9/10
Sadowska-Krepa et al. (2023)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Aktitiz et al. (2022)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10/10
Armamento-Villareal et al. (2019)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Castle et al. (2020)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Wu et al. (2020)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Jeong et al. (2021)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Cigarroa et al. (2021)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Sánchez-Sánchez et al. (2022)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10
Li et al. (2021)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Casas-Herrero et al. (2022)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10/10

Nota. Adaptado de los estudios realizados por: Smith et al. (2020); Mohammad-Rahimi et al. (2020); Nicolini et al. (2020); Rostamizadeh et al. (2019); Nakamura et al. (2021); Parker et al. (2019); Hiam et al. (2021); Sadowska-Krepa et al. (2023); Aktitiz et al. (2022); Armamento-Villareal et al. (2019); Castle et al. (2020); Wu et al. (2020); Jeong et al. (2021); Cigarroa et al. (2021); Sánchez-Sánchez et al. (2022); Li et al. (2021); Casas-Herrero et al. (2022).

Se efectuó un análisis de 19 intervenciones (Aktitiz et al., 2022; Armamento-Villareal et al., 2019; Bakhtiyari et al., 2021; Casas-Herrero et al., 2022; Cigarroa et al., 2021; Hiam et al., 2021; Jeong et al., 2021; Kang et al., 2023; Kortas et al., 2020; Li et al., 2021; Mohammad-

Rahimi et al., 2020; Nakamura et al., 2021; Nicolini et al., 2020; Parker et al., 2019; Plaza-Carmona et al., 2022; Rostamizadeh et al., 2019; Sadowska-Krepa et al., 2023; Sánchez-Sánchez et al., 2022; Vásquez et al., 2020), revisando sus componentes, estrategias, número de sesiones, duración, periodicidad y modalidad (grupal o individual) (Apéndice 1 y 2).

Con base en la descripción de los estudios, se obtuvo la frecuencia en la que se repitieron los parámetros de las 19 intervenciones. El parámetro “componentes” relacionado con las variables de los estudios que apareció con mayor frecuencia arrojó dos variables: la ucOCN y las funciones cognitivas [moda 11 y 7]. El parámetro “estrategias de intervención” que apareció con mayor frecuencia fue el ejercicio multicomponente, el ejercicio aeróbico y el ejercicio de resistencia; cabe mencionar que el ejercicio multicomponente incluye al ejercicio aeróbico y de resistencia, sin embargo, para el análisis se tomó en cuenta de manera independiente [moda 6, 3 y 3 respectivamente]. La media del parámetro “temporalidad de las sesiones de intervención” fue de $M = 8.8$, $DE = 1.1$ semanas y la media del parámetro “duración de las sesiones” fue de $M = 50.3$, $DE = 9.5$ minutos. La media del parámetro “periodicidad” fue de $M = 3.5$, $DE = 1.4$ veces por semana. Finalmente, el parámetro “modalidad de la intervención” que se repitió en todas las intervenciones fue la grupal (Apéndice 1 y 2).

Después de efectuar este análisis, el presente trabajo retoma los elementos que con mayor frecuencia han aparecido: las variables OC y funciones cognitivas. Asimismo, la estrategia de intervención empleada será el ejercicio multicomponente. Para el número de sesiones, se consideró ocho por la conveniencia de la temporalidad con la que se cuenta para efectuar el estudio.

En cuanto a duración se retomará el lapso de 60 minutos a reserva de los avances físicos de los participantes, así como una periodicidad de tres veces por semana y una aplicación de manera grupal.

Capítulo IV. Planteamiento del problema

En México, de acuerdo con datos de CONAPO (2021), se estiman alrededor de 17 millones de adultos mayores, de los cuales más de la mitad presentan problemas de salud física o mental; y aproximadamente 1,095, 000 han adquirido algún tipo de deterioro cognitivo, demencia o dificultades en su estado funcional (Pérez-García et al. 2023; Torres-Castro et al., 2022), es decir, presentan envejecimiento patológico.

El deterioro cognitivo (DC), es un síndrome clínico caracterizado por la pérdida de las funciones mentales en distintos dominios conductuales y neuropsicológicos (CIE-11, 2023, p.182). Su diagnóstico muestra una prevalencia del 3 al 53% y una tendencia a un aumento progresivo a partir de los 65 años en la disminución de funciones cognitivas; tales como la memoria, la orientación, el cálculo, la comprensión, el juicio, el lenguaje y el reconocimiento visual (IMSS, 2023). Además, aún resulta complejo realizar una detección oportuna y brindar un tratamiento eficaz (García-Ribas et al., 2023).

Por otra parte, el conocimiento actual plantea una relación entre el deterioro cognitivo con los cambios degenerativos en el sistema óseo durante la vejez (Bliuc et al., 2021). En este sentido, el neuro-científico Eric Kandel (2019), muestra que ciertos biomarcadores tales como la proteína osteocalcina (OC) presentan una relación entre la mejora de funciones cognitivas tales como la memoria espacial y el aprendizaje; así como un incremento de las proteínas PKA, CREB, RbAp48 que son necesarias para la formación de memoria principalmente a largo plazo (Battafarano et al., 2020; Kandel 2019; Vints et al., 2020). También se ha observado un incremento de osteocalcina principalmente en modelos murinos jóvenes y viejos a través de una adaptación de sus miofibrillas musculares ante el ejercicio (Battafarano et al., 2020), que abre un interesante camino hacia el estudio con seres humanos. Por ello, es posible establecer una

correlación entre salud músculo esquelética y estimulación de las funciones cognitivas, en específico, la memoria a largo plazo.

Al respecto del ejercicio físico, diversos autores han destacado las bondades de su práctica; estableciéndolo como un factor protector para el cerebro que incide de manera positiva en la cognición. Permite una regulación de respuestas pro-inflamatorias durante la vejez, generando un efecto positivo en el Sistema Nervioso Central (Jensen et al., 2019); además de una estimulación en la producción de componentes fisiológicos como el Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro; el cual funciona como un mediador en procesos como la plasticidad y la neurogénesis (Montealegre-Lobo, 2020).

Por su parte, el ejercicio multicomponente que cuenta con una estructura personalizada de entrenamiento también ha demostrado mejoras físicas y cognitivas en el adulto mayor sano y con riesgo de deterioro cognitivo, incluso si éste presenta alguna limitación funcional (Buendía-Romero et al., 2020; Casas-Herrero et al., 2022; Jeong et al., 2021). Esta característica podría permitir la estimulación de su masa músculo esquelética evidenciando un incremento en los niveles de OC y provocando una secreción de neurotransmisores y proteínas dependientes del hipocampo que permiten la estimulación de la función de memoria principalmente de largo plazo.

Por lo anterior, la medición de OC en una población que presenta DC leve amnésico y cuya afectación principal está en la memoria episódica dependiente de la memoria de largo plazo ante la práctica de un programa de ejercicio multicomponente resulta factible.

4.1 Justificación

A través de las neurociencias, se ha demostrado que el ejercicio físico promueve la plasticidad cerebral, mejora diferentes capacidades cognitivas y busca profundizar más en los procesos que se encuentran implicados (Vásquez et al., 2020). Tanto la neurociencia molecular desde su enfoque en las diferentes moléculas que desempeñan papeles cruciales para la función

cerebral ante el desempeño de ejercicio físico como la neurociencia cognitiva que vislumbra una comprensión de los mecanismos responsables en la actividad mental humana mientras se ejecutan dichas actividades (Pinzón-Ríos y Moreno-Collazos, 2020) y que se integran en el presente estudio. Un análisis más profundo de estos procesos resulta especialmente relevante para un mejor tratamiento precoz de enfermedades neurodegenerativas; debido a que podría evitar la cronicidad en adultos mayores, así como otras problemáticas asociadas (Bear et al., 2016; Leavell y Clark, 1965).

Además, la implementación de ejercicio físico en poblaciones de adultos mayores que presentan patologías es especialmente desafiante por sus propias características y aún requiere de un estudio más minucioso sobre el efecto que provoca (Esparza-Camacho, 2022).

Por otra parte, mediante estudios relacionados con la OC se han observado efectos que relacionan a las funciones músculo esqueléticas y la actividad física con el desarrollo del hipocampo y de funciones cognitivas como la memoria a largo plazo en modelos animales. La evidencia de los mecanismos que vinculan dichos procesos ha sido principalmente abordada en modelos murinos y hasta ahora poco analizada con personas (De la Rosa et al., 2020; Bliuc et al., 2021). En este sentido Rubert y De la Piedra (2020) resaltan la importancia de su abordaje en el humano y de la alta trascendencia que tendría comprobar lo que ya se ha observado en modelos animales como parte de un tratamiento ante enfermedades asociadas a la memoria (Bonnano et al., 2019).

Esta investigación se proyecta para generar un aporte teórico significativo, al explorar y establecer relaciones entre variables que, hasta el momento, no han sido correlacionadas en la literatura científica. Este enfoque permitirá una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados y la posible formulación de nuevos modelos explicativos.

Además, podría generar un aporte metodológico que solo ha sido desarrollado en modelos murinos a través de un diseño de investigación aplicado en humanos. Sumado a lo anterior, la puesta en marcha de esta investigación podrá brindar una aportación social que evite gastos en tratamientos costosos, permita mayor independencia en el adulto mayor, menor inversión en cuidadores adicionales y todos los beneficios psicológicos y físicos que de antemano conlleva la práctica de una actividad física. Todo lo anterior permitiendo un incremento en la calidad de vida.

4.2 Viabilidad del proyecto

Esta investigación resulta viable ya que en el lugar donde será aplicada existen dependencias de cuidado de salud de la población de estudio; por lo cual se puede obtener el acceso al campo. Además, se contará con las herramientas intelectuales, el tiempo necesario que requiere el proceso investigativo y los recursos económicos para cubrir los gastos que resulten de ella.

De esta manera, del presente trabajo se desprenden dos etapas. Etapa 1: Validación cualitativa por expertos de la intervención y Etapa 2: Exploración del efecto de la intervención. Así mismo, como parte de cada una, se desprenden las siguientes preguntas de investigación.

4.3 Planteamiento del problema etapa 1

4.3.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es la validez de contenido del Programa de ejercicio físico multicomponente (PEFM) en relación con las necesidades específicas de adultos mayores que presentan deterioro cognitivo leve amnésico, mediante una validación por juicio de expertos?

4.3.2 Objetivo general

Determinar la validez de contenido del Programa de ejercicio físico multicomponente (PEFM) dirigido a adultos mayores que presentan deterioro cognitivo leve amnésico, mediante una validación por juicio de expertos.

4.3.3 Objetivos Específicos

- a) Efectuar una validación por juicio de expertos de la Guía de Cartas descriptivas del PEFM con base en el cuestionario para la validación de un juego para adultos mayores de Faria et al. (2024) y los parámetros del programa de ejercicio físico Vivifrail (Izquierdo, 2017).
- b) Desarrollar una evaluación cualitativa basada en el método Delphi por parte de los expertos.
- c) Realizar una adaptación del PEFM con los cambios propuestos.

4.3.4 Hipótesis de trabajo

H₁: La implementación de la validación de contenido del Programa de ejercicio físico multicomponente (PEFM) basado en la técnica por juicio de expertos, permitirá generar una buena adecuación en adultos mayores que presentan deterioro cognitivo leve amnésico (DCL-A).

H₀: La implementación de la validación de contenido del Programa de ejercicio físico multicomponente (PEFM) basado en la Técnica por juicio de expertos, no permitirá generar una buena adecuación en adultos mayores que presentan deterioro cognitivo leve amnésico (DCL-A).

4.4. Planteamiento del problema Etapa 2

4.4.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de un programa de ejercicio físico multicomponente implementado mediante sesiones supervisadas durante un periodo de intervención controlado, en los niveles de

osteocalcina (OC) y en la codificación y evocación de memoria episódica de mujeres y hombres adultos mayores hidalgenses, que presentan deterioro cognitivo leve amnésico?

4.4.2 Objetivo general

Evaluar el efecto de un programa de ejercicio físico multicomponente en los niveles de osteocalcina (OC) y en la codificación y evocación de memoria episódica de mujeres y hombres adultos mayores hidalgenses, que presentan deterioro cognitivo leve amnésico.

4.4.3 Objetivos Específicos

1. Determinar la validez de contenido del Programa de ejercicio físico multicomponente dirigido a adultos mayores que presentan deterioro cognitivo leve amnésico, con escolaridad mínima de 3 años mediante una validación por juicio de expertos.

2. Analizar el efecto entre la ejecución del programa de ejercicio físico multicomponente y el incremento en los niveles de osteocalcina, por medio de una toma de muestra del nivel de concentración sérica de mujeres y hombres adultos mayores hidalgenses, con escolaridad mínima de 3 años que presentan deterioro cognitivo leve amnésico.

3. Comprobar el efecto entre la ejecución del programa de ejercicio físico multicomponente y el incremento en los niveles de codificación y evocación de la función de memoria episódica por medio de la aplicación de la prueba neuropsicológica NEUROPSI, Atención y Memoria de mujeres y hombres adultos mayores hidalgenses, con escolaridad mínima de tres años que presentan deterioro cognitivo leve amnésico.

4.4.4 Hipótesis de trabajo

H₁: La implementación de un programa de ejercicio físico multicomponente incrementará los niveles de osteocalcina (OC) y la codificación y evocación de memoria episódica de mujeres

y hombres adultos mayores hidalgenses, que presentan deterioro cognitivo leve amnésico en comparación con un grupo control.

H₀: La implementación de un programa de ejercicio físico multicomponente no incrementará los niveles de osteocalcina (OC), ni la codificación y evocación de memoria episódica de mujeres y hombres adultos mayores hidalgenses, que presentan deterioro cognitivo leve amnésico en comparación con un grupo control.

Capítulo V. Método

5.1 Tipo de estudio y diseño de investigación Etapa 1

Para la etapa 1: Validación cualitativa por expertos de la intervención, se consideró un estudio exploratorio de diseño instrumental. El estudio exploratorio forma parte de la investigación cualitativa y permite un acercamiento preliminar al problema de estudio, permitiendo integrar perspectivas metodológicas, instrumentos y técnicas para recopilar información (Hernández-Sampieri et al., 2018). Por otro lado, el diseño del estudio fue instrumental, el cual se distingue por el desarrollo de pruebas e instrumentos, incluyendo tanto el diseño como su adaptación (Montero y León, 2002; Muñiz et al., 2017).

La técnica por validación de expertos consiste en la opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones. (Rodríguez-Medina et al., 2021).

5.1.1 Población de estudio

Participaron cinco jueces expertos en áreas de Fisiología del ejercicio, ciencias del deporte, neuropsicología y con experiencia y/o aplicación de estas áreas en el adulto mayor. Su actividad consistió en evaluar la relevancia, coherencia, claridad y suficiencia del cuestionario en línea del programa de ejercicio físico multicomponente (PEFM) dirigido a adultos mayores que presentan deterioro cognitivo leve amnésico.

5.1.2 Determinación de la muestra

Para la validación por juicio de expertos, se tomó en cuenta la prueba estadística V de Aiken, en la cual se establece que para aplicar su método es posible incluir al menos cinco jueces expertos que muestren un acuerdo favorable (concordancia) en una escala de 0 a 1 de al menos el 80 % por cada reactivo evaluado (Aiken, 1980).

5.1.3 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

Criterios de inclusión

- Ser un experto con más de 10 años en formación académica en su área de experiencia y conocimiento del adulto mayor.
- Estar familiarizado y mantener experiencia en dominios relacionados con la aplicación de programas de ejercicio físico en el adulto mayor.
- Haber trabajado en instituciones públicas o privadas, nacionales o internacionales con injerencia en el ejercicio físico en el adulto mayor y/o conocimientos en el área de la neuropsicología.

Criterios de exclusión

Declaración de conflicto de intereses.

Criterios de eliminación

- Ausencia en el envío del cuestionario de valoración o bien valoraciones incompletas en las respuestas emitidas.

5.1.4. Procedimiento

Para iniciar con la validación por contenido del PEFM se empleó la adaptación de criterios del Cuestionario para la validación de un juego para adultos mayores de Faria et al. (2024), que posee una consistencia interna ($\alpha = .85$) y permite una evaluación de acuerdo al tipo de población de estudio con los parámetros: claridad, relevancia, organización y suficiencia. Así como de los parámetros del programa de ejercicio físico Vivifrail (Izquierdo, 2017): objetivo de la intervención, materiales empleados, procedimiento de las sesiones y distribución de la carga. Los índices numéricos fueron obtenidos mediante el coeficiente de V de Aiken por ítem, criterio y global (Escrura, 2019). La medida estadística para evaluar consistencia interna empleada fue

alfa de Cronbach (Quero, 2010). Para la evaluación cualitativa, todos los ítems que recibieron una validez de contenido V de Aiken igual o mayor a 0.7 fueron aceptados, y para aquellos que no la superaron fue solicitada una ronda de evaluaciones cualitativas basadas en el método Delphi (Martínez-Ezquerro, et al., 2021), por parte de los expertos seguido por las respectivas adaptaciones con base en los cambios propuestos.

La técnica por Juicio de expertos inició con una selección rigurosa de los jueces, quienes debían cumplir con experiencia académica, ser reconocidos por su trabajo en el constructo de interés relacionado con el conocimiento que se debía evaluar, brindar su participación voluntaria y recibir las indicaciones y el instrumento respectivo (Grant y Davis, 1997). La selección rigurosa de los jueces se evaluó mediante el nivel de competencia experta y a través del coeficiente de argumentación (Ka). Su cálculo se estableció presentando a cada juez una tabla, en la que marcaron sus conocimientos sobre el tema de estudio de esta investigación, de acuerdo con su criterio. Para dicha evaluación se emplearon los siguientes criterios: conocimiento teórico/académico del tema, experiencia práctica en el tema, conocimiento de autores nacionales relacionados con el tema, conocimiento de autores internacionales relacionados con el tema y conocimiento sobre el estado del tema. Posteriormente se evaluó bajo los parámetros: 0.5 equivalente a baja influencia de las fuentes, 0.8 media influencia de las fuentes y 1 alta influencia de las fuentes (Herrera et al., 2022).

A continuación, se entregó una Guía de Cartas descriptivas mediante las cuales se detalló sesión por sesión el desarrollo del PEFM, obtenidas del Programa original Ejercicio Físico Multicomponente Vivifrail, desarrollado por Izquierdo (2017) y cuyas bases teóricas se detallaron previamente en el capítulo III de este trabajo, así como una liga con un formulario para evaluar el programa tanto de forma cuantitativa como cualitativa.

El contenido de la Guía de Cartas descriptivas incluye: introducción, objetivo general de la investigación, procedimiento de estudio, fases que se desarrollarán en la investigación y las pruebas que serán aplicadas, así como veinticuatro cartas descriptivas correspondientes a cada una de las sesiones del programa de actividad física. Cada carta se compuso por: número de sesión, el cual estableció el orden diario de las sesiones. Número de semana: el cual estableció el orden semanal de las sesiones. Objetivo de la sesión: el cual hizo una descripción de lo que se esperaba obtener en la sesión. Actividades: acciones generales que se ejecutarían en dicha sesión. Materiales: objetos que serán necesarios para el desarrollo de la sesión. Desglose de actividades: detallado de cada una de las actividades efectuadas, su objetivo y una descripción detallada de la acción que debía efectuarse. Para el caso de los ejercicios físicos se incluyó el número de repeticiones y si era necesario, también el tiempo que ello implicaba para ser ejecutado. También se incluyó una imagen del ejercicio físico a ejecutarse tal como se muestra a continuación en la figura. Adicionalmente, en el apéndice 3 se puede observar un ejemplo de la primera sesión (Figura 9; Apéndice 3).

Figura 9

Ejemplo de los tipos de ejercicio multicomponente mostrados en la Carta descriptiva

Ejemplo de ejercicio de flexibilidad

Flexión de brazo:

Con una mano tocar su espalda, la punta de su codo quede a la altura de su cabeza, con la otra mano tocar este mismo, manteniendo una tensión por al menos 3 segundos. Hacer lo mismo con el otro brazo.



Ejemplo de ejercicio de fuerza muscular

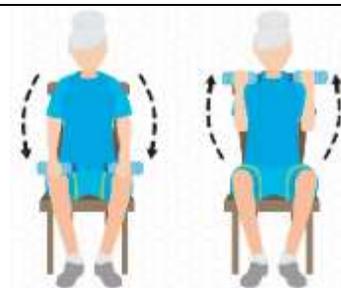
Posición sentada de flexión y extensión de brazos:

Sentarse con los brazos estirados a lo largo del cuerpo.

Doblar los codos hacia el pecho, dirigiendo las manos

hacia los hombros. Realizar 2 series de 12 repeticiones

y descansar 1 minuto entre series.



Ejemplo de ejercicio de resistencia aeróbica

Caminata:

Caminar mirando al frente, no hacia el suelo. Primero

apoyar el talón y luego los dedos. Mantener los

hombros relajados y los brazos balanceándose

ligeramente. Caminar a un ritmo que pueda mantener

una conversación de manera continua pero que le

cuente un poco de esfuerzo. Caminar 2 series de 4

minutos descansando 30 segundos entre series.

Terminar las series caminando lentamente durante 2

minutos para relajarse.



Ejemplo de ejercicio de equilibrio

Caminar con los pies en línea:

Situarse de pie, cerca de una mesa, pared o familiar suyo. Colocar el talón de un pie en contacto con la punta del otro pie. Se trata de hacer pequeños pasos en línea recta, poniendo el talón del pie que adelantamos justo delante de la punta del otro pie. Si se siente más seguro, situarse de pie apoyado en una mesa o barandilla. Realizar 1 serie de 10 pasos, pararse y descansar 10 segundos.



Para poder efectuar la validación de contenido del PEFM, se presentó la carta descriptiva (ver apéndice 3, donde se detalla como ejemplo la sesión 1) a los jueces expertos, mediante un archivo con formato PDF que incluyó: número de semana, número de sesión, objetivos, actividades y materiales y un desglose de las actividades por cada sesión, ilustrando cada ejercicio. También se anexó un formulario de *Google Forms* con la siguiente liga: <https://forms.gle/nBGn5o3wogTFNrGJ7>.

Considerando los criterios bajo los cuales fue diseñado el programa de ejercicio físico Vivifrail (Izquierdo, 2017), se tomaron en cuenta para este análisis las dimensiones: objetivos de la intervención, materiales empleados, procedimiento de las sesiones y distribución de la carga. Las preguntas correspondientes a la dimensión: objetivos de la intervención, estuvieron dirigidas a evaluar que el objetivo del PEFM se cumpliera en base en los planteamientos teóricos del

programa y se conformaron por los ítems: 5, 8, 9 y 16. Las preguntas correspondientes a la dimensión: materiales empleados, se basaron en que la empleabilidad de los elementos materiales sugeridos en el PEFM contribuyeran al logro de su objetivo y fueron conformadas por los ítems 3, 7, 14 y 15. Las preguntas relacionadas a la dimensión: procedimiento de las sesiones, se basaron en el análisis de la ejecución de los ejercicios y estrategias físicas correspondientes a los ítems 1, 2, 6 y 12. Las preguntas relacionadas a la dimensión: distribución de la carga, se basaron en la aplicación adecuada del volumen, procedimientos y secuencia de las sesiones del PEFM y fueron conformadas por los ítems 4, 10, 11 y 13. Por otra parte, dichos ítems se presentaron en función a los indicadores propuestos por Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, (2008): claridad, relevancia, suficiencia y coherencia (Apéndice F).

El sistema de puntuación se basó en una escala Likert de cinco niveles (Matas, 2016). Los valores asignados fueron: totalmente de acuerdo = 5, de acuerdo = 4, ni de acuerdo ni en desacuerdo = 3, en desacuerdo = 2, totalmente en desacuerdo = 1. También fue posible efectuar comentarios a libre demanda, en cada uno de los parámetros. El proceso de validación tuvo una duración aproximada de un mes y a partir de la misma, se obtuvieron resultados tanto cuantitativos como cualitativos.

Una vez que se contó con las evaluaciones de los expertos se procedió a obtener los índices numéricos de la validez de contenido por criterio de jueces, empleando el coeficiente de *V* de Aiken. De acuerdo con Ecurra (1988), este coeficiente se centra en la relevancia ítem-constructo, tomando en cuenta al número de expertos participantes, obteniendo un índice de congruencia que contiene un valor que va desde 0.0 hasta 1.0, de tal manera que mientras más se acerque a la unidad, mejor validez de contenido tendrá dicha evaluación.

Con los resultados de la validación del contenido de cada instrumento, se elaboró una base de datos en el programa Microsoft Excel dividido por dimensiones e indicadores y se procedió a

determinar la media de las valoraciones, su desviación estándar, V de Aiken por cada ítem, por cada dimensión, por cada indicador y finalmente la global, basado en la ecuación algebraicamente modificada por Penfield y Giacobbi (2004):

$$V = (M - l) / k$$

En donde M es la media de las calificaciones de los jueces en la muestra, l es la calificación más baja posible, y k es el rango de los valores posibles de la escala Likert utilizada (entendidos como 1 a 5 para la presente investigación). Por otro lado, la estimación de los intervalos de confianza para el coeficiente V de Aiken usó el método score (Penfield y Giacobbi, 2004), el cual no depende de una distribución normal, es asimétrico respecto a la variable y altamente exacto. La ecuación empleada para el límite inferior del intervalo fue:

$$L = \frac{2nkV + z^2 - z\sqrt{4nkV(1-V) + z^2}}{2(nk + z^2)}$$

Y para el límite superior del intervalo fue:

$$U = \frac{2nkV + z^2 + z\sqrt{4nkV(1-V) + z^2}}{2(nk + z^2)}$$

Donde:

L = límite inferior del intervalo de confianza.

U = límite superior del intervalo de confianza.

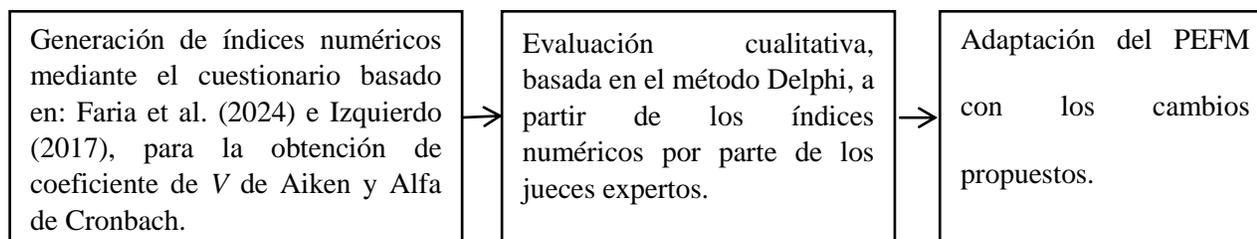
z = valor de la distribución normal estándar, según nivel de confianza (para un 95 % de confianza $Z = 1.96$).

V = coeficiente V de Aiken.

K = es la resta de la calificación máxima menos la calificación mínima.

n = número de jueces

Diagrama de estudio



5.2. Tipo de estudio y diseño de investigación, etapa 2

Para la etapa 2: Exploración del efecto de la intervención, el estudio que se planteó fue experimental, analítico con direccionalidad anterógrada (de la exposición al efecto) y temporalidad concurrente en la que el investigador está presente en el momento de la exposición y del efecto (Hernández-Sampieri et al., 2018; Pascual-Leone et al., 2005).

Para el área clínica, este estudio puede ser usado en evaluaciones de medidas terapéuticas o como intervención dirigida a modificar una o más condiciones del paciente, de manera individual o grupal (Zurita-Cruz et al., 2018). Dentro de él se enmarca el ensayo clínico (EC), definido desde un punto de vista legal y ético como una investigación realizada en seres humanos que surge como respuesta científica a la necesidad de garantizar eficacia y seguridad a los procedimientos ejecutados en los pacientes, proporcionando un método controlado, objetivo y reproducible sobre los efectos que tiene un tratamiento en la salud. Se caracteriza por: utilizar un grupo control que compara el efecto de la intervención sobre ambos grupos y permite demostrar eficacia, es decir: la existencia de un mayor número de pacientes que mejoran ante la maniobra o intervención en comparación con el grupo control. (OMS, 2024; Singal et al., 2014).

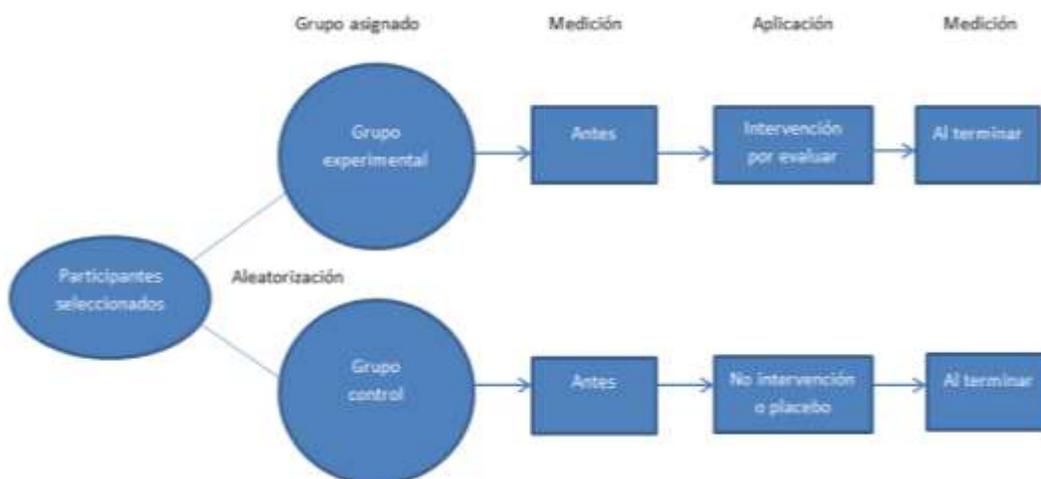
La asignación de la intervención se efectúa al azar (método de aleatorización), para evitar que la aplicación de la intervención dependa de los investigadores y ayuda a que las

características iniciales entre los grupos sean semejantes. Asimismo, la medición de las variables de desenlace debe ser cegada, evitando sesgos de información (Hernández-Sampieri et al., 2018; Pascual-Leone et al., 2005).

Para esta investigación, el ensayo clínico partió de una planificación minuciosa producto de un objetivo y una pregunta de investigación orientada a resolver un problema clínico asociado con el deterioro cognitivo leve amnésico. Asimismo, se obtuvo una muestra inicial que se dividió aleatoriamente en dos grupos, con cegamiento de los participantes. De este modo, uno de los grupos recibió un tratamiento (intervención basada en el PEFM) y el otro sirvió como grupo control (no aplicación del PEFM), permitiendo observar posteriormente el efecto o resultado de dicha intervención, garantizando la capacidad de demostrar causalidad (OMS, 2024; Pascual-Leone et al., 2005; Molina y Ochoa, 2014). En la Figura 10, se describe el proceso de un EC, para determinar la eficacia de la intervención experimental.

Figura 10

Ensayo clínico (EC) clásico



Nota: La variable de desenlace principal se debe medir antes y después de otorgar la intervención de los dos grupos. Si al terminar el estudio, los resultados favorecen al grupo experimental, se considera que la intervención es eficaz o efectiva. Adaptado de “Tipos de ensayos clínicos controlados y aleatorizados”, por J.N. Zurita-Cruz, H. Márquez-González, G. Miranda-Navales y M.A. Villasís-Keever, 2018, *Revista alergia México*, 65(2), 178–186. (<https://doi.org/10.29262/ram.v65i2.376>).

5.2.1 Población

La población se integró con adultos mujeres y hombres mayores en un rango de edad de 63-84 años, adscritos a los Centros Gerontológicos de Actopan y Tepatepec y provenientes de sectores urbanos y rurales del estado de Hidalgo, México con diagnóstico previo de deterioro cognitivo leve amnésico consensuado por especialistas en el área.

5.2.2 Muestra y muestreo

Para el cálculo del tamaño de la muestra se tomó en cuenta una investigación en la que se estudiaron los niveles de OC con adultos mayores con edad entre 60 a 72 años comparada con una intervención de ejercicio físico y un grupo control, que no ejecutó ejercicio (Shah et al., 2023). El grupo control tuvo valor inicial de OC de $M=23.2$, $D=10.8$ ng/ml y valor final de OC de $M = 19.5$, $D=7.2$ ng/ml. Por otro lado, el grupo experimental tuvo valor inicial de OC de $M = 21.6$, $D = 13$ y valor final de $M = 21.6$, $D = 10.4$ ng/ml.

Se aplicó la fórmula de comparación de dos medias (Charan y Biswas, 2021; Gil et al., 2010) la cual es equivalente a:

$$N = \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 * S^2}{d^2}$$

Dónde:

- N = sujetos necesarios en cada una de las muestras.
- $Z\alpha$ = Valor Z correspondiente al riesgo deseado.
- $Z\beta$ = Valor Z correspondiente al riesgo deseado.

- S^2 = Varianza de la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia.
- d^2 = Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar.

Para despejar la fórmula se sustituyeron los siguientes valores:

- $Z\alpha = 1.645$, el cual consideró como válido un $\alpha = 0.05$ en una prueba para una cola.
- $Z\beta = 0.842$, el cual consideró una potencia estadística de 0.80 y error $\beta = 0.20$.
- $S^2 = 7.2$ (valor de referencia del grupo control).
- $d = 2.1$ (diferencia entre el grupo control y grupo de referencia que empleó un programa de ejercicio físico).

El procedimiento de despeje de la fórmula que se siguió fue el siguiente:

$$1) N = \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 * S^2}{d^2}$$

$$2) N = \frac{2 (1.645 + 0.842)^2 * (7.2)^2}{(2.1)^2}$$

$$3) N = \frac{2 (2.48)^2 * 51.84}{4.41}$$

$$4) N = \frac{2 (6.150) * (51.84)}{4.41}$$

$$5) N = \frac{2 (6.150) * (51.84)}{4.41}$$

$$6) N = \frac{637.632}{4.41}$$

$$7) N = 144.58 \approx 145 \text{ sujetos de estudio}$$

Al despejar la fórmula se obtuvo un valor total de 144.58, el cual, redondeado es equivalente a la muestra representativa. Por otra parte, siendo que esta fórmula se aplica a

poblaciones infinitas se utilizó un ajuste muestral de fórmula para poblaciones finitas (Charan y Biswas, 2021; Gil et al., 2010). La fórmula fue equivalente a:

$$Na = n / [1+(n/N)]$$

Dónde:

- Na = sujetos necesarios una vez ajustada la muestra para población infinita.
- n = sujetos necesarios de acuerdo a fórmula de comparación de medias.
- N = proporción de población con la que se dispuso en el Centro Gerontológico tomando en cuenta el periodo semestral: enero-junio 2024 (30 personas).

El procedimiento de despeje de la fórmula que se siguió fue el siguiente:

1) $na = n / [1+(n/N)]$

2) $na = 145 / [1+ (145/30)]$

3) $na = 145 / [1+4.83]$

4) $na = 145 / 5.83$

5) $na = 24.87 + 20 \%$ (equivalente a 5 personas por pérdidas)

6) $na = 30$

De este modo el número de muestra representativo fue de 30 personas que cumplieron con los criterios de inclusión.

A continuación, se efectuó un muestreo probabilístico aleatorio simple, el cual permitió dividir aleatoriamente la muestra en dos grupos, de los cuales, uno de ellos recibió un tratamiento (intervención basada en el PEFM o G1) y el otro sirvió como grupo control (no aplicación del PEFM O G2), permitiendo observar posteriormente el efecto o resultado de dicha intervención, garantizando la capacidad de demostrar causalidad (Hernández-Sampieri et al., 2018).

El muestreo aleatorio simple está formado por el espacio muestral de todas las muestras posibles de tamaño fijo y se puede representar como $f = n/N$, donde “n” representa la muestra elegida, “N” representa el tamaño de la población con la que se cuenta y “f” representa la fracción de muestreo obtenida (Noor et al., 2022).

Para elegir a los participantes que formarían parte de la muestra experimental se aplicó la fórmula a esta investigación, utilizando una calculadora científica mediante las teclas: 30 (número total de participantes N) + SHIFT+ RAN = f (fracción de muestreo obtenida). Esta operación se repitió 15 veces obteniéndose así 15 números aleatorios, mismos que posteriormente se ubicaron en una tabla de 6 x 5 casillas, previamente elaborada con los nombres de todos los participantes. Aquellos nombres que coincidieron con la ubicación de la aleatorización fueron seleccionados para formar parte del grupo *G1*, mientras que los 15 restantes fueron integrados al grupo *G2*.

Este procedimiento fue realizado por una servidora en conjunto con la coordinadora del grupo de adultos mayores del Centro Gerontológico de Tepatepec. También se les indicó que para hacer más personalizado el programa, se les asignarían dos horarios distintos: primer horario (8:30 am), en el que *G1* ejecutó el PEFM y segundo horario (10:00 am), el *G2* efectuó únicamente una sesión de estiramientos. Esto permitió un enmascaramiento simple ciego, en el cual, el paciente no tiene conocimiento de que tratamiento recibe, contribuyendo a reducir el sesgo y evitando que los pacientes influyan en los resultados observados (Martín-Conejero y Alonso-García, 2024).

Por otra parte, el diseño estadístico empleado para dar respuesta al objetivo general de la etapa dos en la presente investigación fue un análisis tiempo-momento, también llamado análisis de medidas repetidas (Field, 2018). Se trata de una técnica estadística que permite evaluar cómo cambian las variables dependientes a lo largo del tiempo, evaluando a los mismos participantes

en diversos momentos (pre test, pos test, seguimiento, etc.), lo cuál es fundamental para estudios de intervención.

Consiste en evaluar el efecto del tiempo, el efecto del grupo y la interacción entre tiempo x grupo. Se usa típicamente cuando: se miden las mismas variables en los mismos sujetos y en distintos momentos temporales y se desea saber si los cambios en el tiempo difieren entre grupos, lo cual indicaría que los grupos evolucionan de forma diferente en el tiempo. Según Field (2018), el uso de análisis de medidas repetidas es apropiado cuando “los mismos participantes son medidos en más de una ocasión, lo cual introduce dependencia en los datos, que debe ser modelada adecuadamente, permitiendo mejorar la potencia estadística al controlar la variabilidad intraindividual” (p.537).

Como parte del diseño: análisis tiempo-momento, se utilizó la técnica: análisis multivariado de la varianza (*MANOVA*) de medidas repetidas. Esta técnica se utiliza para analizar datos donde las mismas variables dependientes se miden en los mismos sujetos en diferentes momentos o condiciones, permitiendo evaluar los efectos del tiempo, grupo y su interacción. Se considera especialmente útil cuando se desean observar efectos de intervenciones, teniendo en cuenta la correlación natural entre mediciones repetidas en un mismo individuo (siendo posible la aplicación de un pre test/post test, sin necesidad de contar con tres mediciones o más). Además, permite evaluar simultáneamente múltiples variables dependientes, incrementando el poder estadístico y reduciendo el riesgo de errores tipo I por comparaciones múltiples.

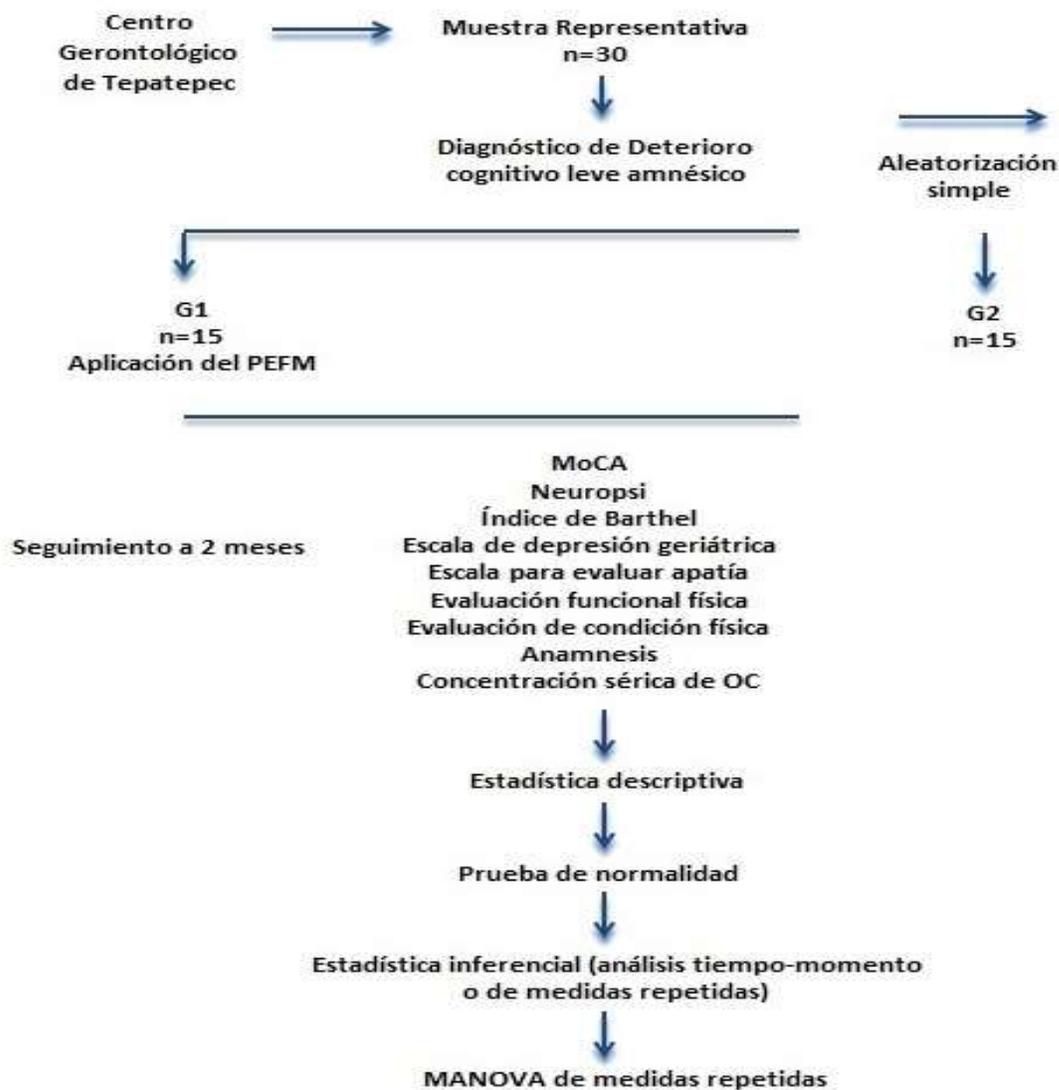
Esta prueba analiza: a) efecto del tiempo: mostrando si hubo un cambio general del pre test al post test sin importar el grupo. B) efecto del grupo: analizando diferencias generales entre grupo experimental y grupo control y c) interacción grupo x tiempo: el cual revisa si el cambio del pre al post fue diferente según el grupo. Esta interacción resulta la más interesante, ya que

permite mostrar si el tratamiento tuvo un efecto diferente en el grupo experimental comparado contra el grupo control (Tabachnick y Fidell, 2019).

Con base en lo expuesto, en la Figura 11 se muestra un diagrama de la relación de los elementos del método empleado que se llevará a cabo.

Figura 11

Diagrama de la relación de los elementos del método empleado



5.2.3 Criterios de inclusión

- Adultos mayores con edades de 60 a 84 años.
- Presentar riesgo de deterioro cognitivo leve de tipo amnésico.
- Poseer una evaluación física que acredite la posibilidad de efectuar actividad física.
- Ser proveniente del estado de Hidalgo.
- Aceptar y firmar la hoja de consentimiento informado de manera voluntaria.

5.2.4 Criterios de exclusión

- Presentar historial de daño cerebral o trastornos psiquiátricos graves reportados por el participante.
- Presentar riesgo de trastornos en el estado del ánimo: apatía y depresión.
- Presentar dependencia funcional moderada o severa (incapacidad para ejecutar sus actividades de la vida diaria).
- Presentar historial de abuso de sustancias adictivas.
- Consumir antihistamínicos o mantener un tratamiento con fármacos que pudieran alterar la cognición dentro de un lapso de 48 horas antes de realizar las valoraciones neuropsicológicas

5.2.5 Criterios de eliminación

- Expresar su deseo por no continuar su participación.
- Ausentarse durante 2 sesiones o más del programa de ejercicio físico.
- Presentar dolor muscular y articular de moderado a intenso, falta de aire o dolor torácico durante alguna de las sesiones u otra afección desarrollada durante el programa que impida su seguimiento.
- Integrarse a otra actividad de ejercicio físico al mismo tiempo que el de este estudio.

5.3 Variables del estudio

Tabla 6

Operacionalización de variables

Operacionalización de variables						
Variables	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	
Condición física	Programa de ejercicio físico multi Componente.	Independiente, cuantitativa, discreta, ordinal.	Modelo ordenado, progresivo y adaptado a las características físicas de una persona y que detalla los movimientos corporales durante un período de tiempo específico y que está basado en cuatro tipos de ejercicio: Equilibrio, elasticidad, fuerza y resistencia aeróbica (Izquierdo et al., 2017).	Ejecución completa del programa.	Si lo ejecutó-1 No lo ejecutó 0	Lineamientos del Programa de ejercicio físico multi componente. Basados en cuatro tipos de ejercicio.
Evaluación de la condición Física.	Cuantitativa, Ordinal, interviniente.	Predisposiciones o posibilidades características que el individuo posee. Bien son innatas en el individuo, susceptibles de medida y mejora, que permiten el movimiento y el tono postural	Evaluación Condición física. Evaluación del estado de fragilidad y	1.Limitación grave (0-4 puntos), 2. Limitación moderada (4-6 puntos), 3. Limitación leve (7-9 puntos),	Batería corta para la valoración del desempeño físico (SPPB). Test de levantarse y caminar (TUGT)	

Operacionalización de variables					
Variables	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
		(Izquierdo et al., 2017).	riesgo de caídas.	4. Limitación mínima (10-12 puntos).	
	Funcionalidad física.	Cuantitativa, ordinal, interviniente. Capacidad de ejecutar las actividades básicas de la vida diaria por sí mismo (Barrero et al., 2005).	Evaluación de la funcionalidad física.	1. Dependiente 0-4 2. Hace actividades con ayuda 5-9 3. Independiente 10.	Índice de Barthel.
Neuro cognitiva	Memoria a largo plazo (episódica)	Dependiente, Cuantitativa, de razón. Mecanismo o proceso que permite conservar la información transmitida por una señal después de que se ha suspendido la acción de esta (Squire, 2004).	<i>Codificación:</i> (codificación palabras Codificación figura semicompleja) <i>Evocación:</i> (espontánea, evocación categorías, evocación reconocimiento, evocación figura semicompleja, porcentaje de	65-85 años (0-3 años; 4-9 años; 10-22 años escolaridad) Memoria total 45-155 rango puntuación normalizada Atención y memoria total 46-155 rango puntuación normalizada Normal-alto Normal Leve a moderado Severo	Prueba Neuropsi atención y memoria (Prueba memoria total, Prueba atención y memoria) Evaluación Neuropsicológica Breve

Operacionalización de variables						
VARIABLES	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	
			evocación memoria lógica, porcentaje de evocación pares asociados)			
Funcionamiento cognitivo global	Cuantitativa, ordinal.	Parte intelectual de todo ser humano entendida como la capacidad de ajustarse e interactuar con las demandas del entorno (Manchola-González et al., 2017).	Nivel de funcionamiento cognitivo (visuo espacial-ejecutivo, identificación y nominación, memoria, atención y concentración, lenguaje, abstracción).	Sin riesgo de deterioro cognitivo $21 \geq$ puntos. Deterioro cognitivo leve (20-18 puntos). Deterioro cognitivo moderado (17-15 puntos) Deterioro cognitivo severo ($14 \leq$ puntos) (Zhou et al., 2015).	Test de Evaluación Cognitiva Montreal (MoCA).	
Biomarcador Nivel de Osteocalcina	Cuantitativa, discreta, dependiente.	Proteína sintetizada por el osteoblasto que ha sido utilizada como marcador de formación ósea y cuyos recientes descubrimientos han informado que actúa como una hormona	Concentración sérica de osteocalcina.	Nivel de concentración sérica de osteocalcina.	Método de Espectrofotometría.	

Operacionalización de variables						
Variables	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	
		<p>interviniente en procesos como la homeostasis de la glucosa, funcionamiento músculo esquelético, desarrollo cerebral y calcificación arterial (Rubert y De la Piedra, 2020).</p>				
Psicológicas (del estado del ánimo).	Depresión geriátrica	Cuantitativa, interviniente, discreta, ordinal.	Trastorno del estado de ánimo que se caracteriza por una tristeza persistente y por la pérdida de interés en las actividades con las que normalmente se disfruta, así como por la incapacidad para llevar a cabo las actividades cotidianas, durante al menos dos semanas (OPS, 2023).	Presencia de síntomas de depresión.	<ol style="list-style-type: none"> 1. No deprimido (0-5) 2. Deprimido (6 a 15) 	<p>Escala de depresión Geriátrica (GDS).</p>
	Apatía	cuantitativa, ordinal,	Síndrome comportamental por disfunción del proceso	Presencia de síntomas de	1. Presenta síntomas de Apatía (0-14 puntos).	Escala para evaluar apatía

Operacionalización de variables						
VARIABLES	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	
	interviniente.	que origina los actos inducidos por estímulos externos o los propios (García-Ramos et al., 2010).	apatía.	2. No presenta síntomas de apatía (15-42 puntos).	(SAS).	
	Edad	Cuantitativa, controlada.	Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento hasta el momento del estudio.	Edad	Cantidad en años.	Anamnesis.
Sociodemográficas	Sexo	Cualitativa Nominal, controlada.	Características biológicas, anatómicas, fisiológicas y cromosómicas de la especie humana.	Sexo	1 hombre 2 mujer	Anamnesis.
	Escolaridad	Cuantitativa Ordinal, Controlada.	Conjunto de cursos que un estudiante sigue ante una actividad escolarizada.	Rango de escolaridad	Cantidad en años.	Anamnesis.

5.4 Descripción de las técnicas empleadas

Test de Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA)

La *Escala de Evaluación Cognitiva de Montreal* [MoCA, por sus siglas en inglés (Nasreddine et al., 2005)] es un instrumento de cribado breve diseñado para la identificación de deterioro cognitivo leve (DCL) en adultos y para el cribado de la demencia. Originalmente, se aplicó en una muestra de adultos mayores sanos (hombres y mujeres; $M = 73.1$, $DE = 6.9$ años) y en pacientes con DCL ($M = 76$, $DE = 5.6$ años) y enfermedad de Alzheimer (EA) leve ($M = 79.4$, $DE = 6$ años). El instrumento evalúa diversas funciones cognitivas, incluidas las funciones ejecutivas, habilidades visoespaciales, memoria, lenguaje, atención, abstracción y orientación. Consiste en 30 ítems en una escala dicotómica donde "respuesta correcta" se puntúa con 1 y "respuesta incorrecta" con 0. La puntuación total del MoCA oscila entre 0 y 30 puntos, donde una puntuación más alta indica un mejor rendimiento cognitivo. El estudio original de Nasreddine et al. (2005) estableció la utilidad clínica del MoCA para la detección del deterioro cognitivo. Utilizando un punto de corte de ≤ 25 para indicar la presencia de compromiso cognitivo, el instrumento demostró una sensibilidad del 90 % y una especificidad del 87 % para identificar el DCL. Adicionalmente, el MoCA exhibió una notable capacidad para discriminar la EA leve, alcanzando una sensibilidad del 100 % con una especificidad del 87 % (frente a controles sanos). En este estudio, no se reportaron valores de consistencia interna, como el Alfa de Cronbach, ya que el enfoque principal fue establecer la validez diagnóstica del instrumento como herramienta de cribado multifuncional.

La escolaridad y la edad son factores que afectan el rendimiento en los test de cribado, como el MoCA (Sánchez-Nieto, 2021). Por ello, para la presente investigación se

consideró el estudio previo de Zhou et al. (2015), quienes aplicaron el instrumento a una muestra de 50 participantes hispano-mexicanos (hombres y mujeres) con una edad promedio de $M = 73$ años ($DE = 6$) y una escolaridad de $M = 11$ años ($DE = 4$). Este estudio buscaba desarrollar estrategias para ajustar las puntuaciones del MoCA y mejorar su sensibilidad en la detección temprana de Alzheimer en esta población con diversas formaciones educativas. En el estudio de Zhou et al. (2015) para una población mexicana, se agregaron cuatro puntos a la puntuación de los participantes si su escolaridad correspondía a cinco años o menos, sin aplicar el ajuste de puntaje bruto propuesto por Nasreddine et al. (2005); se otorgaron cero puntos si la escolaridad era de seis años o más. Para este efecto, el punto de corte para determinar que no existe riesgo de deterioro cognitivo fue de ≥ 21 puntos. Los puntos de corte para determinar el riesgo de deterioro fueron: *deterioro cognitivo leve* (20-18 puntos), *deterioro cognitivo moderado* (17-15 puntos) y *deterioro cognitivo severo* (≤ 14 puntos). Para evaluar su validez, los ítems utilizaron el diagnóstico clínico como estándar externo. El coeficiente alfa de Cronbach para este estudio fue de 0.88, lo que indica una buena consistencia interna. La discriminación de los ítems se evaluó mediante correlaciones ítem-total, las cuáles oscilaron entre 0.55 y 0.78, mostrando una buena discriminación (Zhou et al., 2015).

Para asegurar la consistencia interna de la muestra en esta investigación se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach. Los resultados indicaron una consistencia interna muy buena ($\alpha = 0.89$).

Evaluación Neuropsicológica Breve (NEUROPSI)

La *Evaluación Neuropsicológica Breve (NEUROPSI)* (Ostrosky-Solís et al., 1999) es un instrumento de tamizaje neuropsicológico diseñado para cuantificar el estado de diversas funciones cognitivas. Su objetivo principal es la identificación de alteraciones

cognitivas en poblaciones clínicas con condiciones neurológicas, psiquiátricas o médicas, así como en contextos de investigación (Ostrosky-Solís et al., 2019). El instrumento permite la elaboración de un perfil cognitivo individualizado, detallando tanto las habilidades preservadas como los déficits. La estandarización original de NEUROPSI para adultos se llevó a cabo en una muestra normativa de aproximadamente 2000 individuos hispanohablantes en México. La muestra fue estratificada considerando edad y nivel educativo para asegurar representatividad. Los participantes incluyeron hombres y mujeres en un rango de edad de 16 a 85 años, subdivididos en estratos etarios (16-30 años, 31-50 años, 51-65 años, 66-85 años). La población se caracterizó por ser sana, sin antecedentes de trastornos neurológicos o psiquiátricos que pudieran comprometer la función cognitiva (Ostrosky-Solís et al., 1999).

Se compone de diversas subpruebas que evalúan un amplio espectro de dominios cognitivos, incluyendo: orientación, atención y concentración, memoria (verbal y visual), lenguaje, habilidades viso-constructivas, funciones ejecutivas, lectura, escritura y cálculo. El sistema de puntuación se basa en una escala de puntuación directa para la mayoría de las subpruebas, donde se asignan puntos por respuestas correctas o ejecución adecuada. Las puntuaciones brutas obtenidas se transforman en puntuaciones estandarizadas (escalares o percentiles), lo que permite la comparación del rendimiento individual con el de un grupo normativo específico por edad y educación. Utiliza rangos normativos y puntos de corte específicos para cada subprueba y dominio cognitivo, derivados de las tablas de normalización por edad y nivel educativo, estos valores permiten clasificar el rendimiento de un individuo como normal o como indicativo de una alteración [leve, moderada o severa (Ostrosky-Solís et al., 2007)]. En cuanto a la consistencia interna, NEUROPSI ha

demostrado ser un instrumento con una confiabilidad adecuada. Posee una confiabilidad *Test-retest* de .96 para población mexicana. (Ostrosky-Solís et al., 1999).

Instrumento NEUROPSI atención y memoria

La prueba *Neuropsi Atención y Memoria* fue desarrollada por un equipo de investigadores mexicanos, incluyendo a la Dra. Feggy Ostrosky, la Dra. Ma. Esther Gómez, la Dra. Esmeralda Matute, la Dra. Mónica Rosselli, el Dr. Alfredo Ardila y el Dr. David Pineda. Su origen se remonta a la versión inicial del NEUROPSI, desarrollada por Ostrosky-Solís, Ardila y Rosselli en 1994, con una publicación fundamental en 1999 y una revisión en 2007 que dio lugar a la versión específica de "Atención y Memoria" (Ostrosky-Solís et al., 2007). Su propósito principal es detectar y caracterizar alteraciones en las funciones atencionales y mnésicas en un amplio rango de edades y niveles de escolaridad, abarcando diversos componentes de la atención y la memoria (Ostrosky-Solís et al., 1999).

La batería fue desarrollada y estandarizada en México. La muestra consistió en 950 hispanohablantes sanos con edades comprendidas entre los 6 y los 85 años la cual se estratificó en nueve grupos etarios: 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-30, 31-55, 56-64 y 65-85 años. Dada la relevancia de evaluar a la población analfabeta, la muestra de adultos también se estratificó por nivel educativo en tres categorías: bajo (0 a 3 años de estudios), medio (4 a 9 años de estudios) y alto (10 a 24 años de estudios). Esta estratificación aseguró la representatividad de la población mexicana en términos de edad, género y nivel de escolaridad (Ostrosky-Solís et al., 1999). La prueba se compone de reactivos sencillos y concisos. Las puntuaciones de cada subprueba son directas, reflejando el número de aciertos o el desempeño en la tarea. Una puntuación más alta indica un mejor rendimiento en la función cognitiva evaluada. Las puntuaciones brutas se transforman en puntuaciones normalizadas con una media de 100 y una desviación estándar de 15. El instrumento

permite obtener la ejecución en pruebas de atención, memoria y una puntuación global que integra ambas. Esta subdivisión facilita la identificación de deficiencias específicas en procesos atencionales, mnésicos o en ambos. A partir de las puntuaciones totales y los datos individuales de cada habilidad cognitiva, se genera un perfil que detalla las fortalezas y debilidades del individuo en cada área cognitiva evaluada. Los parámetros de normalización permiten clasificar el grado de alteración en cuatro categorías: Normal alto, Normal, Leve a moderado y Severo (Ostrosky-Solís et al., 1999).

La prueba no emplea un único punto de corte global para el diagnóstico de un trastorno. En su lugar, utiliza tablas de normalización por edad y escolaridad para comparar el rendimiento de un individuo con su grupo de referencia. Los puntos de corte se infieren de estas tablas, donde puntuaciones por debajo de percentiles específicos (percentil 5 o 10) o de la media del grupo normativo pueden sugerir una posible disfunción o deterioro.

Respecto a la estructura factorial, estudios sobre la batería completa del NEUROPSI han reportado que un modelo factorial puede explicar un rango significativo de la varianza total. Por ejemplo, Ostrosky-Solís et al. (2007) encontraron que nueve factores explicaron el 70 % de la varianza total, mientras que Ardila et al. (2000) mencionaron que siete factores explicaron el 61.8 % de la varianza total. Los análisis factoriales de esta batería tienden a revelar factores específicos relacionados con la atención y la memoria. Estos factores usualmente comprenden la atención y concentración, que abarca tareas como dígitos en regresión y detección visual; la codificación de memoria, vinculada a la adquisición de nueva información; y la evocación de memoria, que implica la recuperación de información previamente aprendida, tanto verbal como visual. Se ha reportado una fiabilidad test-retest de .89 para el resultado total de la batería en la población mexicana y alfa de Cronbach de .86 para el instrumento en general, lo que sugiere una buena consistencia interna (Ostrosky-

Solís et al., 2007). Para asegurar la consistencia interna de la muestra en esta investigación, se calculó el coeficiente *Alfa de Cronbach* para la subprueba de Memoria en esta investigación. Los resultados indicaron una consistencia interna muy buena ($\alpha = 0.87$).

Índice de Barthel

El *Índice de Barthel* es una escala ordinal desarrollada por Mahoney y Barthel (1965), originalmente denominada *Disability Index from Maryland*. Su propósito es cuantificar la capacidad de un individuo para llevar a cabo de manera independiente diez actividades básicas de la vida diaria (ABVD). Estas ABVD incluyen alimentación, baño, aseo personal, vestido, control de esfínteres (intestinal y vesical), uso del inodoro, traslado (cama-silla), deambulaci3n y subir/bajar escaleras. Su objetivo es evaluar el nivel de autonomía funcional en pacientes con afecciones neuromusculares y musculoesqueléticas.

Los participantes en el estudio inicial fueron adultos en un hospital de rehabilitaci3n que presentaban diversas limitaciones funcionales y requerían intervenci3n rehabilitadora. El instrumento consta de 10 ítems que exploran distintas ABVD. La naturaleza ordinal de la escala se refleja en la puntuaci3n de cada ítem, que se asigna en incrementos de 5 o 10 puntos, culminando en una puntuaci3n total que oscila entre 0 y 100. Una puntuaci3n superior indica una mayor independencia funcional, mientras que una puntuaci3n inferior sugiere un mayor grado de dependencia o necesidad de asistencia. Cada ítem presenta tres niveles de puntuaci3n: "independencia" (10 puntos), "con ayuda" (5 puntos) y "dependiente" [0 puntos] (Shah et al., 1989). El tiempo de administraci3n estimado es de 5 a 10 minutos. La publicaci3n original de Mahoney y Barthel (1965) no incluy3 un análisis de la estructura factorial ni el porcentaje de varianza total explicada. El Índice de Barthel fue conceptualizado como una escala unidimensional que medía el constructo general de independencia en las actividades básicas de la vida diaria. A pesar de ello, numerosas

investigaciones subsiguientes han validado el Índice de Barthel, demostrando consistentemente altos valores de consistencia interna (Mahoney y Barthel, 1965).

Para la adaptación del Índice de Barthel en población mexicana, se tomó como referencia el estudio de Duarte-Ayala y Velasco-Rojano (2022). Este estudio efectuó una validación psicométrica del Índice de Barthel en adultos mayores de la Ciudad de México. Se utilizaron dos muestras (200 para propiedades psicométricas y 276 para análisis factorial confirmatorio). La metodología incluyó un análisis factorial confirmatorio para evaluar la estructura de la escala y se reportaron coeficientes de consistencia interna (Alfa ordinal y Omega ordinal). Los hallazgos indicaron una estructura de diez reactivos, una alta confiabilidad (*Alfa ordinal* = .98, *Omega ordinal* = .99) y un buen ajuste del modelo. En consecuencia, se concluyó que el Índice de Barthel es una medida confiable y válida para evaluar la independencia funcional en la población geriátrica de la Ciudad de México (Duarte-Ayala & Velasco-Rojano, 2022). La consistencia interna de la escala fue evaluada mediante el coeficiente *Alfa de Cronbach*, obteniendo un valor de $\alpha = 0.89$, lo que indica una excelente fiabilidad para esta investigación.

Escala de Depresión Geriátrica (GDS)

La *Escala de Depresión Geriátrica (GDS)*, desarrollada por Yesavage y Brink (1982), es un instrumento de cribado diseñado para evaluar sintomatología depresiva en personas mayores. Se enfoca en aspectos emocionales y cognitivos, excluyendo síntomas somáticos para evitar confusiones con condiciones médicas comunes en la vejez. La versión original de 30 ítems utiliza un formato dicotómico "sí - no" (0-1 punto por respuesta), donde una puntuación más alta indica mayor probabilidad de depresión. Su aplicación puede ser individual o grupal. El coeficiente *Alfa de Cronbach* para la escala

total de 30 ítems fue de 0.94, lo que sugiere una excelente consistencia interna (Sheik & Yesavage, 1986).

La versión de 15 ítems (GDS-15) fue desarrollada y validada por Sheikh y Yesavage (1986) a partir de la escala original. Una validación reciente en población hispanohablante es la realizada por Salgado-Cedano et al. (2024) en adultos mayores mexicanos. Este estudio incluyó una muestra de 280 adultos mayores ambulatorios (edad media $M = 74.3$; $DE = 7.2$ años; rango = 60 a 97 años) residentes en la Ciudad de México, con una mayor proporción de mujeres (73.2 %). La GDS-15 se compone de un formato de respuesta dicotómica ("sí" o "no"), donde cada respuesta que indica un síntoma depresivo suma un punto. La puntuación total oscila entre 0 y 15. En la validación mexicana, Salgado-Cedano et al. (2024) establecieron un punto de corte óptimo de: 0-4 puntos (normal), 5-9 puntos (depresión leve a moderada) y 10-15 puntos (depresión grave). Mostró consistencia interna evaluada mediante el coeficiente *Alfa de Cronbach*, con valor de .82, mostrando una buena fiabilidad interna de la escala en la población estudiada. Análisis factoriales de otras publicaciones (Molina-Calle y Ramírez-Coronel, 2023; Salinas-Rodríguez et al., 2021) frecuentemente reportan un factor principal que explica una proporción sustancial de la varianza total (generalmente superior al 40-50%). La consistencia interna de la prueba se evaluó con *Alfa de Cronbach*. El análisis reveló un coeficiente de $\alpha = 0.87$, lo que se considera una fiabilidad excelente y adecuada para esta investigación.

Escala para evaluar apatía (SAS)

La *Escala para evaluar apatía* [SAS, por sus siglas en inglés (Starkstein et al. (1992)]. una medida de la severidad de los síntomas de apatía, un constructo que abarca la disminución del comportamiento, la cognición y las concomitantes de la conducta dirigida

a metas. Fue validada inicialmente en poblaciones con condiciones neurológicas como la enfermedad de Parkinson, accidente cerebrovascular (ictus) y enfermedad de Alzheimer. Los participantes originales en estos estudios fueron predominantemente adultos mayores, con una edad promedio en estudios de ictus de 61.3 años ($DE = 12.3$) y género mayormente masculino (62.6 %).

El instrumento consta de 14 ítems que se responden mediante una escala ordinal de 4 puntos tipo Likert. Las opciones de respuesta varían desde "para nada" hasta "mucho". La puntuación de los ítems está diferenciada: los ítems 1 al 8 se puntúan inversamente (3 puntos para "para nada" y 0 para "mucho"), mientras que los ítems 9 al 14 se puntúan directamente (0 puntos para "para nada" y 3 para "mucho"). La puntuación total de la SAS oscila entre 0 y 42, donde una mayor puntuación indica una mayor severidad de la apatía. Respecto a un punto de corte, una puntuación ≥ 14 se ha utilizado para identificar la presencia de apatía. La consistencia interna ha sido consistentemente alta, con valores *Alpha de Cronbach* reportados de 0.93 para una versión de 11 ítems (Kasai et al., 2014). Cuenta con sensibilidad de 66 % y especificidad de 100 % para determinar la presencia de apatía en pacientes con enfermedad de Parkinson validada para América Latina (García-Ramos et al., 2010). La consistencia interna de la escala para la muestra de esta investigación presentó una excelente fiabilidad con un coeficiente *Alfa de Cronbach* de $\alpha = 0.90$.

Anamnesis

Consiste en un proceso de la exploración clínica que se ejecuta mediante el interrogatorio para identificar personalmente al individuo, conocer sus dolencias actuales, obtener una retrospectiva de él y determinar los elementos familiares, ambientales y personales relevantes (Rodríguez-García y Rodríguez-Pupo, 1999). A través de ella se

evaluarán las siguientes dimensiones: Antecedentes familiares, antecedentes personales y Estilo de vida actual.

Batería corta para la valoración del desempeño físico, por sus siglas en inglés (SPPB)

La *Batería corta para la valoración del desempeño físico* [SPPB, por sus siglas en inglés (Guralnik et al., 1994)], es una prueba que permite realizar una valoración de la capacidad funcional del adulto mayor en tres aspectos de la movilidad: equilibrio, velocidad de marcha y fuerza de miembros o extremidades inferiores para levantarse de una silla. Apoya a la probable detección de desenlaces adversos tales como mortalidad o institucionalización, así como su asociación con discapacidad (Guralnik et al., 1994) y ha sido implementada antes de iniciar el PEFM para determinar el PEFM adaptado al nivel del adulto mayor (Izquierdo, 2017). Originalmente, fue aplicada en estudios con adultos mayores residentes en la comunidad de 65 años y más, incluyendo participantes de ambos sexos. La batería consta de tres componentes principales: la prueba de equilibrio (evaluando la capacidad para mantener posiciones de pies juntos, semitándem y tándem), la prueba de velocidad de la marcha (midiendo el tiempo para recorrer una distancia de cuatro metros) y la prueba de levantarse de una silla (cronometrando el tiempo para levantarse y sentarse cinco veces). Cada componente se puntúa en una escala de 0 a 4, donde 0 indica incapacidad para realizar la tarea y 4 representa el mejor desempeño. La puntuación total de la SPPB oscila entre 0 y 12 puntos, con puntuaciones más altas indicando un mejor desempeño físico y una menor probabilidad de desarrollar discapacidad. Un punto de corte comúnmente aceptado es una puntuación inferior a 9, lo que sugiere limitaciones significativas en la función física y un mayor riesgo de resultados adversos (Guralnik et al., 2000). Por su naturaleza como batería de rendimiento, y no como una escala tipo Likert, las métricas de consistencia interna tradicionales como el coeficiente *alfa de Cronbach* no son

las más apropiadas para su valoración psicométrica. En su lugar, posee confiabilidad entre observadores, con coeficiente Inter clase (CCI) superior a 0.8 y confiabilidad test-retest en la que los CCI oscilaron entre 0.6 (IC 95 %: 0.35-0.70) para el test de equilibrio y 0.8 (IC 95 %: 0.67-0.86) para el test de velocidad de la marcha (Cabrero-García et al., 2007).

En una revisión de literatura, se identificó un estudio de validación de la Short Physical Performance Battery (SPPB) conducido en Los Andes, Colombia (Gómez et al., 2013). La muestra de este estudio estuvo compuesta predominantemente por mujeres, con un rango de edad de 65 a 74 años. Respecto al nivel educativo, la mayoría de las participantes reportaron tener menos de educación primaria, y en cuanto al estado civil, la mayoría indicó ser casadas. Los hallazgos de este estudio concluyeron que la versión en español de la SPPB es un instrumento válido y confiable para poblaciones de América Latina. La confiabilidad de la batería se clasificó como buena, con un *coeficiente test-retest* de 0.87 (IC 95 %: 0.77 – 0.93).

Test de levantarse y caminar (por sus siglas en inglés TUGT)

El *Test de Levantarse y Caminar (TUGT)*, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por Podsiadlo y Richardson (1991), es un instrumento de cribado simple y ampliamente utilizado para evaluar la movilidad funcional, el equilibrio dinámico y el riesgo de caídas. Consiste en levantarse de la silla sin usar los brazos, caminar tres metros darse la vuelta y volverse a sentar.

La aplicación original del TUGT se realizó en una población de adultos mayores que vivían en la comunidad, incluyendo hombres y mujeres con un rango de edad a partir de los 60 años. No se considera una escala con reactivos ni posee una estructura factorial interna, dado que es una prueba de un solo ítem que mide el tiempo. Por consiguiente, la consistencia interna, medida mediante coeficientes como el *Alfa de Cronbach*, no es

aplicable. Sin embargo, posee una confiabilidad Inter observador con coeficiente de correlación intraclase ($IC = 95\%$: $CCI = 0.98-0.99$). El punto de corte más comúnmente aceptado es de 13.5 segundos, donde un tiempo igual o superior a este valor se asocia con un alto riesgo de caídas. El estudio de Guzmán et al., (2022) aplicó el Timed Up and Go Test (TUGT) en una muestra no probabilística de 70 adultos mayores (58 mujeres, 12 hombres; edad media (M) = 72.58 años, $DE = 6.27$) con un criterio de inclusión de 60 años en adelante, quienes estaban inscritos en una Casa de Día en Toluca, México, y presentaban sedentarismo. Obtuvo una confiabilidad test-retest ($IC = 95\%$: $CCI = 0.61-0.87$) para población mexicana.

Método de Espectrofotometría

Técnica analítica utilizada para medir cuánta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso pasa a través de la solución muestra, con base en la ley de Beer-Lambert. Se aprovecha la absorción de radiación electromagnética en la zona del ultravioleta y visible del espectro. La muestra absorbe parte de la radiación incidente en este espectro y promueve la transición del analito hacia un estado excitado, transmitiendo un haz de menor energía radiante (Skoog et al., 2014). Para la presente investigación se empleó a través de la lectura de la absorbancia a 450 nm en un lector de microplacas posterior al procedimiento de operación experimental avalado por kit ELISA OC/BGP (osteocalcina) humano, número de catálogo: EH3468, revisión V4.0, tamaño: 48T/96T, marca: Fine Test el cual cuenta con precisión intraensayo, en la cual las muestras con concentración baja, media y alta se analizaron 20 veces en la misma placa y precisión entre ensayos en el que las muestras se analizaron con concentración baja, media y alta 20 veces en tres placas diferentes por el Departamento de Control de Calidad y cumple con las especificaciones de rendimiento mencionadas en el manual.

5.5 Procedimiento

a) Consideraciones éticas

La investigación se realizó en apego al Reglamento de la Ley general de Salud en materia de investigación para la salud en México, 2014. Dentro de la cual se menciona en su artículo 16, a las investigaciones en seres humanos y la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo solo cuando los resultados lo requieran y este lo autorice. Además, en su artículo 17, se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio.

Para efectos de este Reglamento las investigaciones se clasifican en las siguientes categorías: I. Investigación sin riesgo, II. Investigación con riesgo mínimo, III. Investigación con riesgo mayor que el mínimo. En este caso, la presente investigación se consideró como investigación con riesgo mayor que el mínimo.

Dentro de la Declaración de Helsinki se han tomado en cuenta: los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, la privacidad y confidencialidad, el consentimiento informado y la inscripción y publicación de la investigación y difusión de resultados. Cabe mencionar que los instrumentos utilizados están validados con población mexicana de adultos mayores y se cuenta con el consentimiento informado donde se detallan los aspectos necesarios para cuidar la integridad de los participantes, la reducción de riesgos y el incremento de beneficios de la presente investigación. De igual manera se buscó asegurar la protección de sus datos personales y su privacidad. Todo ello bajo su derecho de participación libre en esta investigación.

Inicialmente se obtuvo la aprobación del protocolo por parte del Comité de Ética del Instituto de Ciencias de la Salud (ICSa <<225>>/2023) y la Coordinación de Investigación

de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; además de la aprobación de la instancia que alberga a la población de estudio y el consentimiento informado por parte de los participantes, una vez aprobado el estudio por el Comité de Ética e Investigación de la UAEH (ver apéndice 5), se procedió a la entrega del Consentimiento informado (ver apéndice 4) a los participantes con el previo conocimiento y explicación detallados del mismo, así como a su derecho a abandonar el presente estudio sin ninguna repercusión.

Una vez concluido el estudio se dieron a conocer los resultados a la instancia donde fue aplicado. De igual modo, al término del programa se retomó al grupo control para brindarle la misma intervención que al grupo experimental.

b) Aplicación de pruebas neurocognitivas y físicas

Se aplicaron las pruebas neurocognitivas: Test de Evaluación Cognitiva Montreal (MoCA), Evaluación Neuropsicológica Breve (NEUROPSI) en su subapartado o área de Memoria; prueba para medir estado funcional del adulto mayor, Índice de Barthel, Escala de depresión geriátrica (GDS) y Escala para evaluar apatía (SAS) y Anamnesis. Todas estas pruebas permitieron efectuar el cribado de deterioro cognitivo leve amnésico y obtener los criterios de inclusión.

Por otra parte, se aplicó la Prueba Neuropsi atención y memoria, cuyo instrumento permitió medir índices fidedignos y una evaluación profunda de funciones cognitivas: atención y concentración, funciones ejecutivas y memoria para hacer la evaluación pre y post experimental. De acuerdo con el estudio efectuado por Trebbastoni et al. (2017), quien evaluó el impacto de la fragilidad en el riesgo de conversión de DCL a enfermedad de Alzheimer, de pacientes con una alteración amnésica mediante la Evaluación Neuropsicológica Breve en español (Neuropsi), se aplicó esta prueba para establecer un parámetro base de las áreas de codificación o evocación de la función de memoria y

posteriormente se aplicó la prueba Neuropsi: atención y memoria, para profundizar dichos resultados.

También se aplicaron las pruebas de desempeño físico: Batería corta para la valoración del desempeño físico (SPPB) y Test de levantarse y caminar, mismos que permitieron obtener una clasificación del nivel de ejercicio multicomponente al cual fueron sometidos los participantes. Dichas pruebas fueron aplicadas por parte de esta investigadora en las instalaciones del Centro Gerontológico.

c) Procedimiento de análisis de muestras sanguíneas

Se efectuó la toma de muestra sanguínea para obtener el nivel de concentración sérica de OC en las instalaciones del Centro Latinoamericano de Educación Médica por Simulación del Instituto de Ciencias de la Salud (ICSa) a cargo de especialistas del área de enfermería del instituto autorizados previamente por esta Dirección académica. A continuación, las muestras fueron preservadas y trasladadas al Laboratorio especializado de ICSa para su análisis.

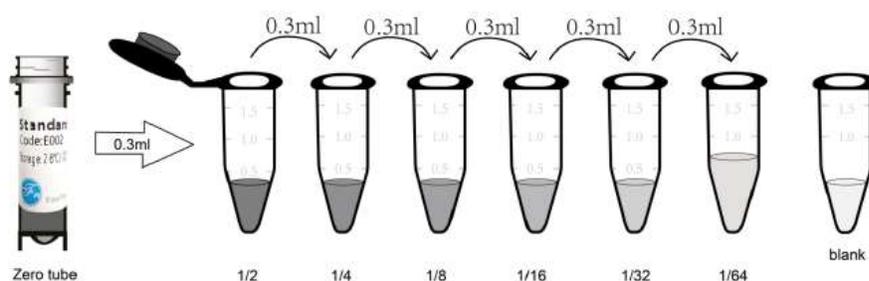
Para efectuar el análisis de muestras sanguíneas se utilizó el kit ELISA OC/BGP (osteocalcina) humano, revisión V4.0, tamaño: 48T/96T, marca: Fine Test. La preparación y análisis de las muestras llevó el siguiente procedimiento:

1. Se sacó el kit ELISA 30 minutos antes del ensayo para que alcanzara la temperatura ambiente (18 a 25 grados centígrados).
2. Se preparó la solución de tampón de lavado diluyendo 30 ml de tampón de lavado concentrado en 750 ml de agua desionizada o destilada y se mezcló bien.
3. Para la preparación de estándares: a) se centrifugó el tubo de estándares durante 1 minuto a 10,000 xg y se etiquetó como tubo cero. b) se agregó 1ml de tampón de dilución de muestra al tubo estándar. Se apretó la tapa del tubo y se dejó reposar

durante dos minutos a temperatura ambiente. Se invirtió el tubo varias veces para mezclar suavemente. c) se centrifugaron los tubos durante 1 minuto a 10,000 xg haciendo que el líquido fuera hacia el fondo del tubo y retirando posibles burbujas. d) Para la dilución estándar: se etiquetaron siete tubos EP con $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$ y blanco respectivamente. Se agregaron 0.3 ml del tampón de dilución de muestra en cada tubo. Se agregó 0.3 ml de solución del tubo cero a $\frac{1}{2}$ tubo y se mezcló bien. Se transfirió 0.3 ml de $\frac{1}{2}$ tubo a $\frac{1}{4}$ de tubo y se mezcló bien. Se transfirió 0.3 ml del tubo de $\frac{1}{4}$ al tubo de $\frac{1}{8}$ y se mezcló bien y así sucesivamente hasta obtener el tubo $\frac{1}{64}$. La concentración estándar desde el tubo cero hasta el tubo blanco fue de 15 ng/ml, 7.5 ng/ml, 3.75 ng/ml, 1,875 ng/ml, 0.938 ng/ml, 0.469 ng/ml, 0.234 469 ng/ml. (Figura 12).

Figura 12

Preparación de la solución estándar



4. La preparación de solución de trabajo se preparó dentro de los 30 minutos anteriores al ensayo ya que no podía almacenarse por mucho tiempo. Se calculó el volumen

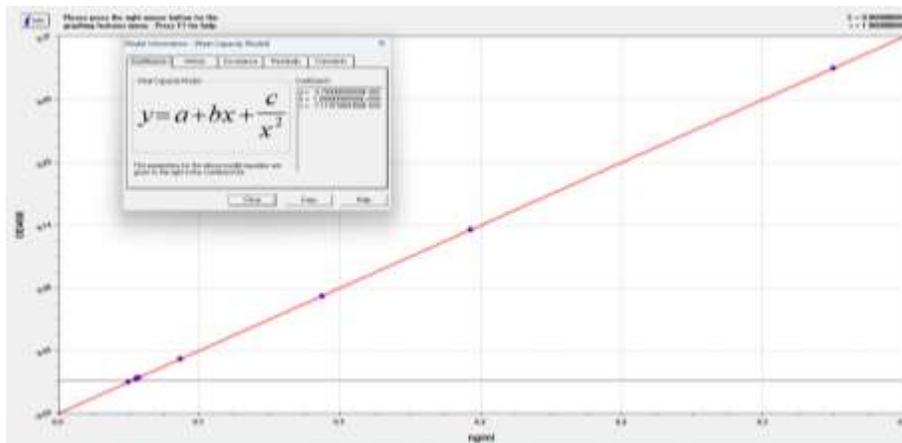
total requerido de la solución de trabajo: 100 ul/pocillo x cantidad de pocillos (se prepararon adicionalmente 200 ul). Se centrifugó durante un minuto a 1000 xg a baja velocidad y se bajó el anticuerpo concentrado marcado con biotina al fondo del tubo. Se diluyó el anticuerpo de detección biotinado con tampón de dilución de anticuerpos a 1:99 y se mezcló bien.

5. La preparación de la solución de trabajo conjugado HRP-estreptavidina (SABC) se preparó dentro de los 30 minutos anteriores al ensayo ya que no puede almacenarse por mucho tiempo. Se calculó el volumen total requerido de la solución de trabajo: 100 ul/pocillo x cantidad de pocillos (se prepararon adicionalmente 200 ul). Se centrifugó durante un minuto a 1,000 xg a baja velocidad y se llevó el SABC al fondo del tubo. Se diluyó el anticuerpo de detección biotinado con tampón de dilución de anticuerpos a 1:99 y se mezcló bien.
6. Se agregaron 100 ul de estándar o muestra en cada pocillo, se selló la placa y se incubó estáticamente durante 90 minutos a 37°C. Se lavó la placa dos veces sin inmersión.
7. Se agregaron 100 ul de solución de trabajo de anticuerpo marcado con biotina en cada pocillo, se selló la placa y se incubó estáticamente durante 60 minutos a 37°C. Se lavó la placa tres veces y se sumergió durante 1 minuto cada vez.
8. Se agregaron 100 ul de solución de trabajo SABC en cada pocillo, se selló la placa y se incubó estáticamente durante 30 minutos a 37°C. Se lavó la placa cinco veces y se sumergió durante 1 minuto cada vez.
9. Se agregaron 90 ul de solución de sustrato de TMB, se selló la placa y se incubó estáticamente durante 10 a 20 minutos a 37°C.

10. Se agregaron 50 ul de solución de parada. El orden para agregar la solución de parada y la solución de sustrato TMB fue el mismo.
11. Se leyó inmediatamente la absorbancia de DO a 450 nm en un lector de micro placas. Los resultados fueron transferidos a una base de datos en Microsoft Excel (Versión 2019) y posteriormente se analizaron mediante el programa Curve Expert 1.4 (Hyams, 1999) a través del cual se obtuvo una curva estándar, así como la ecuación que permitió obtener los valores de cada una de las muestras de OC, tal como se muestra en la Figura 13.

Figura 13.

Curva estándar y ecuación obtenida a partir del programa Curve Expert 1.4



d) Intervención

La aplicación del PEFM incluyó la conformación del grupo experimental (G1) de acuerdo con el resultado de la aleatorización y se clasificó de acuerdo a sus resultados de

capacidad física obtenidos en la prueba SPPB en: “personas robustas” y “personas con pre-fragilidad”, quienes ejecutaron el PEFM durante 2 meses en el transcurso de 24 sesiones de entrenamiento de manera presencial, con tiempos que variaron entre 35 a 60 minutos conforme con su progresión. La frecuencia fue distribuida durante tres veces a la semana, en las instalaciones del Centro Gerontológico de Tepatepec. Dentro del programa de actividad física se contemplaron por sesión: calentamiento, entrenamiento principal, enfriamiento o vuelta al reposo. Además, por cada sesión se indicaron ejercicios de fuerza muscular, resistencia cardiovascular, equilibrio y flexibilidad efectuados de manera grupal. Se efectuaron progresiones (mayor número de repeticiones o mayor peso) de los mismos tipos de ejercicios cada dos semanas de acuerdo con el avance físico de cada participante hasta completar el número de sesiones designado. El nivel de esfuerzo físico fue monitoreado sesión por sesión mediante la Escala subjetiva de valoración del esfuerzo percibido de Borg (1970) [Escala OMNI de 0 a 10] al finalizar cada ejercicio de fuerza muscular y resistencia cardiovascular, así como por el nivel de frecuencia cardíaca, cerciorándose de que no rebasara entre el 60-70 % de su capacidad cardiorrespiratoria.

f) Recursos humanos y materiales

Recursos materiales:

- Tubos rojos de laboratorio de 7 ml.
- Agujas para la toma y recolección de sangre.
- Holder BD.
- Torundas.
- Alcohol etílico desnaturalizado.
- Kit ELISA OC/BGP (osteocalcina) humano, revisión V4.0, tamaño: 48T/96T, marca: Fine Test.

- Lector de microplacas (longitud de onda: 450 nm).
- Incubadora a 37°C.
- Lavador de placas automatizado o pipeta multicanal de 5 ml.
- Pipetas de precisión única.
- Tubos estériles y tubos eppendorf con puntas desechables.
- Papel absorbente y ranura con carga.
- Agua destilada.
- Hojas blancas.
- Lápices, goma y sacapuntas.
- Instrumentos de evaluación para cada participante por duplicado.
- Hojas blancas.
- Espacio privado para la aplicación de las evaluaciones escritas.
- Una silla para cada participante.
- Dos pelotas pequeñas de goma para cada participante.
- Una toalla mediana para cada participante.
- Planilla de escala OMNI.
- Tobilleras lastradas de aproximadamente medio kilo.
- Dos botellas agua de ½ litro por participante.
- Cintas elásticas.

Recursos Humanos:

- Tres especialistas en el área de enfermería mismos que efectuaron las tomas de muestra sanguínea.

e) Plan de análisis de datos

Se usaron medidas de tendencia central y de dispersión para describir las variables continuas, frecuencias y porcentajes para las variables categóricas. Dado que se cuenta con menos de 50 muestras, se empleó la prueba Shapiro-wilks para conocer la distribución normal de las variables y poder determinar si la prueba empleada era paramétrica o no paramétrica. Para efectuar una distribución normal y estandarizada de variables se convirtieron los valores de todas las variables dependientes a puntuaciones Z , lo cual permitió transformar datos de distintas escalas a una escala en común, facilitando su comparación. Mediante la prueba M de Box, se determinó la homogeneidad de matrices de varianza-covarianza.

Se aplicó *MANOVA* de medidas repetidas y se evaluó como factor independiente (grupo experimental vs control), sobre las variables dependientes analizadas de manera simultánea: niveles de osteocalcina y subpruebas de memoria episódica: codificación palabras, codificación figura semicompleja; evocación espontánea, evocación reconocimiento, evocación figura semicompleja, evocación categorías, porcentaje memoria lógica y porcentaje evocación pares asociados (pre y post intervención). Se revisó nivel de significancia mediante las pruebas multivariantes ($p < 0.05$).

Se efectuaron pruebas de efectos inter sujetos, para conocer qué variables dependientes específicas contribuyeron a la interacción grupo y tiempo en la *MANOVA* de medidas repetidas, se realizó un análisis de seguimiento (*follow-up test*), en el cual se analizaron las pruebas de efectos Inter sujetos de cada variable dependiente. Finalmente se diseñó un gráfico de líneas para cada variable dependiente significativa, que ayudó a interpretar visualmente como cambian los grupos y detectar patrones de interacción.

En este capítulo se detallaron los parámetros del método que fue empleado para esta investigación haciendo hincapié en el tipo de muestra y muestreo, criterios de inclusión,

exclusión y eliminación, así como las variables de estudio. Por otra parte, se efectuó la descripción de las técnicas empleadas y se concluyó con una descripción exhaustiva del procedimiento que se siguió para lograrlo.

Capítulo VI. Resultados

Como parte de la etapa 1 de este capítulo, se detalló la metodología y los resultados de la validación del PEFM, evaluando su calidad y viabilidad a través de la perspectiva de expertos. Se presentó el proceso de selección de los jueces, incluyendo la evaluación de su nivel de competencia experta (Ka) mediante el coeficiente de argumentación. Se describieron los criterios utilizados para esta evaluación, como el conocimiento teórico/académico, la experiencia práctica, el conocimiento de autores nacionales e internacionales, y el conocimiento del estado actual del tema. Posteriormente, se expusieron los resultados de la validación cualitativa de la intervención utilizando el coeficiente V de Aiken, analizando parámetros clave como suficiencia, relevancia, claridad y organización. Se detallaron los valores de V para cada parámetro y sus respectivas dimensiones, así como para ítems específicos, identificando aquellos que requirieron ajustes. Finalmente, se presentó el cálculo de la consistencia interna del instrumento mediante el *coeficiente alfa de Cronbach*. Con base en las sugerencias de los expertos para los ítems con menores puntajes, se implementó una reestructuración del programa.

6.1 Etapa 1: Resultados de la Validación cualitativa por expertos de la intervención

Para responder al primer objetivo específico de este trabajo, se evaluó el nivel de competencia experta (Ka) a través del coeficiente de argumentación. Su cálculo se estableció presentándole a cada juez una tabla, en la que marcaron sus conocimientos sobre el tema de estudio de esta investigación, de acuerdo con su criterio; para dicha evaluación se emplearon los siguientes criterios: Conocimiento teórico/académico del tema (CTyA), experiencia práctica en el tema (EP), conocimiento de autores nacionales relacionados con

el tema (CAN), conocimiento de autores internacionales relacionados con el tema (CAI), conocimiento sobre el estado del tema (CT). Por otra parte, se evaluó bajo los valores: .05, .5 y .4, .3, .2 y .1, calculados previamente para cada uno de los parámetros según los lineamientos de Herrera et al., (2022). El (*Ka*) se determina como resultado de la suma de los puntos alcanzados en cada uno de los criterios.

Los resultados mostraron que el 40 % de los jueces, tienen una influencia media para efectuar la evaluación, mientras que el 60 % de ellos, presenta una alta influencia de acuerdo al coeficiente de argumentación, por lo tanto, se consideraron viables para efectuar la evaluación por juicio de expertos para este trabajo (Tabla 7).

Tabla 7

Resultados de las Fuentes de argumentación para evaluar a los jueces expertos

	CT y A	EP	CAN	CAI	CT	Ka
Juez 1	.3	.5	.05	.05	.05	.95
Juez 2	.3	.4	.05	.05	.05	.85
Juez 3	.3	.5	.05	.05	.05	.95
Juez 4	.3	.5	.05	.05	.05	.95
Juez 5	.3	.4	.05	.05	.05	.85

Nota. CTyA: conocimiento teórico/académico del tema; EP: experiencia práctica en el tema; CAN: conocimiento de autores nacionales relacionados con el tema; CT: conocimiento de autores internacionales relacionados con el tema; CAI: conocimiento sobre el estado del tema; Ka: coeficiente de argumentación.

Las características demográficas de los expertos finales ($n = 5$) se encuentran descritas en la Tabla 8, que muestra la diversidad en los perfiles de los expertos acorde al objetivo del estudio.

Tabla 8*Características demográficas de los jueces*

	N	%
País		
México	3	60%
Argentina	1	20%
Cuba	1	20%
Grado académico		
Maestría	2	40%
Doctorado	3	60%
Perfil		
Ciencias del deporte/entrenamiento	1	20%
Fisiología del ejercicio	2	40%
Neuropsicología y rehabilitación física en el adulto mayor	2	40%

*Nota.*n: número de jueces con dicha característica; %: cifra representada en porcentaje.

Para obtener el valor de V de Aiken por parámetro, se generaron cuatro tablas, equivalentes a los cuatro parámetros: suficiencia, relevancia, claridad y organización y se aplicó la fórmula con cada uno de ellos. El parámetro *suficiencia*, que evalúa los aspectos necesarios en calidad y cantidad obtuvo un coeficiente V general de **0.84**, en una escala de 0 a 1.0 (Tabla 9). El ítem que obtuvo el valor más alto en cuanto a objetivos de la intervención fue s8 con $V = 1$, mientras que el ítem con el valor más bajo fue s5 con $V =$

0.7. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a materiales empleados fueron: s7, s14 y s15 con $V = 0.95$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue s3 con $V = 0.7$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a procedimiento de las sesiones fueron: s6, con $V = 0.95$, mientras que los ítems que obtuvieron el valor más bajo fueron s1 y s12 con $V = 0.75$, respectivamente. El ítem que obtuvo el valor más alto en cuanto a distribución de la carga fue: s11, con $V = 0.95$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue s4 con $V = 0$.

Tabla 9

Parámetro: Suficiencia

(s) **Suficiencia**

	<u>Objetivos de la intervención</u>				<u>Materiales empleados</u>				<u>Procedimiento de las sesiones</u>				<u>Distribución de la carga</u>			
Ítem	cl5	cl8	cl9	cl16	cl3	cl7	cl14	cl15	cl1	cl2	cl6	cl12	cl4	cl10	cl11	cl13
	s5	s8	s9	s16	s3	s7	s14	s15	s1	s2	s6	s12	s4	s10	S11	S13
J1	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4
J2	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	3	3	5	5
J3	4	5	4	4	3	4	5	4	4	4	5	4	2	5	5	4
J4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	4	5	4	5
J5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5
M	4.6	5	4	4.4	3.8	4.8	4.8	4.8	4	4.2	4.8	4	3.4	4.6	4.8	4.6
DE	0.54	0	0	0.54	0.44	0.44	0.44	0.44	0	0.44	0.44	0	0.89	0.89	0.44	0.54
V	0.9	1	0.75	0.85	0.7	0.95	0.95	0.95	0.75	0.8	0.95	0.75	0.6	0.9	0.95	0.9
95% IC	0.87				0.8875				0.812				0.83			
V por dimensión																
V por indicador	0.8498															

Nota. J1, J2, J3, J4, J5 = Jueces 1, 2, 3, 4, 5; M = media; DE=Desviación estándar; V=V de Aiken; IC = Intervalo de confianza.

El parámetro *relevancia*, que comprende la importancia de los aspectos que conforman el programa tuvo un coeficiente V de **0.812** en una escala de 0 a 1.0 (Tabla 10). El ítem que obtuvo el valor más alto en cuanto a objetivos de la intervención fue r16 con $V = 0.80$, mientras que los ítems con el valor más bajo fueron r8 y r9 con $V = 0.75$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a materiales empleados fueron: r15 con $V = 0.85$, mientras que los ítems que obtuvieron el valor más bajo fueron r3 y r7 con $V = 0.7$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a procedimiento de las sesiones fueron: r2 y r12, con $V = 0.80$, mientras que los ítems que obtuvieron el valor más bajo fueron s1 y s6 con $V = 0.75$, respectivamente. El ítem que obtuvieron el valor más alto en cuanto a distribución de la carga fue: s11, con $V = 0.85$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue r4 con $V = 0.6$.

Tabla 10

Parámetro: Relevancia

(r) Relevancia

Ítem	<u>Objetivos de la intervención</u>				<u>Materiales empleados</u>				<u>Procedimiento de las sesiones</u>				<u>Distribución de la carga</u>			
	c15	c18	c19	c116	c13	c17	c114	c115	c11	c12	c16	c112	c14	c110	c111	c113
J1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
J2	3	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
J3	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4
J4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5	5	5
J5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4
<i>M</i>	4	4.4	4	4.2	3.8	3.8	4	4.4	4	4.2	4	4.2	3.4	4.2	4.4	4.2
<i>DE</i>	0.63	0.54	0.63	0.44	0.44	1.09	0	0.54	0	0.44	0	0.44	0.89	0.44	0.54	0.44
<i>V</i>	0.75	0.85	0.75	0.8	0.7	0.7	0.75	0.85	0.75	0.8	0.75	0.8	0.6	0.8	0.85	0.8
95% IC	0.53- 0.89	0.64- 0.95	0.53- 0.89	0.58- 0.92	0.48- 0.85	0.48- 0.85	0.53- 0.89	0.64- 0.95	0.53- 0.89	0.58- 0.92	0.53- 0.89	0.58- 0.92	0.39- 0.78	0.58- 0.92	0.64- 0.95	0.58- 0.92
<i>V</i> por dimensión	0.7875				0.85				0.850				0.7625			
<i>V</i> por indicador	0.812															

Nota. J1, J2, J3, J4, J5 = Jueces 1, 2, 3, 4, 5; *M* = media; *DE*=Desviación estándar; *V*=*V* de Aiken; *IC* = Intervalo de confianza.

El parámetro *claridad*, que indica que el programa cuenta con un lenguaje claro, tuvo un coeficiente de **0.86** en una escala de 0 a 1.0 (Tabla 11). El ítem que obtuvo el valor más alto en cuanto a objetivos de la intervención fue cl5 con $V = 0.90$, mientras que el ítem con el valor más bajo fue cl9 con $V = 0.75$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a materiales empleados fueron cl7 y cl14 con $V = 0.95$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue cl3 con $V = 0.7$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a procedimiento de las sesiones fueron: cl6, con $V = 0.95$, mientras que los ítems que obtuvieron el valor más bajo fueron cl1 y cl12 con $V = 0.75$, respectivamente. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a distribución de la carga fueron: cl11 y cl13, con $V = 0.95$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue cl4 con $V = 0.6$.

Tabla 11

Parámetro: Claridad

(cl) Claridad

Ítem	<u>Objetivos de la intervención</u>				<u>Materiales empleados</u>				<u>Procedimiento de las sesiones</u>				<u>Distribución de la carga</u>			
	cl5	cl8	cl9	cl16	cl3	cl7	cl14	cl15	cl1	cl2	cl6	cl12	cl4	cl10	cl11	cl13
J1	5	4	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5
J2	5	5	3	4	4	5	5	5	4	4	5	4	3	3	5	5
J3	4	4	4	4	3	4	4	5	4	4	5	4	2	5	5	5
J4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5
J5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4
<i>M</i>	4.6	4.4	4	4.2	3.8	4.8	4.8	4.6	4	4.2	4.8	4	3.4	4.6	4.8	4.8
<i>DE</i>	.54	.54	.63	.44	.44	.44	.44	.54	0	.44	.44	0	.89	.89	.44	.44
<i>V</i>	.9	.85	.75	.8	.7	.95	.95	.9	.75	.8	.95	.75	.6	.9	.95	.95
95% IC	.70- .97	.64- .95	.53- .89	.58- .92	.48- .85	.76- .99	.76- .99	.70- .97	.53- .89	.58- .92	.76- .99	.53- .89	.39- .78	.70- .97	.76- .99	.76- .99
V por dimensión	.825				.875				.9				.875			
V por indicador	.868															

Nota. J1, J2, J3, J4, J5 = Jueces 1, 2, 3, 4, 5; *M* = media; *DE*=Desviación estándar; *V*=*V* de Aiken; *IC* = Intervalo de confianza.

El parámetro *Organización* expresa relación entre los objetivos, materiales, estrategias y resultados que se esperan y obtuvo un coeficiente de *V* de Aiken de **0.8**, en una escala de 0 a 1.0 (Tabla 12). El ítem que obtuvo el valor más alto en cuanto a objetivos de la intervención fue o8 con $V = 0.85$, mientras que los ítems con el valor más bajo fueron o5 y o9 con $V = 0.75$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a materiales empleados fueron o3 con $V = 0.90$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue o7 con $V = 0.7$. Los ítems que obtuvieron el valor más alto en cuanto a procedimiento de las sesiones fueron: o1, con $V = 0.95$, mientras que los ítems que obtuvieron el valor más bajo fueron o6 con $V = 0.75$, respectivamente. El ítem que obtuvo el valor más alto en cuanto a distribución de la carga fue: o11, con $V = 0.85$, mientras que el ítem que obtuvo el valor más bajo fue o4 con $V = 0.6$.

Tabla 12

Parámetro: Organización

(o) Organización

Ítem	<u>Objetivos de la intervención</u>				<u>Materiales empleados</u>				<u>Procedimiento de las sesiones</u>				<u>Distribución de la carga</u>			
	c15	c18	c19	c116	c13	c17	c114	c115	c11	c12	c16	c112	c14	c110	c111	c113
J1	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4
J2	3	5	3	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4
J3	4	4	4	4	5	2	4	4	5	5	4	4	2	4	4	4
J4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5
J5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	4
<i>M</i>	4	4.4	4	4.2	4.6	3.8	4	4.4	4.8	4.6	4	4.4	3.4	4.2	4.4	4.2
<i>DE</i>	0.63	0.54	0.63	0.44	0.58	1.09	0	0.54	0.44	0.58	0	0.54	0.89	0.44	0.54	0.44
<i>V</i>	0.75	0.85	0.75	0.8	0.9	0.7	0.75	0.85	0.95	0.9	0.75	0.8	0.6	0.8	0.85	0.8
95% IC	0.53- 0.89	0.64- 0.95	0.53- 0.89	0.58- 0.92	0.70- 0.97	0.48- 0.85	0.53- 0.89	0.64- 0.95	0.76- 0.99	0.70- 0.97	0.53- 0.89	0.64- 0.95	0.39- 0.78	0.58- 0.92	0.64- 0.95	0.58- 0.92
<i>V</i> por dimensión	.7875				.8				.85				.7625			
<i>V</i> por indicador	0.8															

Nota. J1, J2, J3, J4, J5 = Jueces 1, 2, 3, 4, 5; *M* = media; *DE*=Desviación estándar; *V*=*V* de Aiken; *IC* = Intervalo de confianza.

Se obtuvo el promedio de los cuatro parámetros y un valor de V de Aiken $V = 0.832$, considerado como favorable con respecto al valor máximo alcanzable de 1 (Escrura, 1988). Finalmente se calculó la consistencia interna del instrumento a través del coeficiente α de Cronbach tomando en cuenta el total de los ítems y sus respectivas evaluaciones, para ello se empleó la siguiente fórmula, obteniendo un $\alpha = 0.93$, equivalente a una excelente consistencia interna de acuerdo con la tabla de valoración de George y Mallery (2003).

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{S_t} \right)$$

Donde:

K = total de ítems del instrumento (64).

S_i = sumatoria de la varianza de ítems (15.2).

S_t = varianza de la suma de los ítems (178).

α de Cronbach = **0.93**.

Los ítems que obtuvieron un puntaje igual o menor a $V = 7$, fueron: s5, s3, s4, r4, c14 y o4. Estos ítems fueron evaluados en una mesa de trabajo basada en el método Delphi por parte de los expertos. Los resultados de sus apreciaciones más los sugeridos para el programa global en su conjunto se utilizaron para efectuar una reestructuración del mismo, y se pueden observar en la siguiente tabla (Tabla 13).

Tabla 13*Sugerencias de los expertos por parámetros en cuanto al PEFM***Objetivos de la intervención**

Observación del juez:	Acción:
Esta planificación deberá contar con la suficiente flexibilidad como para ser pertinente al encontrarnos con la población que participará en el programa.	Durante la primera semana de ejercicio se aplicó el plan correspondiente y se reubicó a los pacientes, de acuerdo a las capacidades mostradas, con apoyo de la Guía OMNI. Se continuó haciendo lo mismo cada 15 días hasta concluir el programa.
La estructura es correcta y adecuada en la teoría, sin embargo, es un programa realizado de forma general, por lo que recomiendo calcular cuál es 1 revolución por minuto (rpm) por cada participante y establecer la carga y repeticiones que realizarán entre un 40 y 60% de capacidad.	Se tomó en consideración el cálculo y se establecieron las repeticiones a un 60% de la capacidad de cada participante.
Procedimiento de las sesiones	
Observación del juez:	Acción:
Cambiar la redacción ya que es confusa, en algunas sesiones.	Se revisó y modificó la redacción.
El implemento de otros ejercicios sin material puede ser muy útil para conseguir los objetivos.	Se modificó el ejercicio: Ejercicio de separación de caderas (eliminando la resistencia prevista).
Deberá evaluarse para saber si las sesiones o los ejercicios resultaron útiles.	Se aplicó nuevamente SPPB al hacer la reevaluación.

6.2 Etapa 2: Exploración del efecto de la intervención

La etapa dos de este capítulo profundizó en la exploración del efecto de la intervención, centrándose en los resultados de la aplicación del Programa de Ejercicio Físico Multicomponente (PEFM) y el análisis descriptivo e inferencial de la muestra. Se detallaron las características sociodemográficas y clínicas de los participantes en los grupos experimental (*G1*) y control (*G2*), incluyendo edad, escolaridad, ocupación, estado civil y comorbilidades como Diabetes mellitus tipo 2 e Hipertensión arterial sistémica. También se presentó un análisis descriptivo de los datos obtenidos del Test de Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA), Escala de Depresión Geriátrica, Escala de Apatía (SAS), Índice de Barthel, Evaluación Neuropsicológica Breve (NEUROPSI) y pruebas de desempeño físico.

Se determinó la normalidad de las variables mediante la prueba de *Shapiro-Wilk* y se generó una estandarización de variables dependientes al convertir los valores a puntuaciones *Z*. La homogeneidad de las matrices de varianza-covarianza fue evaluada utilizando la prueba *M de Box*. Finalmente, se presentó un análisis inferencial incluyendo resultados del *MANOVA* de medidas repetidas, que reveló una interacción significativa entre el grupo y el tiempo en las variables dependientes. Se complementó con análisis univariados de seguimiento para las variables dependientes específicas: niveles de osteocalcina, evocación de categorías, codificación y evocación de figura semicompleja, y porcentaje de memoria lógica, lo que permitió una comprensión detallada del impacto diferencial del PEFM en el rendimiento cognitivo y los biomarcadores en los participantes.

6.2.1 Resultados de la aplicación del Programa de ejercicio físico multicomponente

A partir de las sugerencias de los jueces, se implementó el PEFM en *G1*, se contó con el 100 % de asistencia de los 15 participantes a las sesiones programadas. Las sesiones

tuvieron un incremento paulatino de 35 a 45 minutos de ejercicio durante el primer mes y, de 45 a 60 minutos el segundo mes, de acuerdo con las indicaciones de la programación. A lo largo del estudio no se reportaron eventos adversos como producto del PEFM, sin embargo, existieron tres cambios en cuanto a la ubicación en la que se desarrolló el programa: Instalaciones del Centro Gerontológico de Actopan, pista deportiva de la colonia El Mexe e Instalaciones del Centro Gerontológico Cerro de Arcilla en Tepatepec; lo anterior debido al mandato de la administración gubernamental de la que dispone el grupo de adultos mayores. También cabe mencionar que las sesiones 15, 18 y 19 tuvieron que ser reprogramadas a dos días posteriores, debido a eventos programados por el propio Centro Gerontológico, que involucraron la realización de actividad física aeróbica (caminar, baile regional y convivencia con tiempo de baile libre), por este motivo para las fechas reprogramadas para el PEFM se eliminó la parte del ejercicio de resistencia aeróbica.

6.2.2 Análisis descriptivo de la muestra

La muestra se conformó de 30 adultos mayores, de los cuales 25 (83 %) fueron mujeres y 5 fueron hombres (17 %). Todos provenientes del municipio de Tepatepec, Hidalgo. El grupo *G1* se compuso de 80 % mujeres y 20 % hombres; mientras que en el *G2* se registraron 87 % mujeres y 13 % hombres (Tabla 14).

Tabla 14

Características sociodemográficas y clínicas de los participantes por grupo (G1 y G2)

Variables	<i>N</i> =	<i>G1</i>	<i>G2</i>
Sociodemográficas <i>f</i> (%)			
Total muestra	<i>n</i> = 30 (100)	15 (50)	15 (50)
Sexo			
• Mujeres	25 (83)	24 (80)	26 (87)
• Hombres	5 (17)	6 (20)	4 (13)
Zona geográfica			
• Rural	16 (53)	18 (60)	18 (60)
• Urbana	14 (47)	12 (40)	12 (40)
	<i>M</i> (<i>DE</i>)	<i>M</i> (<i>DE</i>)	<i>M</i> (<i>DE</i>)
Escolaridad (años)	4.7 (3) *	4.9 (3) *	4.4 (3) *
Edad (años)	73.2 (5.3) **	73.8 (5.1) **	73.6 (5.5) **
Ocupación	<i>f</i> (%)	<i>f</i> (%)	<i>f</i> (%)
• Labores del hogar	21 (70)	18 (60)	24 (80)
• Campesino	5 (17)	6 (20)	4 (13)
• Jubilado/pensionado	2 (7)	3 (9)	0 (0)
• Trabajador	2 (7)	3 (11)	2 (7)
Estado civil			
• Viudo	14 (47)	14 (47)	14 (47)
• Divorciado	2 (7)	2 (7)	2 (7)
• Soltero	2 (7)	2 (6)	2 (7)
• Casado-unión libre	12 (40)	12 (40)	12 (39)
Historia Clínicas			
Comorbilidades	<i>f</i> (%)	<i>f</i> (%)	<i>f</i> (%)
• DM2	6 (20)	6 (20)	6 (20)
• HAS	17 (57)	20 (67)	20 (67)

Nota. *.05, .01**; DCL= Deterioro Cognitivo Leve; HAS= Hipertensión Arterial Sistémica; DM2=Diabetes mellitus tipo 2.

El promedio de edad en la muestra total fue de $M = 73.4$, $DE = 5.5$ años; para *G1* fue $M = 73.8$, $DE = 5.1$ y para *G2* fue $M = 73.6$, $DE = 5.5$. El 100 % de la población presentó lateralidad diestra y promedio de $M = 4.7$, $DE = 3$ años de educación escolarizada. Las labores del hogar representaron la principal fuente de ocupación para ambos grupos. En cuanto a su estado civil, cerca del 50 % presentaron estado de viudez tanto en *G1* como en *G2*. Por otra parte, el 60 % del grupo experimental y grupo control residían en áreas rurales.

Las enfermedades crónicas más frecuentes observadas en esta muestra fueron la Diabetes mellitus tipo 2 e Hipertensión arterial sistémica. Entre los participantes, el 23 % reportaron padecer diabetes, mientras que el resto de la población indicó no presentarla. Además, el 57 % de la muestra reportó haber desarrollado hipertensión arterial. Para *G1* como para *G2*, el porcentaje de personas que presentaron diabetes e hipertensión fue del 20 % y 67 % respectivamente.

Por otra parte, se realizó un cribado muestral para corroborar el deterioro cognitivo leve amnésico con la aplicación del Test de Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA), la Escala de Depresión Geriátrica, Escala de Apatía (SAS), el Índice de Barthel y la Evaluación Neuropsicológica Breve [NEUROPSI].

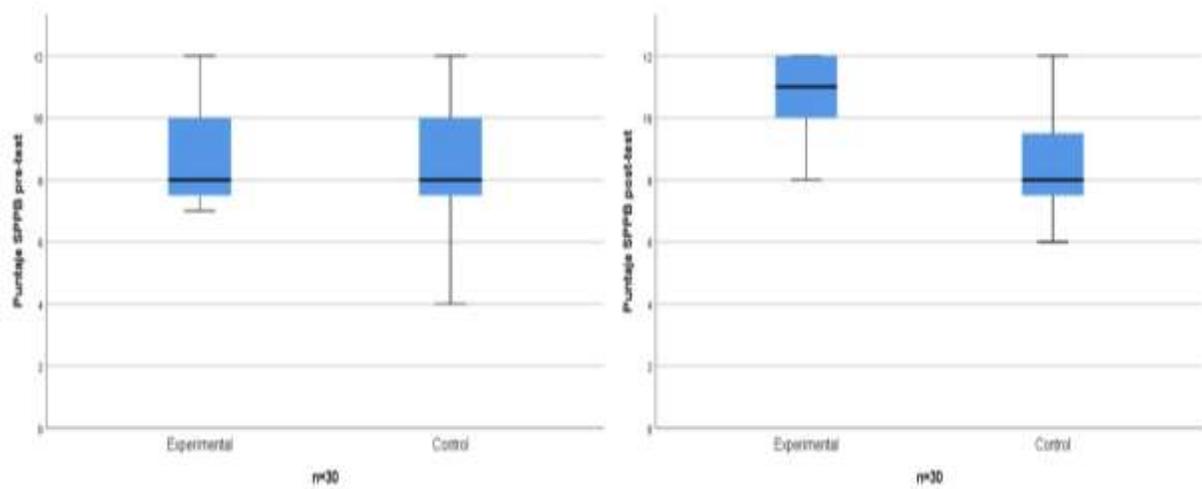
En cuanto al estado de ánimo, los resultados obtenidos en la Escala de Depresión Geriátrica, presentaron una $M = 1.77$, $DE = 1.28$, de acuerdo con el puntaje de la Escala de Depresión Geriátrica Abreviada (GDS), la cual, ante un punto de corte de 5 indica que no existen rasgos depresivos. Para *G1*, el promedio fue $M = 1.8$, $DE = 1.3$, mientras que para *G2* fue $M = 2.1$, $DE = 1.5$. La Escala de Apatía (SAS) mostró media general y desviación estándar de $M = 6.7$, $DE = 3.98$, la cual, en función del punto de corte de 14, indicó que los participantes no presentaron rasgos de apatía. Para *G1* la media general fue $M = 5.5$, $DE = 4.1$ mientras que para *G2* fue $M = 6.3$ $DE = 4.2$.

Con relación a la prueba SPPB, el 80 % de los participantes de la muestra total, previamente a la intervención presentaron independencia en la funcionalidad de sus actividades, mientras que el 20 % de ellos mostraron dependencia escasa, lo que no limitó su capacidad para ejecutar actividades en su vida diaria, ni actividad física. Para el pretest, en *G1*, el 33 % de los participantes se caracterizaron por tener una clasificación de capacidad física robusta, mientras que para *G2*, lo fueron el 47 % de ellos. Por otro lado,

para el postest, *G1* presentó un 87 % clasificados como robustos, mientras que *G2* obtuvo el 27 % de ellos (Figura 14).

Figura 14.

Gráficas puntajes SPPB pretest y postest

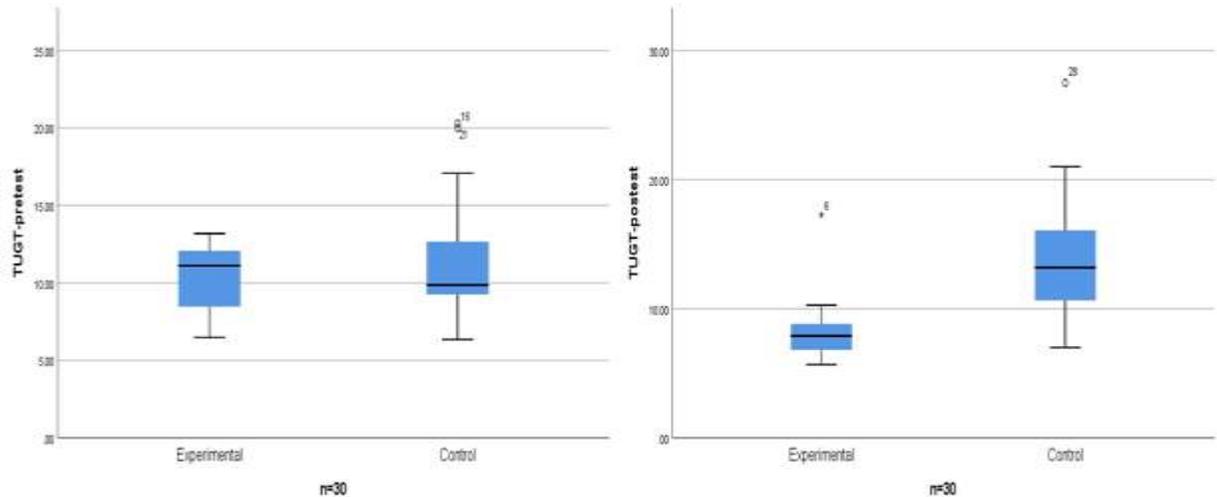


Nota: SPPB= Short Physical Performance Battery (por sus siglas en inglés).

Con relación a la prueba TUGT, para el pretest, en *G1*, el 60 % de los participantes presentaron riesgo de caídas, mientras que para *G2*, fueron el 47 % de ellos. Para el postest, *G1* presentó un 13 % de participantes con riesgo de caídas, mientras que *G2* obtuvo el 87 % (Figura 15).

Figura 15.

Gráficas puntajes TUGT pretest y postest

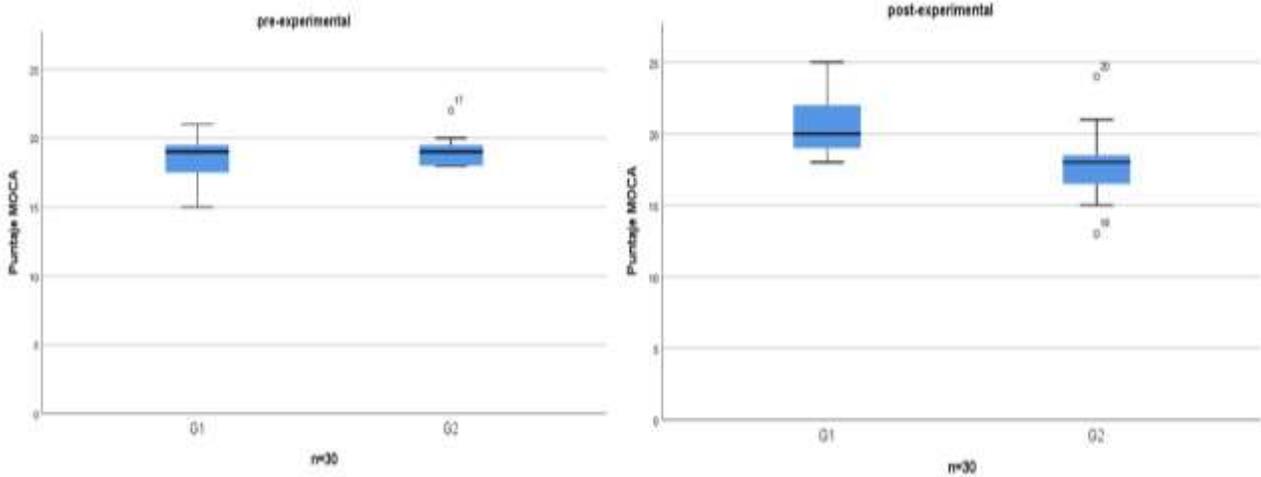


Nota: TUGT=Timed Up and Go (por sus siglas en inglés).

Por otro lado, el puntaje medio obtenido por la muestra total durante el pre-test, ante la aplicación de MoCA fue de $M = 18.9$, $DE = 0.8$, relacionado al puntaje ajustado de Zhou, et al. (2015). Para $G1$ fue de $M = 18.9$, $DE = 0.7$, mientras que para $G2$ fue $M = 18.8$, $DE = 0.76$. Dos meses después de la evaluación inicial, la reevaluación del instrumento reveló diferencias en las puntuaciones medias y desviaciones estándar entre los grupos $G1$ y $G2$. El grupo $G1$ obtuvo una media y desviación estándar de $M = 19.4$, $DE = 2.67$, mientras que $G2$ tuvo un promedio de $M = 18.4$, $DE = 2.3$ (Figura 16).

Figura 16

Gráficas puntajes MoCA pretest y postest



Nota: MoCA=Test Cognitivo de Montreal.

6.2.3 Prueba de normalidad de las variables

Tras observar los datos y dado que la muestra fue menor a 50, se tuvo en consideración la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Romero-Saldaña, 2016). Así mismo se observó que la variable: porcentaje evocación memoria lógica ($p = 0.117$) siguió una distribución normal, ya que el p -valor fue $< \alpha$ (0.05). Ante las hipótesis H_0 : los datos tienen una distribución normal y H_a : los datos no tienen una distribución normal, no puede rechazarse la H_0 con un nivel de confianza del 95 % y error α (0.05).

Las variables: nivel de osteocalcina, evocación-espontánea, evocación reconocimiento, codificación-palabras, evocación-figura semicompleja, codificación figura semicompleja, evocación categorías y porcentaje evocación pares asociados no siguieron una distribución normal p -valor $> \alpha$ (0.05). Por lo tanto, se rechazó la H_0 con un nivel de confianza del 95 % y error α (0.05). A partir de ello, se empleó la prueba de Wilcoxon para

muestras relacionadas y la prueba U- Mann Whitney para muestras independientes. para evaluar la homogeneidad de varianzas correspondientes a la aplicación de las pruebas del pre-test.

En la comparación intergrupar del pretest (Tabla 15), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos *G1* y *G2* en ninguna de las subpruebas ($p > 0.05$ en todos los casos). Los tamaños del efecto, en su mayoría pequeños ($d < 0.20$), respaldan la ausencia de diferencias relevantes entre los grupos. Únicamente las variables codificación figura semi compleja ($p = .048$) y evocación por reconocimiento se acercó al umbral de significancia, aunque no logró alcanzarlo ($p = 0.052$). Estos resultados indican que ambos grupos fueron comparables en el pretest en términos de desempeño cognitivo y memoria, lo que valida la homogeneidad inicial de las condiciones antes de la intervención.

Tabla 15

Pretest: Intergrupo: variables dependientes nivel de OC, codificación y evocación de la función de memoria episódica

	G1 (n=15)		G2 (n=15)		Valor estadístico	p	Tamaño del efecto	1-β
	Pretest		Pretest					
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>				
OC (ng/mL)	.271	.28	.235	.076	-2.191 ^U	.340	.009 ^{εd}	.991
Cod. fig. semicompleja	6.4	2.7	6.3	3	-1.086 ^U	.277	.035 ^{εd}	.965
Evocación espontánea	1.9	1.6	1.3	1.6	-.970 ^U	.332	.205 ^{εd}	.795
Evocación categorías	1.8	1.0	1.78	1.13	.001 ^U	1	.028 ^{εd}	.972
Evocación fig. semicompleja	4.4	2.7	6.3	0.6	-1.375 ^U	.048	.047 ^{εd}	.953
Atención y memoria	54.2	10.1	53.56	10.47	-.271 ^U	.786	.062 ^{εd}	.938
Evocación reconocimiento	4.6	1.4	4.69	1.46	-1.941 ^U	.052	.062 ^{εd}	.938
% evocaciones pares asociados	69.4	22.8	68.4	23.5	-1 ^U	.317	.043 ^{εd}	.957
Codificación palabras	4.1	.80	3.7	.81	-1.131 ^U	.258	.062 ^{εd}	.938
% evocación memoria lógica	69.2	19.2	65.7	18.4	-1.593 ^t	.134	.089 ^{*d}	.911
Puntaje MoCA	18.7	1.4	18.5	1.4	2.211 ^t	.491	.142 ^{*d}	.958

Nota. ^a tamaño del efecto muy grande; ^b tamaño del efecto grande; ^c tamaño del efecto moderado; ^d tamaño del efecto pequeño. * = D de Cohen; £= G de Hedges. T= t de Student; U= Prueba U de Mann Whitney. OC=osteocalcina. ng/ML= nanogramo/mililitro.

6.2.4 Análisis inferencial de la muestra

Tras la estandarización de variables dependientes al convertir los valores a puntuaciones *Z*, la homogeneidad de las matrices de varianza-covarianza fue evaluada utilizando la prueba *M de Box*. Los resultados de la prueba indicaron que se cumplió el supuesto de homogeneidad $F(2,27, = 2.67, p = 0.15)$. Dado que el valor p obtenido fue mayor que el nivel de significancia preestablecido ($p=0.05$), se concluyó que las matrices de varianza-covarianza eran suficientemente similares entre los grupos para proceder con el MANOVA.

Para los resultados de MANOVA de medidas repetidas, se incluyeron 30 casos en el análisis y no se reportaron datos perdidos ni valores fuera de rango. Con respecto, al efecto principal del grupo, los estadísticos multivariantes (Traza de Pillai, Lambda de Wilks y Traza de Hotelling), no mostraron un valor estadísticamente significativo ($F_{9,20} = 1.84; p = 0.123$). Esto sugiere que no hubo diferencias significativas entre el factor grupo (control vs experimental), sobre el conjunto de variables dependientes (niveles de osteocalcina y subpruebas de memoria episódica: codificación palabras, figura semicompleja; evocación: espontánea, reconocimiento, categorías, porcentaje memoria lógica, porcentaje evocación pares asociados) de manera general.

En relación al efecto principal del tiempo, no se encontró un efecto principal significativo en el patrón de las variables dependientes a lo largo del tiempo de manera general ($F_{9,20} = 0; p = 1.000$). Por otro lado, la interacción grupo y tiempo fue significativa (Traza de Pillai, Lambda de Wilks y Traza de Hotelling, $F_{9,20} = 4.918; p < 0.001$), lo cual

sugirió que el efecto del grupo sobre las variables dependientes varió significativamente a lo largo del tiempo. (Tabla 16).

Tabla 16

Resultados pruebas multivariantes (MANOVA) de medidas repetidas

Efecto	Prueba	Valor	F	gl efecto	gl Error	p
Grupo	Traza de Pillai	0.453	1.84	9	20	.123
	Traza de Hotelling	0.828	1.84	9	20	.123
	Lambda de Wilks	0.547	1.84	9	20	.123
Tiempo	Traza de Pillai	0	0	9	20	1.00
	Traza de Hotelling	0	0	9	20	1.00
	Lambda de Wilks	1	0	9	20	1.00
Grupo x Tiempo	Traza de Pillai	0.689	4.918	9	20	.001*
	Traza de Hotelling	2.213	4.918	9	20	.001*
	Lambda de Wilks	0.311	4.918	9	20	.001*

Nota. gl: grados libertad; F: transformación del puntaje MANOVA; p: significancia <0.05; los valores de p significativos (p <.05) se indican con un asterisco (*).

Tras determinar diferencias en la interacción grupo x tiempo en la prueba multivariada, se procedió a realizar los análisis univariados de seguimiento (*follow-up ANOVAs*) para examinar qué variables dependientes específicas contribuyeron a estas diferencias. A continuación, se detalla cada variable.

Tabla 17

Resultados del análisis de varianza inter-sujetos (ANOVA) para las variables dependientes

Efecto	Variable	gl Error	F	p	η_p^2	1-β
	OC	28	27.46	.001	.495*	.805 ^b

Efecto	Variable	gl Error	F	p	η_p^2	1- β
Grupo Tiempo	Codificación palabras	28	.119	.732	.004 ⁺	.410 ^d
	Evocación categorías	28	10.84	.003	.279*	.996 ^a
	Evocación espontánea	28	2.43	.130	.080 ⁺	.214 ^d
	Evocación figura semi compleja	28	7.78	.009	.217*	.821 ^b
	Evocación reconocimiento	28	1.80	.189	.061 ⁺	.315 ^d
	Codificación figura semicompleja	28	9.04	.006	.244*	.920 ^a
	Porcentaje de memoria lógica	28	6.50	.017	.189*	.883 ^b
	Porcentaje evocación pares asociados	28	1.18	.285	.041 ⁺	.245 ^d
Grupo	OC	28	1.43	.228	.049 ⁺	.451 ^d
	Codificación palabras	28	4.62	.040	.142*	.858 ^b
	Evocación categorías	28	11.37	.002	.282*	.818 ^b
	Evocación espontánea	28	3.97	.005	.125*	.875 ^b
	Evocación figura semi compleja	28	1.38	.249	.047 ⁺	.420 ^d
	Evocación reconocimiento	28	3.47	.073	.111*	.350 ^d
	Codificación figura semicompleja	28	2.88	.100	.091*	.002 ^d
	Porcentaje de memoria lógica	28	1.81	.189	.061 ⁺	.248 ^d
Porcentaje evocación pares asociados	28	.466	.500	.016 ^{&}	.320 ^d	
Tiempo	OC	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Codificación palabras	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Evocación categorías	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Evocación espontánea	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Evocación figura semicompleja	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Evocación reconocimiento	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Codificación figura semicompleja	28	.001	1.00	0.0	0.0
	Porcentaje de memoria lógica	28	.001	1.00	0.0	0.0
Porcentaje evocación pares asociados	28	.001	1.00	0.0	0.0	

Nota. gl: grados libertad; F: puntaje ANOVA; p: significancia <0.05; η_p^2 : eta parcial al cuadrado (tamaño del efecto. .14-.07=grande*, .06-.01=medio⁺, <.01=pequeño[&]); 1- β : potencia observada (^a tamaño del efecto muy grande; ^b tamaño del efecto grande; ^c tamaño del efecto moderado; ^d tamaño del efecto pequeño).

Niveles de Osteocalcina (OC)

La variable *niveles de OC* reportó efectos en la interacción grupo y tiempo en el análisis de varianza inter-sujetos ($F_{2,28} = 27.46$; $p=0.001$, $\eta_p^2 = .495$) [Tabla 17].

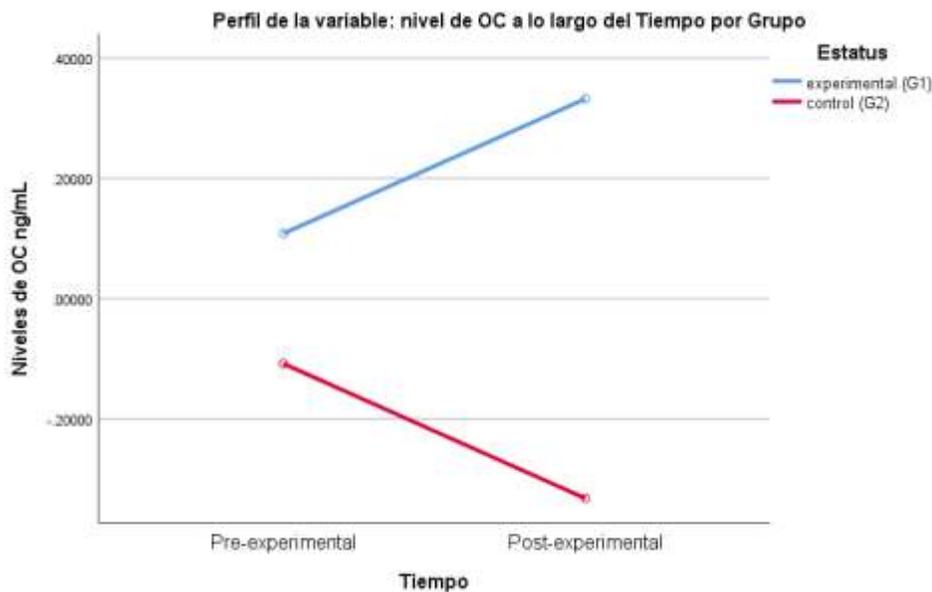
De acuerdo con la figura 17, se observó que el cambio en las puntuaciones de niveles de OC a lo largo del tiempo (pre y post) no fue uniforme entre los grupos

(experimental *G1* y control *G2*). Específicamente, la trayectoria de pre*G1* ($M = .271$ y $DE = .28$ mg/mL) difirió notablemente de post*G1* ($M = .378$ y $DE = .73$ mg/mL), mostrando una diferencia de medias estadísticamente significativa ($p = 0.05$) de $M = 0.107$ y $DE = 0.45$ mg/mL.

Por otra parte, las puntuaciones del grupo pre*G2* ($M = .235$ y $DE = .076$ mg/mL) difirieron de post*G2* ($M = .121$ y $DE = .032$ mg/mL), asumiendo una diferencia estadísticamente significativa entre ellas de: $M = -0.114$ y $DE = -0.044$ mg/mL; $p = 0.05$. Esto sugirió que el efecto del tiempo en los niveles de OC estuvo modulado por el tipo de grupo al que perteneció generando un cambio mayor para el grupo experimental (Figura 17, Tabla 18).

Figura 17

Perfil de variable nivel de OC a lo largo del tiempo por grupo



Nota. $n=30$ ($G1=15$, $G2 =15$); tiempo = dos meses entre pre y post-aplicación; valor osteocalcina expresado en ng/mL.

Evocación Categorías

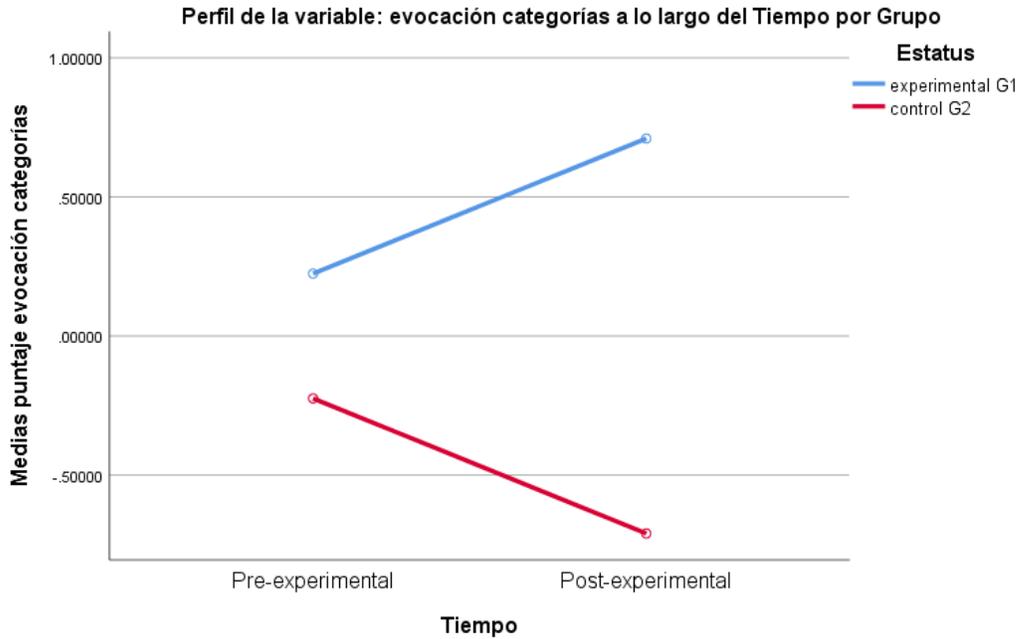
La variable evocación categorías reportó efectos en la interacción *grupo* y *tiempo* del análisis de varianza inter-sujetos ($F_{2,28} = 10.84$; $p = 0.003$, $\eta_p^2 = .279$) así como para el efecto principal *grupo* ($F_{2,28} = 11.37$; $p = 0.002$, $\eta_p^2 = .282$) [Tabla 17].

La Figura 18 muestra que el cambio en las puntuaciones de la variable evocación categorías a lo largo del tiempo no fue uniforme entre los grupos experimental (*G1*) y control (*G2*). Las puntuaciones del grupo experimental aumentaron de pre*G1* ($M = 1.81$, $DE = 1.00$) a post*G1* ($M = 2.85$, $DE = 1.61$), con una diferencia de medias de 1.04 ($DE = .61$). En contraste, las puntuaciones del grupo control mostraron un cambio menor de pre*G2* ($M = 1.78$, $DE = 1.13$) a post*G2* ($M = 2.13$, $DE = 1.43$), con una diferencia de medias de -0.35 ($DE = -0.30$).

En la medición post-experimental, el grupo (*G1*) mostró una media mayor ($M = 2.85$, $DE = 1.61$) en comparación con el grupo control (*G2*), cuya media fue de $M = 2.13$, $DE = 1.43$, cuya diferencia mostró ser estadísticamente significativa ($p = 0.001$). Esto indicó una divergencia marcada en el rendimiento de evocación categorías entre los grupos al final del estudio (Tabla 18).

Figura 18

Perfil de variable evocación categorías a lo largo del tiempo por grupo



Nota. $n = 30$ ($G1=15$, $G2=15$); tiempo= dos meses entre la pre y post-aplicación.

Codificación y Evocación figura semi compleja

Las variables Codificación y Evocación figura semi compleja reportaron efectos en la interacción grupo y tiempo del análisis de varianza inter-sujetos ($F_{2,28} = 9.04$; $p = 0.006$, $\eta_p^2 = .244$ y $F_{2,28} = 7.78$; $p = 0.009$, $\eta_p^2 = .217$ respectivamente) [Tabla 17].

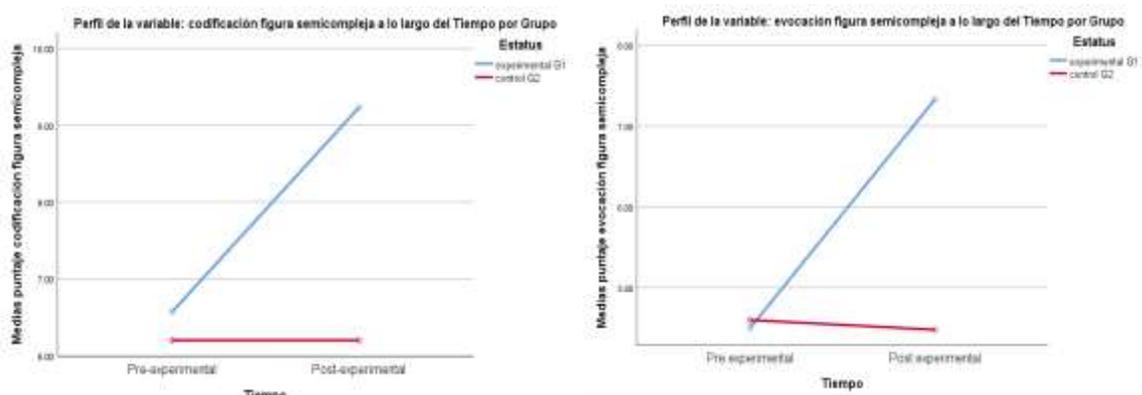
En el caso de las variables: codificación figura semicompleja y evocación figura semicompleja (Figura 19, Tabla 18), también se observaron cambios en las puntuaciones a lo largo del tiempo (pre y post), principalmente para el grupo experimental ($G1$). Para la variable codificación figura semicompleja, las puntuaciones de pre $G1$ ($M = 6.40$, $DE = 2.70$) difirieron notablemente de las de post $G1$ ($M = 9.34$, $DE = 3.17$), con diferencia de medias estadísticamente significativa: $M = 2.94$ y $DE = 0.47$ ($p = 0.002$). En contraste, las puntuaciones de post $G2$ ($M = 6.30$, $DE = 3$) permanecieron sin cambios respecto a pre $G2$,

indicando que no hubo efecto del tiempo en el rendimiento de codificación figura semi compleja para el grupo de control.

En el caso de evocación de figura semicompleja, las puntuaciones de preG1 fueron $M = 4.40$, $DE = 2.70$, y las de postG1 fueron $M = 6.3$, $DE = .6$, con una diferencia de medias de: $M = 1.90$ y $DE = -2.10$ las cuales fueron estadísticamente significativa ($p = 0.01$). Los resultados pre y post experimentales del grupo G2, presentaron una pequeña diferencia de medias, aunque no resultó estadísticamente significativa. En particular, los puntajes post experimentales revelan una diferencia estadísticamente significativa entre grupos postG1 superando a postG2 tanto en codificación figura semi compleja: $M = 3.04$, $DE = .17$ ($p = 0.016$) como en evocación figura semi compleja: $M = 0.6$, $DE = -3.1$ ($p = 0.026$) [Tabla 18].

Figura 19

Perfil de las variables: evocación figura semi compleja y codificación figura semi compleja a lo largo del tiempo por grupo



Nota. $n=30$ (G1=15, G2=15); tiempo= dos meses entre pre y post-aplicación.

Porcentaje de memoria lógica

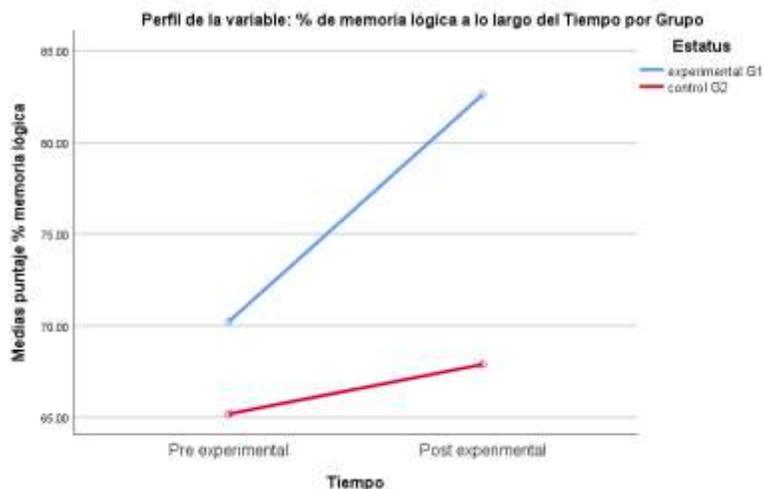
La variable porcentaje de memoria lógica reportó efectos en la interacción grupo y tiempo en el análisis de varianza inter-sujetos ($F_{2,28} = 6.50$; $p = 0.017$, $\eta_p^2 = .189$) [Tabla 17].

En la figura 20 se observó que el cambio en las puntuaciones de porcentaje de memoria lógica a lo largo del tiempo (pre y post) no es uniforme entre los grupos ($G1$ y $G2$). La trayectoria de pre $G1$ ($M = 69.2$ y $DE = 19.2$) difiere del post $G1$ ($M = 85.4$ y $DE = 26.1$), mostrando una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de ambos valores $M = 16.2$ y $DE = 6.9$; ($p = 0.01$).

En el punto temporal post-intervención, se observó que $G1$ alcanzó una media en los puntajes de porcentaje de memoria lógica mayor que $G2$, aunque dicha diferencia no resultó estadísticamente significativa (Tabla 18).

Figura 20

Perfil de variable: porcentaje de memoria lógica a lo largo del tiempo por grupo



Nota. n=30 (G1=15, G2=15); tiempo= dos meses entre pre y post-aplicación.

Evocación espontánea

La variable evocación espontánea reportó efectos significativos para grupo en el análisis de varianza inter-sujetos ($F_{2,28} = 3.97$; $p = 0.005$, $\eta_p^2 = .125$) [Tabla 17].

Como se observa en la figura 21, el cambio en las puntuaciones de *evocación espontánea* a lo largo del tiempo (pre y post) no fué uniforme entre los grupos (experimental *G1* y control *G2*). Sin embargo, la media de la trayectoria de pre*G1* no resultó ser estadísticamente significativa con respecto a post*G1*. El mismo efecto sucedió entre pre*G2* y post*G2*. Con respecto a las diferencias post intervención los puntajes revelan diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.014$) entre grupos post*G1* ($M = 1.81$ y $DE = 1.57$) superando a post*G2* ($M = 1.52$ y $DE = 1.41$) [Tabla 18].

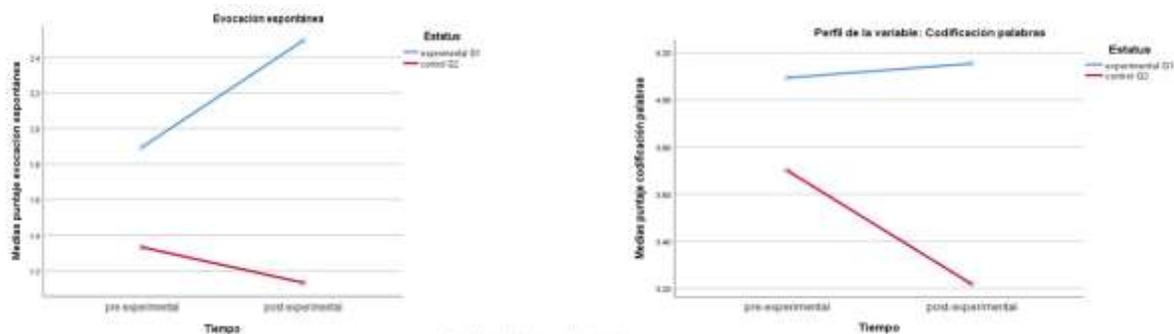
Codificación palabras

La variable codificación palabras reportó efectos significativos para grupo en el análisis de varianza inter-sujetos ($F_{2,28} = 4.62$; $p = 0.040$, $\eta_p^2 = .142$) [Tabla 17].

En la figura 21 se observó que el cambio en las puntuaciones a lo largo del tiempo (pre y post) no fué uniforme entre los grupos (experimental *G1* y control *G2*). Sin embargo, se identificó que la media de la trayectoria de pre*G1* no resultó ser estadísticamente significativa con respecto a post*G1*. El mismo efecto sucedió entre pre*G2* y post*G2*, así como entre los resultados post experimentales para ambos grupos (Tabla 18).

Figura 21

Perfil de variable: evocación espontánea, codificación palabras, evocación categorías a lo largo del tiempo por grupo



Nota. $n=30$ (G1=15, G2=15); tiempo= dos meses entre pre y post-aplicación.

Es importante destacar que, si bien los análisis univariados para las variables: codificación palabras y evocación espontánea revelaron un efecto principal significativo para el grupo, no se encontró un efecto de interacción significativo entre grupo y tiempo. Esto implicó que, aunque los grupos de dichas variables difirieron en sus niveles generales, la magnitud del cambio a lo largo del tiempo no fue estadísticamente diferente entre los grupos. Los análisis univariados para el efecto principal tiempo no mostraron efectos significativos. Asimismo, las variables: porcentaje pares asociados y evocación reconocimiento no presentaron efectos estadísticamente significativos para tiempo, grupo o de interacción entre ambos.

Tabla 18

Medias (desviaciones estándar) pre intervención y post intervención por cada variable dependiente

	OC (ng/ML)				Evocación categorías				Cod. Figura semi compleja												
	G1		G2		*	p	G1		G2		*	p									
	M	DE	M	DE			M	DE	M	DE											
Pre	0.271	0.28	0.235	0.076			1.81	1	1.78	1.13			6.4	2.7	6.3	3					
Post	0.378	0.73	0.121	0.032	0.257	0.69	.05	2.85	1.61	2.13	1.43	0.72	0.18	.001	9.34	3.17	6.3	3	3.04	0.17	.016
*	0.107	0.45	-0.114	-0.04			1.04	0.61	0.35	0.30			2.94	0.47	0	0					
p	.05		.60				.02		1				.002		.27						
	Codificación palabras				Evocación espontánea				% Evocación pares asociados												
	G1		G2		*	p	G1		G2		*	p	G1		G2						
	M	DE	M	DE			M	DE	M	DE			M	DE	M	DE					
Pre	3.7	0.8	3.83	0.81			1.5	1.6	1.83	1.6			69.4	22.8	68.4	23.5					
Post	3.9	1.4	3.5	1.4	0.4	0	.068	1.81	1.57	1.52	1.41	0.29	0.16	.014	74	22.6	71	23.2	3	0.6	.320
*	0.2	0.6	-0.33	0.59			0.31	-0.03	-0.31	-0.19			4.6	-0.2	2.6	.3					
p	.37		.25				.21		.33				.26		.31						
	Evocación figura semi compleja				Porcentaje E. de memoria lógica				Evocación reconocimiento												
	G1		G2		*	p	G1		G2		*	p	G1		G2						
	M	DE	M	DE			M	DE	M	DE			M	DE	M	DE					
Pre	4.4	2.7	4.5	3.1			69.2	19.2	67.4	20.9			4.6	1.4	4.7	1.4					
Post	6.3	0.6	5.7	3.7	0.6	-3.1	.026	85.4	26.1	71.7	22.6	13.7	3.5	.103	4.5	1.5	4.4	1.4	0.1	0.1	.126
*	1.9	-2.1	1.2	0.6			16.2	6.9	4.3	1.7			-0.1	0.1	-0.3	0					
p	.01		.16				.01		.13				.43		.054						

Nota. p: significancia < 0.05; n=30 (G1 =15, G2 =15); tiempo = dos meses entre pre y post-aplicación; * = diferencia de medias y desviaciones estándar.

Capítulo VII. Discusión

7.1 Discusión Etapa 1

Como parte de la Etapa 1 Validación cualitativa por expertos de la intervención, se obtuvo una validación de contenido mediante *V de Aiken*, se efectuaron los ajustes cualitativos sugeridos al programa y se obtuvo un *alfa de Cronbach* considerado como óptimo, evidenciando una buena adecuación del Programa de Ejercicio físico multicomponente Vivifrail propuesto por Izquierdo (2017) en una población de adultos mayores hidalgenses con DCL-A. La revisión sistemática efectuada por Medina-Blanco (2018), evidenció la existencia de pocos instrumentos destinados a medir actividad física en los adultos mayores, además de observarse heterogeneidad en su diseño y dimensiones para los cuales fueron creados. A través la validación de contenido empleada en esta investigación, se generó la propuesta y adecuación de un instrumento de actividad física para poblaciones de personas mayores que presentaron una comorbilidad misma que podría ser útil para futuros estudios.

Por otra parte, posterior a la aplicación del PEFM con duración de ocho semanas, se observó en el grupo *G1* una mejora en su capacidad física evidenciada por el incremento en los puntajes de las pruebas SPPB Y TUGT mismos que permitieron que los participantes pasaran de un estado de pre fragilidad a uno de robustez sin mostrar lesiones o daños musculo esqueléticos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Martínez-Velilla et al. (2019) y Rico-Gallegos et al. (2020), quienes verificaron que 12 semanas posteriores a la ejecución del Programa de ejercicio multicomponente VIVIFRAIL se observó mejora en la funcionalidad de adultos mayores hospitalizados y frágiles. Por ello, podemos inferir que la validez de contenido aplicada a la población de estudio de esta investigación se considera

adecuada para el logro del incremento de capacidades físicas: fuerza y potencia muscular, resistencia cardiovascular, equilibrio y marcha.

Relacionado con el género de los participantes del PEFM, solo un 17 % de hombres formaron parte de la muestra que ejecutó el programa, mientras que un 83 % correspondió a mujeres. Nuestros resultados contrastan con las cifras del Módulo de práctica deportiva y ejercicio físico del INEGI (2024), quienes detectaron que una mayor cantidad de hombres ejecutan actividad física en comparación con las mujeres, encontrando que el 47 % pertenecían al género masculino, mientras que el 34 % eran del género femenino. Aunque estos resultados parecen contradictorios es importante tomar en cuenta que la población de estudio que conformó al Centro Gerontológico de Tepatepec y de la cual se extrajo la muestra, estuvo conformada principalmente por mujeres, considerándose ésta como la causa principal de este resultado y resultaría oportuno no generalizarlo para evitar un sesgo.

En suma, la validez de contenido del PEFM aplicada a esta población de estudio, permitió establecer parámetros específicos ante la propuesta original hecha por Izquierdo (2017), contribuyendo a una propuesta y adecuación de un instrumento de actividad física para poblaciones de personas mayores. Por ello, se puede evidenciar que el objetivo 1 se cumplió en su totalidad.

7.2 Discusión Etapa 2

Las características sociodemográficas de la muestra del presente estudio resultaron en algunos aspectos distintas en relación a los informes con los cuales fueron contrastados, debido al diseño metodológico novedoso propio de este trabajo.

Con respecto al objetivo general de la etapa 2 de esta investigación, aunque no se encontraron diferencias iniciales entre los grupos ni un efecto principal del tiempo en el

conjunto de variables, la interacción significativa grupo por tiempo sugiere que la evolución temporal de los niveles de OC y ciertos aspectos de la memoria episódica difirieron entre el grupo experimental y el grupo control. Nuestros resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Khrimian et al. (2017), quienes observaron aumento de la frecuencia del potencial de acción en las células piramidales de la región CA3 del hipocampo sumado a mejoras en la memoria de ratones maduros, aunque el incremento de la OC se produjo de manera exógena al ser inyectada. Por otra parte, también coinciden con el estudio de Kang et al. (2023), quienes hallaron mejoras en el número de células BRDU, empleadas como estudio en la proliferación celular, proteínas NEUN, utilizadas como marcadores en la investigación de enfermedades del sistema nervioso central y periférico en el giro dentado del hipocampo y disminución de neuronas hipocampales dañadas e incremento en niveles de OC endógena en ratones hembra maduros y postmenopáusicos después de ejecutar por 10 semanas un ejercicio en cinta rodante. Sumado a estos resultados, Nakamura et al. (2021) mostraron una relación entre ejercicios de gimnasia suave y baile ligero durante 13 semanas obteniendo incremento de OC y disminución de deterioro cognitivo.

Nuestros resultados permiten sugerir la existencia de un vínculo entre el aumento en los niveles de OC y la neuro plasticidad en ciertas áreas del hipocampo, permitiendo a su vez la estimulación en la función de memoria, no solo en ratones maduros sino en adultos mayores que presentan DCL-A. También muestra que el PEFM contribuye al incremento de OC endógena y parece revelar resultados favorables y naturales en el hipocampo, tal como se observó en la investigación de Khrimian et al. (2017) ante la aplicación de la OC exógena inyectada.

Bonnano et al. (2019) mencionó la importancia del papel que tiene el receptor Gpr158, en las neuronas piramidales excitatorias conocidas como colaterales de Schaffer de la región CA3 del hipocampo, que utilizan como neurotransmisor al glutamato. Coincidente con estos argumentos, investigaciones como la de Aktitiz et al. (2022), Beas (2005), Nicolini et al. (2020) y Sadowska-Krepa et al. (2023), asociaron a la OC con un incremento de factores tróficos como BDNF e IL-6 a través del receptor Gpr158, ante la práctica de ejercicio físico en adultos atletas y adultos mayores sin patologías. Como parte de nuestra investigación es posible inferir que la OC mantiene una implicación sobre las sinapsis glutamatérgicas, caracterizadas por cambiar el ritmo de su actividad, de tal manera que logren establecer una potenciación a largo plazo, modificando su patrón de actividad y permitiendo mayor plasticidad hipocámpica, incluso con adultos mayores que presentan una patología leve relacionada con la función de memoria, lo cual afianza el papel mediador que tiene la OC sobre la función cognitiva. Esta información requiere ser constatada a través de nuevos estudios de neuro imagen más profundos, que no formaron parte de esta investigación.

El segundo objetivo específico que formó parte de la segunda etapa, analizó el efecto entre la ejecución del PEFM y el incremento en los niveles de OC, por medio de una toma de muestra del nivel de concentración sérica de mujeres y hombres adultos mayores hidalguenses, con escolaridad mínima de 3 años que presentan DCL-A. Se reportaron efectos estadísticamente significativos en la interacción grupo y tiempo del análisis de varianza inter-sujetos para esta variable. Cabe mencionar que el análisis efectuado en esta investigación del biomarcador OC fue total, es decir, no se estableció distinción entre sus formas cOCN y ucOCN.

En este sentido, los estudios de Aktitiz et al. (2022); Bakhtiyari et al. (2021); Hiam et al. (2021); Kohrt et al. (1995); Kortas et al. (2020); Nicolini et al. (2020), Mohammad-Rahimi et al. (2020); Rostamizadeh et al. (2019) y Sadowska-Krepa et al. (2023), coincidieron con los resultados obtenidos en este trabajo en tanto que, ante la ejecución de actividad física como: ejercicios de fuerza física y resistencia cardiovascular o aeróbica, los niveles de OC mostraron incremento en diferentes poblaciones de adultos. Por otra parte, se contraponen al estudio de Lester et al. (2009), al mencionar que el ejercicio de resistencia por sí solo, pero no el cardiovascular, logró ese aumento. Cabe mencionar que el equipo de Lester se refirió a cOCN sin mencionar sus variantes y ninguno de los estudios reportó el tamaño del efecto que se obtuvo.

Por otra parte, los ensayos clínicos de Mohammad-Rahimi et al. (2020) y Rostamizadeh et al. (2019), demostraron que OC y ucOCN tuvieron un aumento significativo ante la práctica integrada de ejercicio aeróbico de intervalos y fuerza muscular en muestras con hombres adultos obesos iraníes en comparación con la práctica aislada de este ejercicio. Consideramos que esta información coincide con nuestra investigación, dado que el PEFM a pesar de componerse de cuatro tipos de ejercicios, predominantemente incluyó la práctica de fuerza muscular y resistencia aeróbica, mientras que los ejercicios de flexibilidad y equilibrio funcionaron como auxiliares para la correcta ejecución de los primeros.

Relacionado con la temporalidad, el estudio de Kohrt et al. (1991), que estuvo enfocado en la aplicación de ejercicio moderado y crónico de flexibilidad, resistencia con pesas, caminar, trotar y/o subir escaleras durante nueve meses, mostró un incremento de 0.6 ng/ml en niveles de OC en adultos mayores sanos. En esta investigación, el *G1* completó dos meses de entrenamiento, ejecutados tres días a la semana con duración entre 40 a 60 minutos por sesión, lo cual es equivalente a un programa de ejercicio crónico, de esta

manera coincidimos con su investigación en cuanto a la importancia de incluir un programa con esta característica. Sin embargo, discrepamos en nuestros resultados en la cantidad que incrementó, la cual fue de 0.107 ng/ml, además de la existencia específica de una comorbilidad para nuestra población de estudio en comparación con la muestra de Kohrt et al. (1991), quienes eran adultos mayores sanos. Este hecho podría explicar el tamaño del efecto pequeño que se observó en nuestra investigación.

En este trabajo, un 80 % de los participantes no efectuaban actividad física previa a la práctica de PEFM, además reportaron algunos problemas mecánicos producto de desbalances corporales generados por la ausencia de fortalecimiento muscular y sedentarismo. Esta característica coincide con los estudios de Portal-Núñez et al. (2012), quienes sugirieron que el volumen óseo trabecular y los osteoblastos, células productoras de OC disminuyen con la edad, relacionando este descenso con la disminución de actividad física y reduciendo los estímulos mecánicos en el hueso.

A su vez, el incremento en los niveles de OC tras dos meses de entrenamiento, podría ser explicado en función a los eventos moleculares producidos durante la contracción por la práctica del PEFM. Esta explicación resulta concordante con la revisión de Bonanno et al. (2019), quienes informaron que la OC favorece la función muscular durante el ejercicio mediante la expresión y liberación de IL-6, promoviendo a través de las fibras musculares esqueléticas, la producción de glucosa en el hígado y la lipólisis en el tejido adiposo. Por otra parte, nuestros hallazgos concuerdan parcialmente con la investigación de Mera et al. (2016) en la cual, modelos murinos fueron inyectados con OC exógena demostrando aumento de masa muscular después de 28 días y evidenciando que la señalización de OC en las miofibras es necesaria para mantener la masa muscular.

En este sentido, los tres análisis muestran una relación entre OC y la ejecución de ejercicio físico, sin embargo, en el estudio de Mera et al. (2016) se establece una relación en la cual la OC exógena refuerza la función y capacidad de las fibras músculo-esqueléticas permitiendo un mejor desempeño al ejecutar ejercicio físico, mientras que en esta investigación, la ejecución de ejercicio físico a través del PEFM propició mayor producción de OC a través de la estimulación musculo esquelética en un probable proceso recursivo, que aún debe ser analizado más profundamente, en el que dicho incremento podría ir relacionado con la temporalidad de la práctica de ejercitación, lo cual como ya se tiene bien establecido no provoca ninguna repercusión al organismo si es correctamente efectuada pudiendo además ser gratuita en comparación a una dosis inyectable.

A pesar de que las investigaciones empleadas para contrastar nuestro análisis presentaron variaciones en cuanto a estado de salud de los participantes, tipos de ejercicio y formas del biomarcador OC, nuestros resultados mostraron un efecto posterior a la ejecución del PEFM con incremento en los niveles de OC sérica y endógena en *G1*, en comparación con *G2*, sin observar distinción de acuerdo a su género. Por ello, nuestros resultados permiten evidenciar que el objetivo dos se cumple en su totalidad.

El tercer objetivo específico de la segunda etapa de este trabajo consistió en comprobar si la ejecución del PEFM incrementa los niveles de codificación y evocación de la función de memoria episódica de mujeres y hombres adultos mayores hidalguenses, con escolaridad mínima de tres años que presentan DCL-A. Tras determinar mediante el análisis de medidas repetidas que existieron aspectos de la memoria episódica que difirieron significativamente entre el grupo experimental y el grupo control, se procedió a contrastar estos resultados con los de otros estudios, analizando también el comportamiento de las subpruebas que componen la evaluación global de la memoria episódica.

Bentosela y Mustaca (2005) señalaron que la mayor dificultad en la evaluación neuropsicológica de pacientes ancianos reside en la evocación auto-iniciada de recuerdos o evocación libre. En sintonía con esto, Wingfield y Kahana (2002) indicaron que el pobre desempeño se debe a un déficit en la codificación y asociaciones temporales de los ítems que guían su evocación, características que se ven especialmente atenuadas en el deterioro cognitivo leve amnésico (DCL-A). Nuestros resultados respaldan estas afirmaciones, ya que se observaron efectos estadísticamente significativos en variables clave relacionadas con evocación y codificación de memoria episódica. Específicamente, encontramos diferencias significativas para: evocación de categorías, evocación de figura semi compleja, codificación de figura semi compleja y porcentaje de memoria lógica. Adicionalmente, el análisis MANOVA de medidas repetidas reveló efectos significativos entre grupos para: codificación palabras y evocación espontánea, aunque su trayectoria en el tiempo no resultó ser estadísticamente significativa.

Estos hallazgos sugieren que los patrones de déficits observados en la memoria episódica de nuestros participantes con DCL-A fueron consistentes con la literatura al describir alteraciones en la codificación y recuperación de información, elementos clave para la formación y evocación de recuerdos. Los cambios post intervención, mostraron la presencia de mejoras en: organización y acceso a la información de manera más eficiente en la memoria a largo plazo, mejor retención de información visoespacial y capacidad de recuperar recuerdos no verbales complejos procesando y almacenando de manera más efectiva la información visual y mejor comprensión, organización y retención del material verbal con significado (Tulving, 2001). Esto también podría implicar que, en promedio, el grupo que ejecutó el PEFM mostró un mejor rendimiento en la capacidad de almacenar nuevas palabras y recordarlas sin claves, sin embargo, la duración o intensidad del PEFM

no permitió observar una progresión lineal y estadísticamente robusta a lo largo del tiempo, por lo cuál sería recomendable analizar funciones cognitivas asociadas a ellas como: memoria de trabajo, procesamiento semántico, fonológico y visual , atención sostenida y velocidad de procesamiento.

Por otro lado, nuestros resultados son coincidentes con el ensayo clínico previo efectuado por Vásquez et al. (2020), quienes, tras la aplicación de un programa de ejercicio físico multicomponente de cuatro semanas (tres días a la semana), encontraron diferencias significativas en memoria inmediata, habilidades viso-espaciales y viso-constructivas en adultos mayores coreanos con DCL. La similitud en los hallazgos, en mejora de habilidades viso-espaciales y viso-constructivas de memoria episódica, sugiere que las intervenciones basadas en ejercicio multicomponente en poblaciones de adultos mayores con DCL pueden tener efectos positivos replicables específicamente para poblaciones con DCL-A.

Mendoza-Fernández et al. (2002), reportaron la existencia de circuitos de retroinformación o feedback interneuronal dando lugar a sinaptogénesis, en especial durante la potenciación a largo plazo, en la cual la estimulación repetida de células en el hipocampo producen una eficiencia de comunicación entre neuronas al parecer permanente, debido a la liberación repetida del neurotransmisor excitatorio glutamato y el ATP liberados por las terminaciones nerviosas sobre el tejido muscular durante la activación física y células secretoras con capacidad de inducir potenciales de acción, aumentando la comunicación entre neuronas y asociándose con memoria y aprendizaje. En este sentido, se sugiere una relación entre estos datos y los resultados que el PEFM reportó en este trabajo, aunque sería importante profundizar su estudio con nuevos indicadores.

Sin embargo, en este trabajo, también se observó que no hubo incremento estadísticamente significativo para las subpruebas evocación espontánea y porcentaje pares

asociados en una interacción tiempo y grupo. Podemos contrastar este resultado con con Takada et al. (2016), quienes encontraron que una prueba de memoria basada en imágenes tenía mejores capacidades discriminativas que una prueba de listas verbales en un grupo con diagnóstico de demencia de bajo nivel educativo. A partir de esto podríamos inferir que el nivel de escolaridad en los participantes sumado al deterioro presente podría tener una implicación para que la muestra de estudio de esta investigación tuviera mayores complicaciones en la resolución de estas sub-pruebas, incluso posterior a la ejecución del PEFM.

A partir de esta discusión de resultados podemos inferir que el objetivo tres se cumplió parcialmente, aunque es importante replantearse nuevos estudios con poblaciones ejercitadas y que presentan DCL-A segmentados por poblaciones de edades y verificar variaciones en cada una de las sub-áreas de evocación y codificación de la memoria.

A pesar de no ser el tema principal de investigación, es posible analizar algunos indicadores no medidos en este estudio y reportados previamente que podrían estar relacionados indirectamente con las variables de este estudio.

Padrón (2008) mostró un evento relacionado a la contracción muscular que a su vez muestra una relación con la presencia de OC y actividad cerebral: el flujo de iones de Ca^{2+} . Al establecerse un impulso nervioso y activar los canales dependientes de voltaje (VDCCs) se desencadenan procesos de entrada y salida de proteínas mediante bombas e intercambiadores, así como por la hidrólisis de ATP, fosfolípidos y proteínas-cinasas. A pesar de que existe importante evidencia que muestra que el incremento de niveles de OC y la liberación de neurotransmisores a través de Gpr6a18, está asociado positivamente con mejoras en memoria y funciones cognitivas en general en poblaciones de adultos mayores,

también se ha detectado una importante influencia del Ca^{2+} con algunas comorbilidades presentes en el adulto mayor.

González-Casaus (2023), Lozano y Sánchez (2020) y Casals et al. (2006), mencionaron que la participación del Ca^{2+} en el organismo de personas adultas mayores es más difícil de ser absorbido por el cuerpo, mostrando relaciones entre incremento de OC y Ca^{2+} con procesos degenerativos. Esto coincide con el estudio de Smith et al. (2021), quienes asociaron una proporción más alta de ucOCN con respecto a la OC total y una función física reducida, aumento de hospitalizaciones por caídas y desarrollo de osteosarcopenia. A su vez coincide con Li et al. (2024), quienes especularon que con esta enfermedad, los niveles de OC se sobre expresan, provocando un mecanismo compensatorio del deterioro de la fuerza muscular, posiblemente a través de la estimulación bioquímica o biomecánica de los osteoblastos debido a la atenuación de la fuerza muscular, observando que la DMO, el índice musculo esquelético, la fuerza de prensión manual y la circunferencia de la pantorrilla disminuyeron con el aumento de las concentraciones de OC, por lo que un nivel más alto de OC sérica se asoció con un mayor riesgo de osteosarcopenia, en pacientes adultos mayores de 60 años asiáticos con diabetes mellitus tipo 2.

En la presente investigación, aunque no se reportó a ninguna persona con osteosarcopenia, identificamos a dos personas del sexo femenino quienes formaron parte del grupo G1, reportaron padecer diabetes mellitus tipo II y ser insulino dependientes. Ambas personas mostraron notables beneficios físicos posteriores a la ejecución del PEFM, que incluyeron dejar de usar bastón y disminuir la dosis acostumbrada de insulina por ser innecesaria debido a su nueva práctica de ejercicio. Además, las dos personas mostraron incrementos en OC y estimulación en áreas de memoria tal como aquellos participantes con ausencia de esta comorbilidad. Sin embargo, consideramos que la investigación de Li et al.

(2024), abre nuevas posibilidades de estudio en el comportamiento molecular de enfermedades metabólicas, específicamente relacionadas a la osteosarcopenia.

7.3 Limitaciones, fortalezas y sugerencias

Es pertinente señalar las limitaciones de este estudio y proponer sugerencias para futuras investigaciones en esta línea:

- Una limitación residió en la falta de control sobre variables como el índice de masa corporal y la dieta de los participantes, factores que podrían haber influido en los resultados. Se recomienda la inclusión de estas variables en diseños de investigación futuros.
- Otra limitación metodológica fue la restricción temporal, la cual impidió la inclusión de una muestra de participantes más amplia, la extensión del período de aplicación del PEFM y el establecimiento de un seguimiento a largo plazo para evaluar la persistencia de los efectos observados.
- Además, la heterogeneidad en los métodos de laboratorio empleados para el análisis del biomarcador OC en los estudios contrastados (incluyendo diferentes variantes como cOC, ucOCN y la relación ucOCN/cOC) representó una variable a considerar al interpretar los resultados.

En contraste, esta investigación presentó la fortaleza de ser un estudio pionero en la validación del PEFM en una población mexicana con Deterioro Cognitivo Leve Amnésico (DCL-A). El impacto potencial de esta validación se traduce en: incremento de la independencia funcional, disminución de la necesidad de hospitalizaciones, efectos psicológicos y físicos beneficiosos y mejora en la calidad de vida.

Adicionalmente, la metodología desarrollada permitió un análisis más detallado de los procesos de codificación y evocación de la memoria episódica en individuos con DCL-A, en conjunto con la medición de un biomarcador, enfoque previamente explorado solo en modelos animales.

Para futuras investigaciones, se sugiere:

- Comparar los niveles de OC resultantes de la aplicación del PEFM con aquellos obtenidos mediante entrenamientos de fuerza muscular y resistencia cardiovascular aislados, incluyendo el análisis del IMC como covariable.
- Evaluar si la duración de la intervención con el PEFM (actualmente de dos meses) influyó en la magnitud del efecto observado en los niveles de OC, mediante la implementación de intervenciones de mayor duración (p. ej., 6 y 12 meses).
- Explorar si los beneficios observados en la población con DCL-A se replican o incluso se superan en poblaciones sanas, como una forma de prevención primaria.
- La replicación de este estudio en poblaciones sanas de adultos mayores, junto con estudios longitudinales, podría facilitar la estandarización de los niveles de OC por edad. Esto fortalecería la utilidad de la OC como biomarcador en el adulto mayor y permitiría la detección temprana de posibles comorbilidades, facilitando intervenciones terapéuticas oportunas para prevenir la cronicidad.
- Extender la investigación al nivel de prevención secundaria, incluyendo a otros grupos de adultos mayores con deterioro de la función de memoria asociado a comorbilidades. El establecimiento de nuevas variables correlacionadas podría contribuir al avance en el tratamiento de estas condiciones.

- Finalmente, en relación con el contexto ambiental, España (2021) sugirió que el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) muestra una mayor respuesta ante la actividad aeróbica al aire libre. Esta observación podría ser relevante para la interpretación del incremento de OC observado en esta investigación, dada la realización de actividad aeróbica (caminata) en áreas recreativas ubicadas en una zona de serranía a 2004 metros sobre el nivel del mar. En consecuencia, se propone que futuras investigaciones exploren la influencia de exerquinas (p. ej., irisina, IL-6, leptina y adiponectina), las cuales han mostrado vínculos con procesos de memoria, y su posible interacción con las características del entorno ambiental. Se anticipa que estos estudios podrían abrir nuevas líneas de investigación en el campo de la psicología molecular.

7.4 Conclusiones

Se concluye que la intervención con el Programa de ejercicio físico multicomponente, con una duración de 60 minutos al día y frecuencia de 3 veces a la semana durante dos meses, muestra efectos de incremento en la codificación y evocación de la función de memoria episódica de adultos mayores, hidalguenses, con escolaridad mínima de 3 años de estudio, con deterioro cognitivo leve amnésico. Además, la influencia del biomarcador OC mostró ser estadísticamente significativa y, por lo tanto, estar involucrado en este proceso. Lo anterior reafirma que este programa podría contribuir como un auxiliar no farmacológico para este tipo de población. Así mismo mediante esta investigación se manifiesta una contribución positiva para las Ciencias de la Salud.

Referencias bibliográficas

- Abd El-Kader, S. M., & Al-Jiffri, O. H. (2019). Impact of aerobic versus resisted exercise training on systemic inflammation biomarkers and quality of life among obese post-menopausal women. *African health sciences, 19*(4), 2881–2891.
<https://doi.org/10.4314/ahs.v19i4.10>
- Aguilar-Navarro, S. G., Mimenza-Alvarado, A. J., Palacios-García, A. A., Samudio-Cruz, A., Gutiérrez-Gutiérrez, L. A., & Ávila-Funes, J. A. (2018). Validez y confiabilidad del MoCA (Montreal Cognitive Assessment) para el tamizaje del deterioro cognoscitivo en México. *Revista Colombiana de Psiquiatría, 47*(4), 237–243.
<https://doi.org/10.1016/j.rcp.2017.05.003>
- Aiken, L. R. (1980). Content validity and reliability of single items or questionnaires. *Educational and Psychological Measurement, 40*(4), 955-959.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001316448004000419>
- Aktitiz, S., Atakan, M. M., Turnagöl, H. H., & Kosar, S. N. (2022). Interleukin-6, undercarboxylated osteocalcin, and brain-derived neurotrophic factor responses to single and repeated sessions of high-intensity interval exercise. *Peptides, 157*(170864), 170864.
<https://doi.org/10.1016/j.peptides.2022.170864>
- Alaniz-Gómez, F., Durán Pérez, F. B., Quijano Ortiz, B. L., Salas Vera, T., Cisneros Herrera, J., & Guzmán Díaz, G. (2022). Memoria: Revisión conceptual. *Boletín Científico de la Escuela Superior de Atotonilco de Tula, 9*(17), 45–52.
<https://doi.org/10.29057/esat.v9i17.8156>

- Alvarado, A., Jara, E., Vila, J., & Rosas, J. M. (2006). Time and order effects on causal learning. *Learning and Motivation*, 37(4), 324–345.
<https://doi.org/10.1016/j.lmot.2005.11.001>
- Alzheimers.gov. (2024). ¿Qué es el Deterioro cognitivo leve?
<https://www.alzheimers.gov/es/alzheimer-demencias/deterioro-cognitivo-leve>
- Arango, L. (2010). Estudio exploratorio, un viaje para descubrir. *Investigación y educación en enfermería*, 28(3), 484–493.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-53072010000300019
- Ardila, A., & Ostrosky-Solís, F. (1991). *Diagnóstico del daño cerebral: Enfoque neuropsicológico*. Trillas.
- Ardila, A., Ostrosky-Solís, F., Rosselli, M., & Gómez-Pérez, E. (2000). *NEUROPSI: Evaluación neuropsicológica breve en español* (2ª ed. rev.). México: El Manual Moderno.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (2019). *Neuropsicología clínica* (2ª ed.) El Manual Moderno.
- Arias-Odón, F. (2011). Metodología de la investigación en las ciencias aplicadas al deporte: un enfoque cuantitativo. *EFDeportes.com*, 1(1), 1-19.
<http://www.efdeportes.com/efd157/investigacion-en-deporte-enfoque-cuantitativo.htm>. 16.
- Armamento-Villareal, R., Aguirre, L., Waters, D. L., Napoli, N., Qualls, C., & Villareal, D. T. (2019). Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on bone mineral density and bone metabolism in obese older adults while dieting: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American*

- Society for Bone and Mineral Research*, 35(3), 430–439.
<https://doi.org/10.1002/jbmr.3905>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science (New York, N.Y.)*, 255(5044), 556–559.
<https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews. Neuroscience*, 4(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8 (1), 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley A. D., Hitch G. J., & Allen R. J. (2021). A multicomponent model of working Memory. In Logie R. H., Camos V., Cowan N. (Eds.), *is working memory: State of the science* (pp. 10–43). Oxford University Press.
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2021). *Memoria* (2^a ed. rev. y act.). Editorial Alianza.
- Bakhtiyari, M., Fathi, M., & Hejazi, K. (2021). Effect of eight weeks of aerobic interval training on the serum concentrations of alkaline phosphatase, osteocalcin and parathyroid hormone in middle-aged men. *Gene Cell and Tissue*, 8(3).
<https://doi.org/10.5812/gct.111298>
- Barrero, S.C.L., García, A.S., & Ojeda, M.A. (2005). Índice de Barthel (IB): Un instrumento esencial para la evaluación funcional y la rehabilitación. *Plasticidad y Restauración Neurológica. Mediagraphic*, 4(1-2), 81-85.
<https://www.mediagraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=5142>
- Battafarano, G., Rossi, M., Marampon, F., Minisola, S., & Del Fattore, A. (2020). Bone control of muscle function. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1178. <https://doi.org/10.3390/ijms21041178>

Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2021). *Neuroscience: Exploring the Brain* (4th ed.). *Wolters Kluwer*.

Bentosela, M., & Mustaca, A. (2005). Efectos cognitivos y emocionales del envejecimiento: aportes de investigaciones básicas para las estrategias de rehabilitación. *Interdisciplinaria Revista de Psicología y Ciencias Afines*, 22(2), 211–235.

https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S166870272005000200005&script=sci_ar_text&tlng=en

Bieri, G., Schroer, A. B., & Villeda, S. A. (2023). Blood-to-brain communication in aging and rejuvenation. *Nature Neuroscience*, 26, 379–393.

<https://doi.org/10.1038/s41593-022-01238-8>

Bisbe, M., Fuente-Vidal, A., López, E., Moreno, M., Naya, M., de Benetti, C., Milà, R., Bruna, O., Boada, M., & Alegret, M. (2020). Comparative cognitive effects of choreographed exercise and multimodal physical therapy in older adults with amnesic mild cognitive impairment: Randomized clinical trial. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 73(2), 769–783. <https://doi.org/10.3233/jad-190552>

Blanski-Grden, C. R., Vieira-de Sousa, J. A., Andreani-Cabral, L. P., Reche, P. M., Bordin, D., & de Oliveira-Borges, P. K. (2020). Syndrome of frailty and the use of assistive technologies in elderly / Síndrome de fragilidad y uso de tecnologías asistidas. *Revista De Pesquisa Cuidado é Fundamental Online*, 12, 499–504. <https://doi.org/10.9789/2175-5361.rpcfo.v12.8594>

Bliuc, D., Tran, T., Adachi, J. D., Atkins, G. J., Berger, C., Van Den Bergh, J., Cappai, R., Eisman, J. A., Van Geel, T., Geusens, P., Goltzman, D., Hanley, D. A., Josse, R., Kaiser, S., Kovacs, C. S., Langsetmo, L., Prior, J. C., Nguyen, T. V., Solomon, L.

- B., . . . Center, J. R. (2021). Cognitive decline is associated with an accelerated rate of bone loss and increased fracture risk in women: a prospective study from the Canadian Multicentre Osteoporosis Study. *Journal Of Bone and Mineral Research*, 36(11), 2106-2115. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4402>
- Bonanno, M.S., Rey, M., Seijo, M., & Zeni, S.N. (2019). Rol de la osteocalcina más allá del hueso. *Actualizaciones/Revisiones*, 15(2), 78-93.
http://www.osteologia.org.ar/files/pdf/rid61_revista-n2-articulo1-bonnano.pdf
- Borda, M. G., Soennesyn, H., Steves, C. J., Osland Vik-Mo, A., Pérez-Zepeda, M.U., & Aarsland, D. (2019). Frailty in older adults with mild dementia: Dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, 9(1), 176–183. <https://doi.org/10.1159/000496537>
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Journal of rehabilitation medicine: official journal of the UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92–98.
<https://doi.org/10.2340/1650197719702239298>
- Bouché-González, F., Hernández-Cruz, G., Zarái García-Dávila, M., & Rangel-Colmenero, B. R. (2023). Análisis cuantitativo de la producción científica sobre la hipoxantina y xantina en el ejercicio, publicada en la base de datos Scopus (2016-2021). *Revista cubana de información en ciencias de la salud*, 34.
<https://acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/2129>
- Braun, R.G., & Wittenberg, G. F. (2021). Motor recovery: How rehabilitation techniques and technologies can enhance recovery and neuroplasticity. *Seminars in Neurology*, 41(2), 167–176. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1725138>

- Buendía-Romero, Á. García-Conesa, S., Pallarés, J. G., & Courel-Ibáñez, J. (2020). Effects of a 4-week multicomponent exercise program (Vivifrail) on physical frailty and functional disability in older adults living in nursing homes. *Cuadernos de psicología del deporte*, 20(3), 74–81. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1578-84232020000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Cabrero-García J., Reig-Ferrer A., Muñoz-Mendoza C.L, Cabañero-Martínez M.J, Ramos-Pichardo J. D., Richart-Martínez M., Gonzalez-Llopls, L., SanJuan-Qulles, A., Gómez-Moreno, N., & García-Bevlá, S. (2007). Reproducibilidad de la batería EPESE de desempeño físico en atención primaria. *Análisis y modificación de la conducta*, 33(147) 67–83. <https://doi.org/10.33776/amc.v33i147.1207>
- Calderón-Rubio, E., Uréndez-Serrano. P, Martínez-Nicolás Á., & Tirapu-Ustárroz J. (2022) Reserva cognitiva. Propuesta de una nueva hipótesis conceptual. *Revista de neurología*, 75(6), 137-142. <https://doi.org/10.33588/rn.7506.2022204>
- Camacho-Ugarte, V., Bastida-Codina, A. & Zarate, S.G. (2020). Estudio anatómico del hipocampo como una de las regiones de neurogénesis más relevante. *Revista Científica Ciencia Médica*, 23(2), 221-230. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332020000200013
- Cantarero-Prieto, D. (2017). Sostenibilidad del sistema sanitario en el Estado del Bienestar. *ICADE Revista de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales*, 1(99), 135-150. <https://doi.org/10.14422/icade.i99.y2016.005>
- Carreño-Jaimes, M. (2009). El método Delphi: cuando dos cabezas piensan más que una en

- el desarrollo de guías de práctica clínica. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 38(1), 185-193. <https://www.redalyc.org/pdf/806/80615419013.pdf>
- Casas-Herrero, Á., Sáez de Asteasu, M. L., Antón-Rodrigo, I., Sánchez-Sánchez, J. L., Montero-Odasso, M., Marín-Epelde, I., Ramón-Espinoza, F., Zambom-Ferraresi, F., Petidier-Torregrosa, R., Elexpuru-Estomba, J., Álvarez-Bustos, A., Galbete, A., Martínez-Velilla, N., & Izquierdo, M. (2022). Effects of Vivifrail multicomponent intervention on functional capacity: a multicentre, randomized controlled trial. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(2), 884–893. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12925>
- Castilho, M. (2024). *Sistema Límbico: Que es y cómo funciona*. mindsetreprogramado.com: Mentalidad reprogramada. <https://mindsetreprogramado.com/es/neurociencia/sistema-limbico-que-es-y-como-funciona/>
- Castle, M., Fiedler, N., Pop, L. C., Schneider, S. J., Schluskel, Y., Sukumar, D., Hao, L., & Shapses, S. A. (2020). Three doses of vitamin D and cognitive outcomes in older women: A double-blind randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 75(5), 835–842. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz041>
- Cecchini, M. A., Parra, M. A., Brazzelli, M., Logie, R. H., & Della Sala, S. (2023). Short-term memory conjunctive binding in Alzheimer’s disease: A systematic review and meta-analysis. *Neuropsychology*, 37(7), 769–789. <https://doi.org/10.1037/neu0000825>

- Chacón-Valenzuela, E., Morros-González, E., Vargas-Beltrán, M. P., Venegas-Sanabria, L. C., Gómez-Arteaga, R. C., Chavarro-Carvajal, D., & Cano-Gutiérrez, C. A. (2019). Fragilidad cognitiva, un desafío en evolución. *Universitas Médica*, 60(3), 1–11. <https://doi.org/10.11144/javeriana.umed60-3.fcde>
- Challis, B. H., Velichkovsky, B. M., & Craik, F. I. M. (1996). Levels-of-processing effects on a variety of memory tasks: New findings and theoretical implications. *Consciousness and cognition*, 5(1/2), 142–64. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8978528/>
- Charan, J., Kaur, R., Bhardwaj, P., Singh, K., Ambwani, S.R. & Misra, S. (2021). Cálculo del tamaño de la muestra en la investigación médica: Una introducción. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Médicas (India)*, 57 (74), 74–80. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1722104>
- Chen, B., Wang, M., He, Q., Wang, Y., Lai, X., Chen, H., & Li, M. (2022). Impact of frailty, mild cognitive impairment and cognitive frailty on adverse health outcomes among community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1009794>
- Choreño-Parra J.A., De la Rosa-Arredondo T., & Guadarrama-Ortíz P. (2020). Abordaje diagnóstico del paciente con deterioro cognitivo en el primer nivel de atención. *Medicina Interna de México*, 36(6), 807-824. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2020/mim206i.pdf>
- Chow, L. S., Gerszten, R. E., Taylor, J. M., Pedersen, B. K., van Praag, H., Trappe, S., Febbraio, M. A., Galis, Z. S., Gao, Y., Haus, J. M., Lanza, I. R., Lavie, C. J., Lee, C.-H., Lucia, A., Moro, C., Pandey, A., Robbins, J. M., Stanford, K. I., Thackray,

- A. E., ... Snyder, M. P. (2022). Exerkines in health, resilience and disease. *Nature Reviews. Endocrinology*, 18(5), 273–289.
<https://doi.org/10.1038/s41574-022-00641-2>
- Cigarroa, I., Ledezma-Dames, A., Sepúlveda-Martin, S., Zapata-Lamana, R., Leiva-Ordoñez, A. M., Concha-Cisternas, Y., & Reyes-Molina, D. (2021). Efectos de un programa de ejercicio multicomponente en personas mayores que viven en comunidad. *MediSur*, 19(4), 590-598.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2021000400590&lng=es&tlng=es.
- Cohen, R.A., Marsiske, M. M., & Smith, G.E. (2019). Neuropsychology of aging. *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier, (167), pp. 149–180.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804766-8.00010-8>
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales. (2019). CONOCER. *Estándar de competencia (Certificación EC1141)*.
<https://conocer.gob.mx/RENEC/controlador.do?comp=ESL>
- Consejo Nacional de Población. (30 de septiembre 2021). *Día Internacional de las Personas de Edad*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/conapo/articulos/dia-internacional-de-las-personas-de-edad-284170?idiom=es>
- Coutiño-Rodríguez, E. M. del R., Arroyo-Helguera, O. E., & Herbert-Doctor, L.A. (2020). Envejecimiento biológico: Una revisión biológica, evolutiva y energética. *Revista Fesahancccal*, 6(2), 20-31.
<https://www.revistafesahancccal.org/index.php/fesahancccal/article/view/54>

Covarrubias, J.S., Delgado, D., Estrada, Y., Estrada, A.L., Gervacio, F., López, E., Martínez, H., Reséndiz, H., & Orozco, G. (2023). Evidencias neuropsicológicas y conductuales de la vida adulta y la vejez. *Ciencia y Futuro*, 13(3), 527-547.

https://www.researchgate.net/publication/377657647_Evidencias_neuropsicologicas_y_conductuales_de_la_vida_adulta_y_vejez_Esau_Lopez_Oropeza_Hector_Resendiz_Fuentevilla

Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671–684.

[https://doi.org/10.1016/s0022-5371\(72\)80001-x](https://doi.org/10.1016/s0022-5371(72)80001-x)

Custodio, N., Herrera, E., Lira, D., Montesinos, R., Linares, J., & Bendezú, L. (2012).

Deterioro cognitivo leve: ¿dónde termina el envejecimiento normal y empieza la demencia? *Anales de la Facultad de Medicina (Lima, Perú: 1990)*, 73 (4), 321.

<https://doi.org/10.15381/anales.v73i4.1032>

D'Arcy, R. C. N., Greene, T., Greene, D., Frehlick, Z., Fickling, S. D., Campbell, N., Etheridge, T., Smith, C., Bollinger, F., Danilov, Y., Livingstone, A., Tannouri, P., Martin, P., & Lakhani, B. (2020). Portable neuromodulation induces neuroplasticity to re-activate motor function recovery from brain injury: a high-density MEG case study. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 17(1), 1-12.

<https://doi.org/10.1186/s12984-020-00772-5>

Da Silva, E. P., Da Silva Feltran, G., Santos, S. A. A. D., De Oliveira, R. C., Assis, R. I., Justulin, L. A., Junior, Andia, D. C., Zambuzzi, W. F., Latini, A., & Da Silva, R. A. F. (2023). Hyperglycemic microenvironment compromises the homeostasis of communication between the bone-brain axis by the epigenetic repression of the

- osteocalcin receptor, Gpr158 in the hippocampus. *Brain Research*, 1803(148234), 148234. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2023.148234>
- Dasso, N. A. (2019). How is exercise different from physical activity? A concept analysis: DASSO. *Nursing Forum*, 54(1), 45–52. <https://doi.org/10.1111/nuf.12296>
- De La Guardia-Gutiérrez, M. A., & Ruvalcaba-Ledezma, J. C. (2020). La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria. *Journal of negative & no positive results*, 5(1), 81–90. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2529-850X2020000100081
- De la Rosa, A., Olasso-González, G., Arc-Chagnaud, C., Millán, F., Salvador-Pascual, A., García-Lucerga, C., Blasco-Lafarga, C., García-Domínguez, E., Carretero, A., Correas, A. G., Viña, J., & Gómez-Cabrera, M. C. (2020). Physical exercise in the prevention and treatment of Alzheimer's disease. *Journal of Sport and Health Science*, 9(5), 394–404. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.01.004>
- Descriptores en Ciencias de la Salud/Medical Subject Headings. (1 de enero de 2023). *Colateral de Schafter*. (DeCS/MeSH). <https://decs.bvsalud.org/es/ths/resource/?id=60221#:~:text=Los%20colaterales%20de%20Schaffer%20son,NEURONAL%20relacionada%20con%20la%20actividad.&text=Nota%20de%20alcance-,La%20conexi%C3%B3n%20del%20ax%C3%B3n%20principal%20desde%20el%20C3%81REA%20DE%20C%3%89LULAS,PIRAMIDALES%20CA1%20en%20el%20HIPOCAMPO>
- Duarte-Ayala, R. E., & Velasco-Rojano, Á. E. (2022). Validación psicométrica del índice de Barthel en adultos mayores mexicanos. *Horizonte sanitario*, 21(1), 113-120.

<https://www.redalyc.org/journal/4578/457869056013/html/>

Duff, M. C., Covington, N. V., Hilverman, C., & Cohen, N. J. (2020). Semantic memory and the hippocampus: Revisiting, reaffirming, and extending the reach of their critical relationship. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00471>

Escurra-Mayaute, L. M. (1988). Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces. *Revista de psicología*, 6(1-2), 103-111.

<https://doi.org/10.18800/psico.198801-02.008>

Esparza-Camacho, T.I. (2022). *Educación con cerebro: Curso de Neuroeducación para Docentes de Nivel Medio Superior*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].

<https://repositorio.unam.mx/contenidos/educar-con-cerebro-curso-de-neuroeducacion-para-docentes-de-nivel-medio-superior-3554913>

Eysenck, M., & Brysbaert, M. (2022). *Fundamentos de Psicología Cognitiva*. Trillas.

Faria, A. da C. A., Martins, M. M., Laredo-Aguilera, J. A., Ventura-Silva, J. M. A., & Ribeiro, O. M. P. L. (2024). Development and validation of a game for older adults on lifestyles and frailty. *Nursing Reports*, 14(3), 2499-2512.

<https://doi.org/10.3390/nursrep14030184>

Field, A. (2018). *Descubriendo como usar estadística IBM SPSS Estadística* (5ª ed.).

EUA: SAGEPublicaciones.

Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., Burke, G., & McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology. Series A*,

- Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), 146–157.
<https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146>
- Fuster, J. M. (2019). The prefrontal cortex in the neurology clinic. *Handbook of Clinical Neurology*, 163, 3–15.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012804281600001X?via%3Dihub>
- Galicia-Alarcón, L. A., Balderrama-Trápaga, J. A., & Edel-Navarro, R. (2017). Content validity by experts judgment: Proposal for a virtual tool. *Apertura*, 9(2), 42–53.
<https://doi.org/10.32870/ap.v9n2.993>
- Garbey, Y., Gorguet, M.M., Batista, Y., & González, M. (2023). Deterioro cognitivo leve de tipo amnésico en ancianos de un área de salud. *MEDISAN*, 27(3) ,4564.
<https://medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/4564/pdf>
- Garcés-Vieira, M.V., & Suárez-Escudero, J.C. (2014). Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos. *Ces medicina*, 28 (1), 119–132.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052014000100010
- García-Ramos, R., Villanueva, C., del Val, J., & Matías-Guú, J. (2010). Apatía en la enfermedad de Parkinson. *Neurologia (Barcelona, Spain)*, 25(1), 40–50.
[https://doi.org/10.1016/s0213-4853\(10\)70021-9](https://doi.org/10.1016/s0213-4853(10)70021-9)
- García-Ribas, G., Marín, A.S., & Barreto, P.L. (2023). Tratamiento del deterioro cognitivo. *Medicine*, 13 (74), 4382–4394.
<https://doi.org/10.1016/j.med.2023.03.004>
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update* (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.

- Giarcosa, A. (2023). *Gestión de patrones de consumo alimentario para prevenir y controlar enfermedades no transmisibles en la provincia de Buenos Aires* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires Argentina]. Repositorio Institucional de la UNLP. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/162885>
- Gil, A., Calderón, J.P., & Alzamora, L. (2010). *Epidemiología y Estadística Aplicada a la Salud* (1ª ed.). LULU Internacional.
- Gil-Girbau, M., Pons-Vigués, M., Rubio-Valera, M., Murrugarra, G., Masluk, B., Rodríguez-Martín, B., García Pineda, A., Vidal Tomás, C., Conejo-Cerón, S., Recio, JI, Martínez, C., Pujol-Ribera, E., & Berenguera, A. (2021). Modelos teóricos de promoción de la salud en la práctica habitual en atención primaria de salud. *Gaceta sanitaria*, 35 (1), 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2019.06.011>
- Gómez, J., Curcio, C., Alvarado, B., Zunzunegui, M., & Guralnik, J. (2013). Validez y confiabilidad de la batería corta de desempeño físico (SPPB): Un estudio piloto sobre la movilidad en los Andes colombianos. <https://www.redalyc.org/journal/283/28328400006/>
- Góngora, J.L. (1991). Modulación neuronal por segundos mensajeros. El fosfatidil inositol. *Catálogo de Revistas de la UNAM*, 5,31-35. <https://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11178/10503>
- González, B., & Muñoz, E. (2008). *Estimulación de la memoria en personas mayores (síntesis gerontológica No. 8)*. Editorial Síntesis.
- González-Martínez, P., Oltra-Cucarella, J., Sitges-Maciá, E., & Bonete-López, B. (2021). Revisión y actualización de los criterios de deterioro cognitivo objetivo y su implicación en el deterioro cognitivo leve y la demencia. *Revista de neurología*, 72 (08), 288.

<https://doi.org/10.33588/rn.7208.2020626>

- Grant, J.S & Davis L. L. (1997). Selección y uso de expertos en contenido para el desarrollo de instrumentos. *Research in Nursing and Health*, 20 (3), 269-274. [10.1002/\(sici\)1098-240x\(199706\)20:3<269: aid-nur9>3.0.co;2-g](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-240x(199706)20:3<269:aid-nur9>3.0.co;2-g)
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology*, 49(2), 85–94. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.m85>
- Guzmán-Caballero, E.A., Álvarez-Hernández, H.J., & García-Rosete, M. (2022). Efectos de un programa de fortalecimiento físico en la condición funcional de adultos mayores. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6 (4), 3187–3199. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.282
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Análisis de datos multivariados* (8ª ed.). Cengage Learning.
- Hawley, J. A., Hargreaves, M., Joyner, M. J., & Zierath, J. R. (2014). Integrative biology of exercise. *Cell*, 159(4), 738–749. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.10.029>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Herrera, J. R. H., Calero-Ricardo, J. L., Rangel, M. Á. G., Ramos, M. I. C., & González, Y. T. (2022). El método de consulta a expertos en tres niveles de validación. *Revista habanera de ciencias médicas*, 21(1), 4711. <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4711>

- Hiam, D., Landen, S., Jacques, M., Voisin, S., Alvarez-Romero, J., Byrnes, E., Chubb, P., Lvinger, I., & Eynon, N. (2021). Osteocalcin and its forms respond similarly to exercise in males and females. *Bone*, *144*(115818), 115818.
<https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115818>
- Hyams, D. (1999). *CurveExpert Basic 1.4* [Software]. Desarrollo Hyams.
<https://www.curveexpert.net/download/>
- Instituto de Salud para el Bienestar. (18 de Junio del 2021). *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*.
<https://www.gob.mx/insabi/prensa/reglamentos-de-la-ley-general-de-salud-275018?idiom=es>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2012). *Diagnóstico y Tratamiento del Deterioro Cognoscitivo en el Adulto Mayor en el Primer Nivel de Atención*. Dirección de Prestaciones Médicas.
<https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/144GRR.pdf>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (Febrero 2023). *Política Institucional para la Atención de la Salud de los Grupos en Situación de Vulnerabilidad con enfoque en Derechos Humanos y perspectiva de género*.
<https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/profesionalesSalud/investigacionSalud/historico/programas/01-politica-institucional-gsv.pdf>
- Instituto Nacional de Geriátría. (2024). *Estándares de competencia de la geriatría. Aplicación de programas individuales de actividad Física multicomponente para personas mayores*. Certificación EC1141, Licencia CCBY-NC-SA 4.0, ECE313-17. INGER.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/907717/Estandares Competencias
_INGER2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/907717/Estandares_Competencias_INGER2024.pdf)

- Izquierdo, M., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferrares, F., Martínez-Velilla, N., Alonso-Bouzón, C., & Rodríguez-Mañas, L. (2017). *Programa multicomponente de ejercicio Físico para la prevención de la fragilidad y el riesgo de caídas*. Erasmus+Programe of the Union European. <https://vivifrail.com/es/inicio/>
- Jensen, C. S., Bahl, J. M., Ostergaard, L. B., Høgh, P., Wermuth, L., Heslegrave, A., Zetterberg, H., Heegaard, N. H. H., Hasselbalch, S. G., & Simonsen, A. H. (2019). Exercise as a potential modulator of inflammation in patients with Alzheimer's disease measured in cerebrospinal fluid and plasma. *Experimental Gerontology*, *121*, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.04.003>
- Jeong, M.-K., Park, K.-W., Ryu, J.-K., Kim, G.-M., Jung, H.-H., & Park, H. (2021). Multi-component intervention program on habitual physical activity parameters and cognitive function in patients with mild cognitive impairment: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(12), 6240. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126240>
- Kandel, E. (2019). *La nueva biología de la mente*. Paidós Ibérica.
- Kandel, E.R., Koester, J.D., Mack, S.H., & Siegelbaum, S.A. (2021). *Principles of Neural Science*. McGraw Hill. <https://neurology.mhmedical.com/book.aspx?bookid=3024>
- Kang, Y., Yao, J., Gao, X., Zhong, H., Song, Y., Di, X., Feng, Z., Xie, L., & Zhang, J. (2023). Exercise ameliorates anxious behavior and promotes neuroprotection through osteocalcin in VCD-induced menopausal mice. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, *29*(12), 3980–3994. <https://doi.org/10.1111/cns.14324>

- Karsenty, G. (2017). Update on the biology of osteocalcin. *Endocrine Practice: Official Journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*, 23(10), 1270–1274. <https://doi.org/10.4158/ep171966.ra>
- Kasai M., Meguro K., & Nakamura K. (2014). Fiabilidad y validez de la versión japonesa de la Escala de Evaluación de Apatía. *Nihon Ronen Igakkai zasshi. Revista Japonesa de Geriátria*, 51 (5), 445–452. <https://doi.org/10.3143/geriatrics.51.445>
- Kasper, S., Bancher, C., Eckert, A., Förstl, H., Frölich, L., Hort, J., Korczyn, A. D., Kressig, R. W., Levin, O., & Palomo, M. S. M. (2020). Management of mild cognitive impairment (MCI): The need for national and international guidelines. *The World Journal of Biological Psychiatry: The Official Journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry*, 21(8), 579–594. <https://doi.org/10.1080/15622975.2019.1696473>
- Kelly, P. J., Hopper, J. L., Macaskill, G. T., Pocock, N. A., Sambrook, P. N., & Eisman, J. A. (1991). Genetic factors in bone turnover. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 72(4), 808–813. <https://doi.org/10.1210/jcem-72-4-808>
- Khrimian, L., Obri, A., Ramos-Brossier, M., Rousseaud, A., Moriceau, S., Nicot, A.-S., Mera, P., Kosmidis, S., Karnavas, T., Saudou, F., Gao, X.-B., Oury, F., Kandel, E., & Karsenty, G. (2017). Gpr158 mediates osteocalcin's regulation of cognition. *The Journal of Experimental Medicine*, 214(10), 2859–2873. <https://doi.org/10.1084/jem.20171320>
- Kim, S. M., Ganguli, S., & Frank, L. M. (2012). Spatial information outflow from the hippocampal circuit: Distributed spatial coding and phase precession in the subiculum. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 32(34), 11539–11558.

<https://doi.org/10.1523/jneurosci.5942-11.2012>

Kohrt, W. M., Malley, M. T., Coggan, A. R., Spina, R. J., Ogawa, T., Ehsani, A. A., Bourey, R. E., Martin, W. H., & Holloszy, J. O. (1991). Effects of gender, age, and fitness level on response of VO₂max to training in 60-71 years old. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 71(5), 2004–2011.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.5.2004>

Kortas, J., Ziemann, E., & Antosiewicz, J. (2020). Effect of HFE gene mutation on changes in iron metabolism induced by Nordic walking in elderly women. *Clinical Interventions in Aging*, 15, 663–671. <https://doi.org/10.3390/nu12041129>

Kosmidis, S., Polyzos, A., Harvey, L., Youssef, M., Denny, C. A., Dranovsky, A., & Kandel, E. R. (2018). RbAp48 protein is a critical component of GPR158/OCN signaling and ameliorates age-related memory loss. *Cell Reports*, 25(4), 959-973. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2018.09.077>

Kropacova, S., Mitterova, K., Klobusiakova, P., Brabenec, L., Anderkova, L., Nemcova-Elfmarkova, N., Balazova, Z., Rektor, I., Grmela, R., Svobodová, L., Vaculikova, P., & Rektorova, I. (2019). Cognitive effects of dance-movement intervention in a mixed group of seniors are not dependent on hippocampal atrophy. *Journal of Neural Transmission (Vienna, Austria)*, 126(11), 1455–1463. <https://doi.org/10.1007/s00702-019-02068-y>

Law, L. L. F., Mok, V. C. T., Yau, M. K. S., & Fong, K. N. K. (2022). Effects of functional task exercise on everyday problem-solving ability and functional status in older adults with mild cognitive impairment—a randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 51(1). <https://doi.org/10.1093/ageing/afab210>

- Leavell, H., & Clark, E.G. (1965). *Preventive medicine for the doctor in his community*. McGraw- Hill.
- Lee, J. H., & Jun, H. (2019). Role of myokines in regulating skeletal muscle mass and function. *Frontiers in physiology, 10*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00042>
- Lee, J., & Kim, H.-J. (2022). Normal aging induces changes in the brain and neurodegeneration progress: Review of the structural, biochemical, metabolic, cellular, and molecular changes. *Frontiers in aging neuroscience, 14*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.931536>
- Lee, T. H., Formolo, D. A., Kong, T., Lau, S. W., Ho, C. S., Leung, R. Y. H., Hung, F. H., & Yau, S. (2019). Potential exerkines for physical exercise-elicited pro-cognitive effects: Insight from clinical and animal research. *International Review of Neurobiology, 147*, (361–395). <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.002>
- Lemmel, I. (2024). *Las hormonas de la felicidad*. Amat Editorial.
- Li, L., Liu, M., Zeng, H., & Pan, L. (2021). Multi-component exercise training improves the physical and cognitive function of the elderly with mild cognitive impairment: a six-month randomized controlled trial. *Annals of palliative medicine, 10*(8), 8919–8929. <https://doi.org/10.21037/apm-21-1809>
- Liang, D., Elwell, A. L., Aygün, N., Krupa, O., Wolter, J. M., Kyere, F. A., Lafferty, M. J., Cheek, K. E., Courtney, K. P., Yusupova, M., Garrett, M. E., Ashley-Koch, A., Crawford, G. E., Love, M. I., de la Torre-Ubieta, L., Geschwind, D. H., & Stein, J. L. (2021). Cell-type-specific effects of genetic variation on chromatin accessibility during human neuronal differentiation. *Nature Neuroscience, 24*(7), 941–953. <https://doi.org/10.1038/s41593-021-00858-w>

- Liu, M., Li, J., Li, J., Yang, H., Yao, Q., Zheng, X., Zhang, Z., & Qin, J. (2022). Altered spontaneous brain activity in patients with diabetic osteoporosis using regional homogeneity: A resting-state functional magnetic resonance imaging study. *Frontiers in aging neuroscience, 14*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.851929>
- López-Nolasco, B., Austria-Reyes, A., Santander-Hernández, J. J., Maya-Sánchez, A., & Cano-Estrada, E. A. (2021). Nivel de deterioro cognitivo del adulto mayor de la comunidad de Tlahuelilpan, Hidalgo, México. *Revista de Enfermería Neurológica, 20*(1). <https://doi.org/10.51422/ren.v20i1.324>
- López-Pérez, S. J., Bernardo-Cervantes, A. G., Cervantes- Gómez, A., & Aranda-Zuno, E. A. (2022). La memoria: desde su formación hasta su pérdida. *e-CUCBA, 10*(19), 252–261. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi19.284>
- Machts, J., Keute, M., Kaufmann, J., Schreiber, S., Kasper, E., Petri, S., Prudlo, J., Vielhaber, S., & Schoenfeld, M. A. (2021). Longitudinal clinical and neuroanatomical correlates of memory impairment in motor neuron disease. *NeuroImage Clinical, 29*(102545). <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102545>
- Maecha-Matsudo, S. M. (2021). Poder del músculo esquelético en la salud y enfermedad. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo, 4*(4), 56–70. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n4.288>
- Maestre-Camberos, D.I., Mora-Mora, E., Pinto-Ramírez, S., & Andrade-Valbuena, L.P. (2020). Revisión Sistemática: Implicaciones de la Memoria de Trabajo en el

- neurodesarrollo y el aprendizaje. *Revista Iberoamericana de la Educación*, 3(4).
<https://doi.org/10.31876/ie.v3i4.52>
- Mahoney, F.I., & Barthel, D. (1965). Functional evaluation: The Barthel Index. *Md Med*. 14, 56-61. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14258950/>
- Malpetti, M., Cope, T. E., Street, D., Jones, P. S., Hezemans, F. H., Mak, E., Tsvetanov, K. A., Rittman, T., Bevan-Jones, W. R., Patterson, K., Passamonti, L., Fryer, T. D., Hong, Y. T., Aigbirhio, F. I., O'Brien, J. T., & Rowe, J. B. (2023). Microglial activation in the frontal cortex predicts cognitive decline in frontotemporal dementia. *Brain: A Journal of Neurology*, 146(8), 3221–3231.
<https://doi.org/10.1093/brain/awad078>
- Manchola-González, J., Bagur-Calafat, C., & Girabent- Farrés, M. (2017). Fiabilidad de la versión española del cuestionario de actividad física Paq-c. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 17(65), 139-152.
<https://www.redalyc.org/pdf/542/54250121009.pdf>
- Manrique, M.S. (2020). Tipología de procesos cognitivos. Una herramienta para el análisis de situaciones de enseñanza. *Revista de educación*, 29(57), 163-185.
<https://dx.doi.org/10.18800/educacion.202002.008>
- Martín Conejero, A., & Alonso García, M. (2024). Metodología científica. Estudios analíticos experimentales. El ensayo clínico. *Angiología*.
<https://doi.org/10.20960/angiologia.00545>
- Martínez-Ezquerro, J. D., Ruiz-Cejudo, S. M., Bustamante-Fuentes, A., Díaz-Badillo, Á., García-Oropesa, E. M., López-Sosa, E. B., Martínez-López, Y. E., Moctezuma-Chávez, Ó. O., Nava-González, E. J., Perales-Torres, A. L., Pérez-Navarro, L. M.,

- Rosas-Díaz, M., López-Alvarenga, J. C., & Síntevi, G. (2020). Consenso experto en tiempos de COVID-19: aplicaciones del método Delphi en materia de salud. *Cirugía y cirujanos*, 89(1). <https://doi.org/10.24875/CIRU.20000936>
- Martínez-Velilla, N., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Sáez de Asteasu, M. L., Lucia, A., Galbete, A., García-Baztán, A., Alonso-Renedo, J., González-Glaría, B., Gonzalo-Lázaro, M., Apezteguía Iráizoz, I., Gutiérrez-Valencia, M., Rodríguez-Mañas, L., & Izquierdo, M. (2019). Effect of exercise intervention on functional decline in very elderly patients during acute hospitalization: A randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*, 179(1), 28-36. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.4869>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 38-47. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412018000100038
- Matos-Duarte, M., & Berlanga, L.A. (2019) Efectos del ejercicio sobre la flexibilidad en personas mayores de 65 años. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 20(80), 611-622. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista80/artefectos1197.htm>
- Mayor, J.A. (2009). *Muestreo Estadístico I*. [Diplomado de Estadística, Universidad de Sevilla]. <https://personal.us.es/jmayor/ficheros/me104.pdf>
- Medina-Blanco, R. I., Jiménez-Cruz, A., Pérez-Morales, M. E., Armendáriz-Anguiano, A. L., & Bacardí-Gascón, M. (2011). Programas de intervención para la promoción de actividad física en niños escolares: revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*,

26(2), 265-270. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000200004

Menéndez-González, L., Izaguirre-Riesgo, A., Tranche-Iparraguirre, S., Montero-Rodríguez, Á., & Orts-Cortés, M. I. (2021). Prevalencia y factores asociados de fragilidad en adultos mayores de 70 años en la comunidad. *Atención primaria*, 53(10), 102128. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102128>

Mera, P., Laue, K., Ferron, M., Confavreux, C., Wei, J., Galán-Díez, M., Lacampagne, A., Mitchell, S. J., Mattison, J. A., Chen, Y., Bacchetta, J., Szulc, P., Kitsis, R. N., de Cabo, R., Friedman, R. A., Torsitano, C., McGraw, T. E., Puchowicz, M., Kurland, I., & Karsenty, G. (2016). Osteocalcin signaling in myofibers is necessary and sufficient for optimum adaptation to exercise. *Cell Metabolism*, 23(6), 1078–1092. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.05.004>

Mías, C. D., Sassi, M., Masih, M. E., Querejeta, A., & Krawchik, R. (2007). Deterioro cognitivo leve: estudio de prevalencia y factores sociodemográficos en la ciudad de Córdoba, Argentina. *Revista de Neurología*, 44(12), 733. <https://doi.org/10.33588/rn.4412.2006206>

Milner, B., & Klein, D. (2016). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions: memory and memories-looking back and looking forward. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 87(3), 230. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2015-311092>

Miranda-Aguilar, D., Valdés-Badilla, P., Herrera-Valenzuela, T., Guzmán-Muñoz, E., Magnani Branco, B. H., Méndez-Rebolledo, G., & López-Fuenzalida, A. (2020). ¿Bandas elásticas o equipos de gimnasio para el entrenamiento de adultos mayores? (Elastic bands or gym equipment for the training of older adults?). *Retos digital*, 37, 370–378. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.73009>

- Miyamura, K., Fhon, J. R. S., Bueno, A. de A., Fuentes-Neira, W. L., Silveira, R. C. de C. P., & Rodrigues, R. A. P. (2019). Frailty syndrome and cognitive impairment in older adults: systematic review of the literature. *Revista latino-americana de enfermagem*, 27. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3189.3202>
- Mizokami, A., Kawakubo-Yasukochi, T., & Hirata, M. (2017). Osteocalcin and its endocrine functions. *Biochemical Pharmacology*, 132, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.02.001>
- Mohammad-Rahimi, G. R., Bijeh, N., & Rashidlamir, A. (2020). Effects of exercise training on serum preptin, undercarboxylated osteocalcin and high molecular weight adiponectin in adults with metabolic syndrome. *Experimental Physiology*, 105(3), 449–459. <https://doi.org/10.1113/ep088036>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Molina-Calle, C.V., & Ramírez-Coronel, A.A. (2023). Propiedades psicométricas de la escala de depresión geriátrica: revisión sistemática. *ConcienciaDigital*, 6 (1.1), 89–104. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.1.2479>
- Molina, M., & Ochoa, C. (2014). Ensayo clínico (I). Definición. Tipos. Estudios cuasiexperimentales. *Evidencias Pediátricas*, 10(3). <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/6564/ensayo-clinico-i-definicion-tipos-estudios-cuasiexperimentales>
- Montealegre-Lobo, I. (2020). Beneficios del ejercicio en el envejecimiento y patologías

- asociadas. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*, 4(6), 87-93.
<https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v4i6.236>
- Montero, I., & León, O. G. (2002). Clasificación y descripción de las metodologías de investigación en psicología. *Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud*. 2(3), 503–508. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33720308>
- Montero, L. D., Palau, F. G., & Cáceres, M. (2017). Indicadores cognitivos en pruebas de memoria verbal: prevalencia en población con diferentes perfiles de deterioro cognitivo. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 9(1) 56-64.
https://neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/317
- Mukadam, N. (2018). Improving the diagnosis and prediction of progression in mild cognitive impairment. *International Psychogeriatric*, 30(10), 1419–1421.
<https://doi.org/10.1017/s1041610218001692>
- Muñiz, J., Fonseca-Pedrero, E., & García-Cueto, E. (2017). *Medición de variables psicológicas: aspectos psicométricos*. En E. G. Salgado (Coord.), *Fundamentos de investigación en psicología*. Pirámide.
- Nakamura, M., Imaoka, M., & Takeda, M. (2020). Interaction of bone and brain: osteocalcin and cognition. *The International Journal of Neuroscience*, 131(11), 1115–1123. <https://doi.org/10.1080/00207454.2020.1770247>
- Nakamura, M., Imaoka, M., Hashizume, H., Tazaki, F., Nakao, H., Hida, M., Omizu, T., Kanemoto, H., Kamei, I., & Takeda, M. (2021). Association between cognitive decline and decreased serum osteocalcin levels in community-dwelling older people. *Cognition & Rehabilitation*, 2(1), 20-26.
<https://kawasakigakuen.repo.nii.ac.jp/record/329/files/C%202-020-026.pdf>

- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, *53*(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Nicolini, C., Michalski, B., Toepp, S. L., Turco, C. V., D’Hoine, T., Harasym, D., Gibala, M. J., Fahnestock, M., & Nelson, A. J. (2020). A single bout of high-intensity interval exercise increases corticospinal excitability, brain-derived neurotrophic factor, and uncarboxylated osteocalcin in sedentary, healthy males. *Neuroscience*, *437*, 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.03.042>
- Noor, S., Tajik, O., & Golzar, J. (2022). Simple Random Sampling. *International Journal of Education & Language Studies*, *1*(2), 78-82. https://www.researchgate.net/publication/366390022_Simple_Random_Sampling
- Norma internacional para el registro, la notificación, el análisis, la interpretación y la comparación sistemática de los datos de mortalidad y morbilidad, versión 11. (2023). *Para estadísticas de mortalidad y morbilidad*. CIE-11. <https://icd.who.int/es>
- Northey, J. M., Rattray, B., Pumpa, K. L., Pryor, D. J., Fraser, M. A., Shaw, M. E., Anstey, K. J., & Cherbuin, N. (2020). Objectively measured physical activity is associated with dorsolateral prefrontal cortex volume in older adults. *NeuroImage*, *221*(117150), 117150. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117150>

- Oldknow, K. J., MacRae, V. E., & Farquharson, C. (2015). Endocrine role of bone: recent and emerging perspectives beyond osteocalcin. *The journal of endocrinology*, 225(1), 1–19. <https://doi.org/10.1530/JOE-14-0584>
- Olivares, J.D., Juárez, E., & García, F. (2015). El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje. *Rev.Med.UV*. <https://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2015/muv151c.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2023). *ONU | Informe Social Mundial 2023: No dejar a nadie atrás en un mundo que envejece*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://iberoamericamayores.org/2023/02/18/onu-informe-social-mundial-2023-no-dejar-a-nadie-atras-en-un-mundo-que-envejece/>
- Organización Mundial de la Salud. (25 de noviembre del 2020). *Cada movimiento cuenta para mejorar la salud-dice la OMS*. <https://www.who.int/es/news/item/25-11-2020-every-move-counts-towards-better-health-says-who>
- Organización Panamericana de la Salud. (2023). *Depresión*. <https://www.paho.org/es/temas/depresion>
- Ortiz-Reyes, G. M., Pérez-Pérez, D. F., Muyulema-Moyolema, D. D. R., & Córdova-Velasco, L. E. (2021). Ejercicios de equilibrio y coordinación en el adulto mayor con riesgo de caída. *Mediciencias UTA*, 5(4), 75–81. <https://doi.org/10.31243/mdc.uta.v5i4.1.1133.2021>
- Ostrosky-Solís, F., Ardila, A., & Rosselli, M. (1999). NEUROPSI: A brief neuropsychological test battery in Spanish with norms by age and educational

- level. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 5(5), 413–433. <https://doi.org/10.1017/s1355617799555045>
- Ostrosky-Solís, F., Gómez, E.M., Matute, E., Roselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2019). *Neuropsi: atención y memoria*. Manual Moderno.
- Ostrosky-Solís, F., Gómez-Pérez, E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Pineda, D. (2007). *NEUROPSI Atención y Memoria: Una evaluación neuropsicológica breve en español*. El Manual Moderno.
- Otero-Montolo, T., & Durán-Bouza, M. (2023). Síndrome de fragilidad física y desempeño lingüístico en adultos mayores: Un estudio exploratorio. *Revista de investigación en Logopedia*, 2(13), 112-123. <https://dx.doi.org/10.5209/rlog.84794>
- Oury, F., Ferron, M., Huizhen, W., Confavreux, C., Xu, L., Lacombe, J., Srinivas, P., Chamouni, A., Lugani, F., Lejeune, H., Kumar, T. R., Plotton, I., & Karsenty, G. (2013). Osteocalcin regulates murine and human fertility through a pancreas-bone-testis axis. *The Journal of Clinical Investigation*, 123(6), 2421–2433. <https://doi.org/10.1172/jci65952>
- Parker, L., Shaw, C. S., Byrnes, E., Stepto, N. K., & Levinger, I. (2019). Acute continuous moderate-intensity exercise, but not low-volume high-intensity interval exercise, attenuates postprandial suppression of circulating osteocalcin in young overweight and obese adults. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 30(2), 403–410. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4719-y>
- Pascual, J., De Pablo, I., Gálvez, M.Á., & Hernández, D. (2005). El ensayo clínico (I):

conceptos generales. *Nefrología*, 25(5), 493-499.

<https://www.revistanefrologia.com/es-el-ensayo-clinico-i-conceptos-articulo-X0211699505018968>

Pascual-Leone, A., Tarazona, A., & Sanfeliu, J. M. (2005). *Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología*. Psicothema.

Penfield, R.D., & Giacobbi, P. R., Jr. (2004). Applying a score confidence interval to aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213–225. https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0804_3

PEDro. (12 septiembre 2020). *Escala PEDro*. PEDro - Physiotherapy Evidence Database. <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>

Pérez-García, L., Herrera-González, N., Herrera-Olvera, I., Guerrero-González, A., & Albavera-Muñoz, E. (2023). Deterioro cognitivo y fragilidad física en adultos mayores de la UMF N. 75 Nezahualcóyotl. *Revista del Instituto de salud del estado de México*, 2(1), 9-12.

<https://revistaisem.edomex.gob.mx/index.php/inveclimex/article/view/129>

Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: Clinical characterization and outcome. *Archives of Neurology*, 56(3), 303. <https://doi.org/10.1001/archneur.56.3.303>

Pi, M., Nishimoto, S. K., & Quarles, L. D. (2017). GPRC6A: Jack of all metabolism (or master of none). *Molecular Metabolism*, 6(2), 185-193.

<https://doi.org/10.1016/j.molmet.2016.12.006>

- Pinzón-Ríos, I. D., & Moreno-Collazos, J. E. (2020). Envejecimiento neural, plasticidad cerebral y Ejercicio: Avances desde la óptica de Fisioterapia. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 20(1), 188–202. <https://doi.org/10.30554/archmed.20.1.3459.2020>
- Plaza-Carmona, M., Requena-Hernández, C., & Jiménez-Mola, S. (2022). El ejercicio físico multicomponente como herramienta de mejora de la fragilidad en personas mayores. *Gerokomos*, 33(1), 16–20. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2022000100005
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “Up & go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Poirier, G., Ohayon, A., Juranville, A., Mourey, F., & Gaveau, J. (2021). Deterioration, compensation and motor control processes in healthy aging, mild cognitive impairment and Alzheimer’s disease. *Geriatrics*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.3390/geriatrics6010033>
- Quero-Virla, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 2(12), 248-252. <https://www.redalyc.org/pdf/993/99315569010.pdf>
- Quintana, J. A. (2022). *Rol de la región locomotora del mesencéfalo en los trastornos de la marcha asociados a la enfermedad de Parkinson*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires]. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/17415>
- Quiñones-Bermúdez, S. (2023). Evaluación neuropsicológica de la memoria episódica. *Edupsykhé. Revista de Psicología y Educación*, 20(2), 24–55. <https://doi.org/10.57087/edupsykhe.v20i2.4551>

- Ramos-Cordero, P., & Yubero, R. (2016). Tratamiento no farmacológico del deterioro cognitivo. *Revista española de geriatría y gerontología*, 51, 12–21.
[https://doi.org/10.1016/s0211-139x\(16\)30138-x](https://doi.org/10.1016/s0211-139x(16)30138-x)
- Rebelos, E., Rinne, J. O., Nuutila, P., & Ekblad, L. L. (2021). Brain Glucose Metabolism in Health, Obesity, and Cognitive Decline: Does Insulin Have Anything to Do with It? A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(7), 1532.
<https://doi.org/10.3390/jcm10071532>
- Rico-Gallegos, C., Carrillo-Sánchez, J.L., Vargas-Esparza, G., & Poblete-Valderrama, F. (2020). Programa de intervención basado en VIVIFRAIL para mejorar la funcionalidad de adultos mayores. *Revista Peruana de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte: RPCAFD*, 7(3), 50-56
<https://rpcafd.com/index.php/rpcafd/article/view/101/154>
- Rico-Rosillo, M. G., & Vega-Robledo, G. B. (2021). Hueso: alteraciones relacionadas con obesidad. *Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 64(1), 7–16.
<https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2021.64.1.02>
- Rodríguez-García, P.L., & Rodríguez-Pupo, L. (1999). Principios técnicos para realizar la anamnesis en el paciente adulto. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 15(4), 409-414.
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21251999000400011&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21251999000400011&lng=es&tlng=es)
- Rodríguez-Medina, M.A., Poblano-Ojinaga, E.R., Alvarado-Tarango, L., González-Torres, A., & Rodríguez-Borbón, M.I. (2021). Validación por juicio de expertos de un instrumento de evaluación para evidencias de aprendizaje conceptual. *RIDE revista*

iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo, 11 (22).

<https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.960>

Rojas-Zepeda, C., López-Espinoza, M., Cabezas-Araneda, B., Castillo-Fuentes, J.

Márquez-Prado, M., Toro-Pedrerros, S., & Vera-Muñoz, M. (2021). Factores de riesgo sociodemográficos y mórbidos asociados a deterioro cognitivo leve en adultos mayores. *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 15(2), 43-56.

<https://cnps.cl/index.php/cnps/article/viewFile/464/535>

Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal.

Revista Enfermería del Trabajo, 6(3), 105-114.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>

Ross, R. D., Olali, A. Z., Shi, Q., Hoover, D. R., Sharma, A., Weber, K. M., French, A. L.,

McKay, H., Tien, P. C., Yin, M. T., & Rubin, L. H. (2022). Brief report: Undercarboxylated osteocalcin is associated with cognition in women with and without HIV. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes JAIDS*, 91(2),

162–167. <https://doi.org/10.1097/qai.0000000000003043>

Rostamizadeh, M., Elmieh, A., & Rahmani nia, F. (2019). The Effect of Aerobic and

Resistance Exercises on Serum Osteocalcin levels, Insulin Resistance and Pancreas Beta Cell Function in Overweight Men: A Clinical Trial. *JRUMS*, 18 (1), 55-70.

<http://journal.rums.ac.ir/article-1-4420-en.html>

Rubert, M., & De la Piedra, C. (2020). La osteocalcina: de marcador de formación ósea a

hormona; y el hueso, un órgano endocrino. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 12(4), 146–151. <https://doi.org/10.4321/s1889-836x2020000400007>

Ruiz-Tagle, C., Góngora, B., Ortega, A., Bello-Lepe, S., González-Hidalgo, C., Rohde, G., Iturrieta, I., Osorio, M., & Cáseres, A. (2021). Efecto de una intervención no farmacológica multidimensional en un grupo de personas con deterioro cognitivo leve. *Revista Médica de Chile*, *149*(11), 1569–1578.

<https://doi.org/10.4067/s0034-98872021001101569>

Sadowska-Krępa, E., Rzetecki, A., Zając-Gawlak, I., Nawrat-Szołtysik, A., Rozpara, M., Mikul'áková, W., Stanek, A., & Pałka, T. (2023). Comparison of selected prooxidant-antioxidant balance and bone metabolism indicators and BDNF levels between older women with different levels of physical activity. *BMC Geriatrics*, *23*(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-023-04205-5>

Safiri, S., Ghaffari Jolfayi, A., Fazlollahi, A., Morsali, S., Sarkesh, A., Daei Sorkhabi, A., Golabi, B., Aletaha, R., Motlagh Asghari, K., Hamidi, S., Mousavi, S. E., Jamalkhani, S., Karamzad, N., Shamekh, A., Mohammadinasab, R., Sullman, M. J., Şahin, F., & Kolahi, A.A. (2024). Alzheimer's disease: a comprehensive review of epidemiology, risk factors, symptoms diagnosis, management, caregiving, advanced treatments and associated challenges. *Frontiers in Medicine*, *11*, 1474043. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1474043>

Saldaña, M. (2016). Prueba de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del trabajo*, *6*(3), 105-114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>

Salgado-Cedano, Y.K., Andrade-Palos, P., Hernández-Galván, A., López-Fuentes, NIG-A., Díaz-Loving, R., & Velasco-Rojano, Á. E. (2024). Validación de la Escala de

- Depresión Geriátrica de Yesavage en adultos mayores mexicanos. *Informes psicológicos*, 24 (1). <https://doi.org/10.18566/infpsic.v24n1a08>
- Salinas-Rodríguez, A., Manrique-Espinoza, B., Acosta-Castillo, G.I., Franco-Núñez, A., Rosas-Carrasco, O., Gutiérrez-Robledo, L.M., & Sosa-Ortiz, A.L. (2014). Validación de un punto de corte para la versión breve de la Escala de Depresión del Centro de Estudios Epidemiológicos en adultos mayores mexicanos. *Salud Pública de México*, 56(3), 279-285. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342014000300014&lng=es&tlng=es
- Sánchez-Maldonado, C.F. (2022). *Efecto del ejercicio en el número y la morfología de los astrocitos del giro dentado y el área CA1 del hipocampo*. [Tesis de Maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]. <https://repositorio.cinvestav.mx/handle/cinvestav/3840>
- Sánchez-Nieto, J. M., & Mendoza-Núñez, V. M. (2021). Prevalencia de probable deterioro cognitivo en adultos mayores de una población mexicana utilizando el MMSE y el MoCA. *Gerokomos*, 32(3), 168–171. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2021000400007
- Sánchez-Sánchez, J. L., de Souto Barreto, P., Antón-Rodrigo, I., Ramón-Espinoza, F., Marín-Epelde, I., Sánchez-Latorre, M., Moral-Cuesta, D., & Casas-Herrero, Á. (2022). Effects of a 12-week Vivifrail exercise program on intrinsic capacity among frail cognitively impaired community-dwelling older adults: secondary analysis of a multicentre randomised clinical trial. *Age and Ageing*, 51(12). <https://doi.org/10.1093/ageing/afac303>

- Serra-Prat, M., Sist, X., Domenich, R., Jurado, L., Saiz, A., Rocés, A., Palomera, E., Tarradellas, M., & Papiol, M. (2017). Effectiveness of an intervention to prevent frailty in pre-frail community-dwelling older people consulting in primary care: a randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 3(46), 401-407. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw242>
- Shan, C., Ghosh, A., Guo, X., Wang, S., Hou, Y., Li, S., & Liu, J. (2019). Roles for osteocalcin in brain signalling: implications in cognition- and motor-related disorders. *Molecular Brain*, 12(1), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s13041-019-0444-5>
- Shah, V.N., Qui, S., Stoneback, J., Qamar, L., Ferguson, V.L., Kohrt, W.M., Snell-Bergeon, J.K. & Rao, S.D. (2023). Estructura y recambio óseo en mujeres posmenopáusicas con diabetes tipo 1 de larga evolución. *JBMR Plus*, 7(11), e10831. <https://doi.org/10.1002/jbm4.10831>
- Sheikh, J.L., & Yesavage J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS), recent evidence and development of a shorter version. *Clin Gerontol*, 5(1), 165-72. https://doi.org/10.1300/J018v05n01_09
- Shin, S., & Nam, H.Y. (2023). Effect of obesity and osteocalcin on brain glucose metabolism in healthy participants. *Brain Sciences*, 13(6), 889. <https://doi.org/10.3390/brainsci13060889>
- Singh, M., Spertus, J. A., Gharacholou, S. M., Arora, R. C., Widmer, R. J., Kanwar, A., Sanjanwala, R. M., Welle, G. A., & Al-Hijji, M. A. (2020). Comprehensive geriatric assessment in the management of older patients with cardiovascular disease. *Mayo Clinic Proceedings*. *Mayo Clinic*, 95(6), 1231–1252. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.09.003>

- Siteneski, A., Sánchez García, J. A., & Olescowicz, G. (2020). Neurogénesis Y Ejercicios Físicos: Una Actualización. *Revista ecuatoriana de neurología*, 29(1), 125–136. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-25812020000100125
- Skoog, D. A., West, D.M., Holler, F.J. & Crouch, S.R. (2014) *Fundamentos de Química Analítica* (9ª ed.). Cengage Learning.
- Slotnick, S. D. (2022). The hippocampus and long-term memory. *Cognitive Neuroscience*, 13(3–4), 113–114. <https://doi.org/10.1080/17588928.2022.2128736>
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2004.06.005>
- Squire, L. R., & Kandel, E. R. (2009). *Memory: From Mind to Molecules* (2nd ed.). Roberts and Company Publishers.
- Smith, C., Lewis, J. R., Sim, M., Lim, W. H., Lim, E. M., Blekkenhorst, L. C., Brennan-Speranza, T. C., Adams, L., Byrnes, E., Duque, G., Levinger, I., & Prince, R. L. (2020). Higher undercarboxylated to total osteocalcin ratio is associated with reduced physical function and increased 15-year falls-related hospitalizations: The Perth Longitudinal Study of Aging Women. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 36(3), 523–530. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4208>
- Starkstein, S. E., Mayberg, H. S., Preziosi, T. J., Andrezejewski, P., Leiguarda, R., & Robinson, R. G. (1992). Reliability, validity, and clinical correlates of apathy in

- Parkinson's disease. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 4(2), 134–139. <https://doi.org/10.1176/jnp.4.2.134>
- Suzuki, T., Sato, T., & Ichikawa, H. (2012). Osteocalcin- and osteopontin-containing neurons in the rat hind brain. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 32(8), 1265– 1273. <https://doi.org/10.1007/s10571-012-9851-1>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using Multivariate Statistics* (7^a ed.). Pearson.
- Takada, L. T., Caramelli, P., Fichman, H. C., Porto, C. S., Bahia, V. S., Anghinah, R., Carthery-Goulart, M. T., Radanovic, M., Smid, J., Herrera, E., Jr, & Nitrini, R. (2006). Comparison between two tests of delayed recall for the diagnosis of dementia. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 64(1), 35–40. <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2006000100008>
- Tian, Q., Williams, O. A., Landman, B. A., Resnick, S. M., & Ferrucci, L. (2020). Microstructural neuroimaging of frailty in cognitively normal older adults. *Frontiers in medicine*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.546344>
- Thomas, B. P., Tarumi, T., Sheng, M., Tseng, B., Womack, K. B., Cullum, C. M., Rypma, B., Zhang, R., & Lu, H. (2020). Brain perfusion change in patients with mild cognitive impairment after 12 months of aerobic exercise training. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 75(2), 617–631. <https://doi.org/10.3233/jad-190977>
- Tomoto, T., Tarumi, T., Chen, J. N., Hynan, L. S., Cullum, C. M., & Zhang, R. (2021). One-year aerobic exercise altered cerebral vasomotor reactivity in mild cognitive impairment. *Journal of Applied Physiology Bethesda*, 131(1), 119–130. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00158.2021>
- Torres-Castro, S., Mena-Montes, B., González-Ambrosio, G., Zubieta-Zavala, A., Torres-Carrillo, N. M., Acosta-Castillo, G. I., & Espinel-Bermúdez, M. C. (2022). Spanish-

- language cognitive screening tests: a critical review. *Neurología (English Edition)*, 37(1), 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2018.03.010>
- Torres-García, J. F., Rivera-Mariño, D. M., Singh-Boscán, C. S., Santacruz, J. M., Chavarro-Carvajal, D. A., & Cano-Gutiérrez, C. A. (2024). Neuroimagen estructural en demencias: hallazgos, avances y utilidad. Una revisión narrativa. *Revista Argentina de Radiología / Argentinian Journal of Radiology*. <https://doi.org/10.24875/rar.23000093>
- Trebbastoni, A., Canevelli, M., D'Antonio, F., Imbriano, L., Podda, L., Rendace, L., Campanelli, A., Celano, V., Bruno, G., & de Lena, C. (2017). The impact of frailty on the risk of conversion from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease: Evidences from a 5-year observational study. *Frontiers in medicine*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmed.2017.00178>
- Tucker-Drob, E. M. (2019). Cognitive aging and dementia: A life-span perspective. *Annual Review of Developmental Psychology*, 1(1), 177–196. <https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-121318-085204>
- Tulving E. (2001). 2001Episodic memory and common sense: how far apart. *Trans. R. Soc. Lond.* B3561505–1515. <http://doi.org/10.1098/rstb.2001.0937>
- Tulving E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual review of psychology*, 53, 1–25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Vásquez, A., Urazán, J., Padilla, N. E., Galvis, G., Ospina, P., Chávez, V.T., & Caviativa, J.P. (2020). Programa de entrenamiento físico multicomponente y su efecto sobre las funciones cognitivas de adultos mayores. *Investigación en salud y envejecimiento*, 1(1), 365-372.

<https://www.researchgate.net/publication/344674286> Programa de entrenamiento físico multicomponente y su efecto sobre las funciones cognitivas de adultos mayores

Venegas-Sanabria, L. C., Cavero-Redondo, I., Martínez-Vizcaino, V., Cano-Gutiérrez, C.

A., & Álvarez-Bueno, C. (2022). Effect of multicomponent exercise in cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 22(1).

<https://doi.org/10.1186/s12877-022-03302-1>

Verhagen, A. P., De Vet, H. C., De Bie, R. A., Kessels, A. G., Boers, M., Bouter, L. M., &

Knipschild, P. G. (1998). The Delphi list. *Journal Of Clinical Epidemiology*, 51(12), 1235-1241. [https://doi.org/10.1016/s0895-4356\(98\)00131-0](https://doi.org/10.1016/s0895-4356(98)00131-0)

Vints, W. A. J., Levin, O., Fujiyama, H., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2022). Exerkines and

long-term synaptic potentiation: Mechanisms of exercise-induced neuroplasticity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 66(100993), 100993.

<https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.100993>

Welch, S. A., Ward, R. E., Beauchamp, M. K., Leveille, S. G., Trivison, T., & Bean, J. F.

(2021). The Short Physical Performance Battery (SPPB): A quick and useful tool for fall risk stratification among older primary care patients. *Journal of the American Medical Directors Association*, 22(8), 1646–1651.

<https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.09.038>

Wikee, G., & Martella, D. (2018). Capacidad física y reserva cognitiva como factores

protectores de las funciones atencionales en adultos mayores. *Revista médica de Chile*, 146(5), 570-577. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872018000500570&script=sci_arttext&tlng=pt)

[98872018000500570&script=sci_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872018000500570&script=sci_arttext&tlng=pt)

- Wingfield, A., & Kahana, M. J. (2002). The dynamics of memory retrieval in older adulthood. *Revue Canadienne de Psychologie Experimentale [Canadian Journal of Experimental Psychology]*, 56(3), 187–199. <https://doi.org/10.1037/h0087396>
- World Health Organization. (2024). *Guidance for best practices for clinical trials*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240097711>
- Wu, P.H., Lin, Y.T., Chen, C. S., Chiu, Y.W., Tsai, J.C., Kuo, P.L., Hsu, Y.L., Ljunggren, Ö., Fellström, B., & Kuo, M.C. (2020). Associations of bone turnover markers with cognitive function in patients undergoing hemodialysis. *Disease Markers*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2020/8641749>
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, 17(1), 37–49. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(82\)90033-4](https://doi.org/10.1016/0022-3956(82)90033-4)
- Zaman, A., Setton, R., Catmur, C., & Russell, C. (2024). What is auto-noetic consciousness? Examining what underlies subjective experience in memory and future thinking. *Cognition*, 253(105934), 105934. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2024.105934>
- Zhang, X., Lv, L., Min, G., Wang, Q., Zhao, Y., & Li, Y. (2021). Overview of the complex figure test and its clinical application in neuropsychiatric disorders, including copying and recall. *Frontiers in Neurology*, 12, 680474. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.680474>
- Zhou, Y., Ortiz, F., Nuñez, C., Elashoff, D., Woo, E., Apostolova, L. G., Wolf, S., Casado, M., Caceres, N., Panchal, H., & Ringman, J. M. (2015). Use of the MoCA in detecting early Alzheimer’s disease in a Spanish-speaking population with varied

levels of education. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, 5(1), 85–95. <https://doi.org/10.1159/000365506>

Zurita-Cruz, J.N., Márquez-González, H., Miranda-Novales, G., & Villasís-Keever, M. Á. (2018). Estudios experimentales: diseños de investigación para la evaluación de intervenciones en la clínica. *Revista alergia México*, 65(2), 178–186. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i2.376>

Apéndice A. Análisis de las intervenciones

Autor/año	Componentes	Estrategias	Número sesiones	Duración	Periodicidad	Grupal/ Individual
Mohammad-Rahimi et al. (2020)	Preptina sérica, osteocalcina subcarboxilada, adiponectina.	Ejercicio aeróbico, resistencia, combinado.	12 semanas.	45 minutos.	3 veces por semana.	Grupal
Kortas et al. (2020)	Exerquinas, metabolismo del hierro.	Marcha nórdica (aeróbico).	12 semanas.	60 minutos.	3 veces por semana	Grupal
Nicolini et al. (2020)	Excitabilidad corticoespinal, facilitación intracortical e inhibición intracortical, BDNF, catepsina, osteocalcina, irisina.	Protocolo HIIE.	1 semana.	17.5 minutos	3 veces por semana.	Grupal
Rostamizadeh et al. (2019)	Células B, resistencia a la insulina, osteocalcina.	Ejercicios de resistencia Ejercicio aeróbico.	8 semanas.	60 minutos.	3 veces por semana.	Grupal
Nakamura et al. (2021)	Función cognitiva, osteocalcina, factor de crecimiento similar a la insulina, albúmina.	Ejercicio físico (baile ligero) + tareas intelectuales.	12 semanas.	15 minutos (tareas) + 45 minutos ejercicio físico= 1 hora.	1 vez por semana.	Grupal
Parker et al. (2019)	Supresión posprandial, osteocalcina.	Ejercicio agudo aeróbico continuo, ejercicio intervalos de bajo volumen.	1 sesión única.	38± 1 minutos.	Sesión única.	Grupal
Hiam et al. (2021)	Osteocalcina total, osteocalcina carboxilada y descarboxilada.	Ejercicio agudo aeróbico intervalos alta intensidad.	1 semana.	Variando dependien do del tipo de	3 veces por semana.	Grupal

Autor/año	Componentes	Estrategias	Número sesiones	Duración	Periodicidad	Grupal/ Individual
					ejercicio.	
Bakhtiyari et al. (2021)	Fosfatasa alcalina, osteocalcina, hormona paratiroidea.	Ejercicio aeróbico por intervalos.	8 semanas.	45 a 60 minutos.	3 veces por semana.	Grupal
Sadowska-Krepa et al. (2023)	Antioxidantes, prooxidantes, BDNF, osteocalcina subcarboxilada.	Caminar.	1 semana.	Dependie ndo de la cantidad de pasos.	7 veces por semana.	Individual
Aktitiz et al. (2022)	Interleucina-6 (IL-6), osteocalcina subcarboxilada, BDNF.	Ejercicio agudo aeróbico interválico de alta intensidad.	1 día.	Mismo día con 3 horas de diferencia.	Sesión única.	Grupal
Armamento-Villareal et al. (2019)	Pérdida ósea, densidad mineral ósea, osteocalcina subcarboxilada.	Ejercicio resistencia, ejercicio aeróbico, ejercicio combinado.	24 semanas.	60 minutos.	3 veces por semana.	Grupal
Jeong et al. (2021)	Funciones cognitivas.	Ejercicio multicomponente más ejercicios cognitivos.	12 semanas.	1.5 horas.	3 veces por semana.	Grupal
Cigarroa et al. (2021)	Riesgo de caída, funciones cognitivas, equilibrio, fuerza muscular.	Ejercicio multicomponente.	8.8 semanas	60 minutos.	3-4 veces por semana.	Grupal
Li et al. (2021)	Función física, función cognitiva.	Ejercicio multicomponente.	24 semanas.	30 minutos.	5 veces por semana.	Grupal
Casas-Herrero et al. (2022)	Niveles de fragilidad.	Ejercicio multicomponente.	12 semanas.	60 minutos.	5 veces por semana.	Grupal
Sánchez-Sánchez et al.	Niveles de fragilidad, funciones cognitivas.	Ejercicio multicomponente.	12 semanas.	60 minutos.	3 veces por semana.	Grupal

Autor/año	Componentes	Estrategias	Número sesiones	Duración	Periodicidad	Grupal/ Individual
(2022)						
Plaza-Carmona et al. (2022)	Estado de fragilidad.	Ejercicio multicomponente.	12 semanas.	60 minutos.	3 veces por semana.	Grupal
Vásquez, et al. (2020)	Funciones cognitivas.	Ejercicio multicomponente.	4 semanas.	60 minutos.	3 veces por semana.	Grupal
Kang et al. (2023)	Conductas de ansiedad, osteocalcina, funciones cognitivas.	Ejercicio aeróbico en cinta rodante.	10 días consecutivos.	15 a 30 minutos al día.	6 veces por semana.	Grupal

Nota. Adaptado de los estudios realizados por: (Aktitiz et al., 2022; Armamento-Villareal et al., 2019; Bakhtiyari et al., 2021; Casas-Herrero et al., 2022; Cigarroa et al., 2021; Hiam et al., 2021; Jeong et al., 2021; Kang et al., 2023; Kortas et al., 2020; Li et al., 2021; Mohammad-Rahimi et al., 2020; Nakamura et al., 2021; Nicolini et al., 2020; Parker et al., 2019; Plaza-Carmona et al., 2022; Rostamizadeh et al., 2019; Sadowska-Krepa et al., 2023; Sánchez-Sánchez et al., 2022; Vásquez et al., 2020).

Apéndice B. Conteo de las intervenciones

Componentes	Estrategias	Número sesiones	Duración	Periodicidad	Grupal/ Individual
Preptina sérica 1	Ejercicio aeróbico, 3	12 semanas 7	45 minutos 2	3 veces por semana	Grupal 19
osteocalcina subcarboxilada	Ejercicio resistencia, 11	1 semana 4	60 minutos 9	12	
adiponectina 1	3	8 semanas 4	17.5 minutos	1 vez por semana 1	
Metabolismo del hierro 1	Ejercicio combinado	1 sesión única	seguido de 30 minutos de	sesión única 2	
Excitabilidad corticoespinal 1	2	3	descanso 1	7 veces por semana	
facilitación intracortical 1	Marcha nórdica (aeróbico) 1	10 días consecutivos	15 minutos	5 veces por semana	
inhibición intracortical 1	Protocolo HIEE 1	4 semanas	(tareas) + 45 minutos de	6 veces por semana	
BDNF 3	Baile ligero) + tareas intelectuales 1	24 semanas 2	ejercicio físico 1	1	
catepsina, 1	Ejercicio agudo		38± 1 minutos 1		
irisina. 1	aeróbico continuo 2		variando		
Células B 1	Ejercicio intervalos de		dependiendo del tipo de ejercicio		
resistencia a la insulina 1	Funciones cognitivas 7	bajo volumen 1	2		
Factor de crecimiento similar a la insulina 1	Multicomponente + ejercicios cognitivos 1		1.5 hrs 1		
Albúmina 1	Ejercicio		30 minutos 1		
Supresión posprandial 1	multicomponente 6		15 a 30 minutos al día 1		
Fosfatasa alcalina, 1	Ejercicio aeróbico en cinta rodante 1				
hormona paratiroidea, 1					
Antioxidantes, 1					
Prooxidantes, 1					
Interleucina-6 (IL-6), 1					
Pérdida ósea, 1					
densidad mineral ósea, 1					
Nivel de fragilidad 4					
Función física 3					
Conductas de ansiedad, 1					

Nota. Adaptado de los estudios realizados por: (Aktitiz et al., 2022; Armamento-Villareal et al., 2019; Bakhtiyari et al., 2021; Casas-Herrero et al., 2022; Cigarroa et al., 2021; Hiam et al., 2020; Jeong et al., 2021; Kang et al., 2023; Kortas et al., 2020; Li et al., 2021; Mohammad-Rahimi et al., 2020; Nakamura et al., 2021; Nicolini et al., 2020; Parker et al., 2019; Plaza-Carmona et al., 2022; Rostamizadeh et al., 2019; Sadowska-Krepa et al., 2023; Sánchez-Sánchez et al., 2022; Vásquez et al., 2020).

Apéndice C. Sesión 1: Carta Descriptiva del programa de ejercicio físico multicomponente

CARTA DESCRIPTIVA DEL PROGRAMA DE EJERCICIO MULTI-COMPONENTE		
<p>Nombre original del programa: Programa multicomponente de ejercicio físico para la prevención de la fragilidad y el riesgo de caídas. Autor: Izquierdo Mikel, Casas-Herrero Álvaro, Zambom-Ferraresi Nicolás, Martínez-Velilla Cristina, Alonso Bouzón, Rodríguez-Mañas Leocadio en Representación de VIVIFRAIL (Erasmus+556988-EPP-1-2014-1-ES-SPO-SCP). (2017) Institución certificadora del programa en México: Instituto Nacional de Geriátrica (INGER), mediante el curso: Aplicación de Programas individuales de actividad física multicomponente para personas mayores, basado en el estándar de competencia 1141 del CONOCER.</p>		
Sesión 1		Semana 1
Objetivos:	Actividades:	Materiales:
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un encuadre de las sesiones del programa de ejercicio multi-componente. • Realizar una presentación de los participantes del programa. • Iniciar con la práctica del programa de ejercicio multi-componente mediante tres elementos: calentamiento, actividad principal, relajación o vuelta a la calma. • Medir del esfuerzo físico por sesión con la escala OMNI. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encuadre (explicación sobre cómo será el trabajo grupal, días horario y objetivos). 2. Presentación. 3. Calentamiento. 4. Actividad o trabajo principal. 5. Relajación o vuelta a la calma. 6. Medición del esfuerzo físico. 	<p>Gafetes. 1 silla para cada participante 2 pelotas pequeñas de goma para cada participante. 1 toalla mediana para cada participante. Patio o espacio amplio donde puedan caminar con sillas alrededor para descansar si es necesario. Planilla de escala OMNI</p>
Desglose de actividades:		
<p>Actividad 1. Encuadre (explicación sobre cómo será el trabajo grupal, días horario y objetivos). Objetivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación del investigador • Encuadre general de la sesión • Objetivo de la sesión 		

Descripción: El investigador se presenta ante el grupo, pasa asistencia y les recuerda los días y el horario de las sesiones, así como la importancia de asistir a las mismas y una explicación general de ellas. Se mencionan los objetivos de la primera sesión: presentación, calentamiento, actividad principal, relajación o vuelta a la calma.

Actividad 2. Dinámica de integración

Objetivo: Que se presente el grupo de trabajo.

Descripción: Los adultos mayores escriben en una etiqueta su nombre y la pegan en su ropa. Se integrarán los participantes por parejas y harán preguntas relativas a las actividades que realizan y sus cosas favoritas (comida, actividades favoritas, su familia, que lugares han visitado, etc.) En cuanto termina un participante, se invierten los papeles y pregunta el otro. Al final cada participante debe mencionar al menos una característica de su compañero frente al grupo con la guía del investigador.

Actividad 3. Calentamiento

Objetivo: Preparar al cuerpo en cuanto a coordinación y flexibilidad para la correcta realización de las sesiones de actividad física como una manera de prevenir lesiones y efectos indeseados (desgarres, torceduras musculares, etc.).

Descripción: Los participantes se colocarán en un espacio bien iluminado y sin obstáculos que puedan interferir la actividad. Se iniciará una secuencia de ejercicios de la cabeza a los pies o viceversa.

Ejercicio 1: Movimientos de cabeza y cuello. Para ello girar lentamente la cabeza hacia la izquierda y después hacia la derecha. Asegurarse de que los hombros están inmóviles de manera que sólo se mueva la cabeza. Realice de 5 a 8 repeticiones.



Ejercicio 2: Movimiento de cabeza y cuello. Poner dos dedos en su barbilla y suavemente llevarla atrás hasta que sienta que se estira la parte posterior del cuello. Realizar de 5 a 8 repeticiones.



Ejercicio 3: Flexión de brazo: Con una mano tocar su espalda, de tal forma que la punta de su codo quede a la altura de su cabeza, con la otra mano tocar este mismo, manteniendo una tensión por al menos 3 segundos. Hacer lo mismo con el otro brazo.



Ejercicio 4: Movimientos circulares de muñecas. Con las manos extendidas realizar pequeños movimientos circulares con ambas muñecas, hacia la derecha y hacia la izquierda. Realizar de 5 a 8 repeticiones.



Ejercicio 5: Extensión de espalda. Permanecer de pie con los pies separados alineados a su cadera. Poner las manos en los glúteos. Arquear ligeramente la espalda. Realizar de 5 a 8 repeticiones.



Ejercicio 6: Movimientos de tronco. Doblar los brazos por delante del pecho. Rotar lentamente el tronco hacia un lado. No girar la cadera; volver a la posición inicial y repetirlo en el otro lado. Realizar de 5 a 8 repeticiones.



Ejercicio 7: Movimiento de tobillo. Sentarse con la espalda apoyada en el respaldo de la silla. Estirar y mantener la pierna en esa posición, flexionar el pie hacia arriba y hacia abajo. Realizar de 5 a 8 repeticiones y después hacerlo con la otra pierna.



Ejercicio 8: Marcha. Permanecer de pie (puede apoyarse en una silla si lo necesita). Comenzar a marchar manteniéndose en el mismo sitio durante 1 a 2 minutos.



Actividad 4. Actividad o trabajo principal

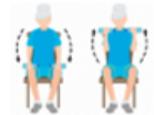
Objetivo: Englobar ejercicios de resistencia, flexibilidad, equilibrio y fuerza con la finalidad de generar una mejoría de la condición física global y el estado de salud global de la población de adultos mayores con deterioro cognitivo leve amnésico.

Descripción: Los participantes se colocarán en un espacio bien iluminado y sin obstáculos que puedan interferir la actividad. La actividad se dividirá en ejercicios para personas robustas (Resultado en Prueba corta de desempeño físico SPPB 10-12 puntos) y personas con pre-fragilidad (Resultado en Prueba corta de desempeño físico SPPB 7-9 puntos).

Ejercicios personas robustas:

Bloque A: ejercicios de fuerza en brazos y piernas.

Ejercicio 1: Posición sentado de flexión y extensión de brazos sin carga. Sentarse con los brazos estirados a lo largo del cuerpo. Doblar los codos hacia el pecho, dirigiendo las manos hacia los hombros. Realizar 2 series de 12 repeticiones y descansar 1 minuto entre series.



Ejercicio 2: Estrujar una toalla. Enrolla una toalla pequeña. Coger la toalla por los dos extremos con ambas manos, y realizar un movimiento similar al de escurrir una toalla empapada de agua. Apretar poco a poco, pero tan fuerte como se pueda durante 2-3 segundos. Realizar 1 serie de 10 repeticiones con descanso min 1, máx. 3.



Ejercicio 3: Ejercicio posición sentado de músculos del pie y pantorrilla. Ponerse de puntillas hasta llegar a lo más alto posible y mantenerse en esta posición durante 3 segundos. Bajar poco a poco hasta apoyar los talones en el suelo. Realizar 2 series x 12 repeticiones con 1 min descanso.



Ejercicio 4: Ejercicio extensión de rodilla sin carga. Extender horizontalmente una pierna procurando mantenerla lo más recta posible. Repetir con la otra pierna una vez haya acabado las series recomendadas. Realizar 3 x 12 repeticiones con 1 min descanso.



Bloque B: ejercicio cardiovascular.

Ejercicio 1: Caminata: Caminar mirando al frente, no hacia el suelo. Primero apoyar el talón y luego los dedos. Mantener los hombros relajados y los brazos balanceándose ligeramente. Caminar a un ritmo que pueda mantener una conversación de manera continua pero que le cueste un poco de esfuerzo. Caminar 2 series de 8 minutos descansando 30 segundos entre series. Terminar las series caminando lentamente durante 2 minutos para relajarse.



Bloque C: Equilibrio y marcha

Ejercicio 1: Ejercicio de equilibrio sobre una pierna con los brazos cruzados. Situarse de pie. Cruzar los brazos encima del pecho. Flexionar una pierna mientras la otra sigue estirada y mantenerla elevada unos 5 segundos; bajar la pierna y haga lo mismo con la otra.



Ejercicios para personas con pre-fragilidad

Bloque A: ejercicios de fuerza en brazos y piernas.

Ejercicio 1: Posición sentado de flexión y extensión de brazos sin carga. Sentarse con los brazos estirados a lo largo del cuerpo. Doblar los codos hacia el pecho, dirigiendo las manos hacia los hombros. Realizar 3 series de 10 repeticiones y descansar 1 minuto entre series.



Ejercicio 2: Prensión de manos. Estrujar una pelota. Coger una pelota de goma o antiestrés con la mano y apretarla poco a poco tan fuerte como pueda. Relajar la mano. Una vez acabadas las series descansar y repetir con la otra mano. Realizar 1 serie de 10 repeticiones con descanso min 1, máx. 3.



Ejercicio 3: Ejercicio posición sentado de músculos del pie y pantorrilla. Ponerse de puntillas hasta llegar a lo más alto posible y mantenerse en esta posición durante 3 segundos. Bajar poco a poco hasta apoyar los talones en el suelo. Realizar 3 series x 10 repeticiones con 1 min descanso.



Ejercicio 4: Ejercicio extensión de rodilla sin carga. Extender horizontalmente una pierna procurando mantenerla lo más recta posible. Repetir con la otra pierna una vez haya acabado las series recomendadas. Realizar 3 x 10 repeticiones con 1 min descanso.



Bloque B: ejercicio cardiovascular.

Ejercicio 1: Caminata: Caminar mirando al frente, no hacia el suelo. Primero apoyar el talón y luego los dedos. Mantener los hombros relajados y los brazos balanceándose ligeramente. Caminar a un ritmo que pueda mantener una conversación de manera continua pero que le cueste un poco de esfuerzo. Caminar 2 series de 4 minutos descansando 30 segundos entre series. Terminar las series caminando lentamente durante 2 minutos para relajarse.



Bloque C: Equilibrio y marcha

Ejercicio 1: Caminar con los pies en línea. Situarse de pie, cerca de una mesa, pared o familiar suyo. Colocar el talón de un pie en contacto con la punta del otro pie. Se trata de hacer pequeños pasos en línea recta, poniendo el talón del pie que adelantamos justo delante de la punta del otro pie. Si se siente más seguro, situarse de pie apoyado en una mesa o barandilla. Realizar 1 serie de 10 pasos, pararse y descansar 10 segundos.



Actividad 5. Relajación o vuelta a la calma.

Objetivo: Devolver al organismo los niveles iniciales de activación metabólica y neuromuscular (homeostasis).

Descripción: Los participantes se colocarán en un espacio bien iluminado y sin obstáculos que puedan interferir la actividad. Se iniciará una secuencia de ejercicios de la cabeza a los pies o viceversa.



Ejercicio 1: Caminata. Hacer una caminata de 2 a 3 minutos de mínima intensidad.

Ejercicio 2: Movimiento de cabeza. Colocar su mano sobre su cabeza llevándola suavemente a su hombro, manteniendo la posición por 8 segundos. Repetirlo del lado contrario.



Ejercicio 3: Extensión de brazos. Extender suavemente los brazos hacia arriba, empujando la palma hacia el techo, sintiendo un estiramiento. Mantener la posición por 8-10 segundos. Repetir el ejercicio con el otro brazo.



Ejercicio 4: Extensión de brazos. Sujetar las manos detrás de su espalda. Empujar suavemente ambos hombros hacia atrás, sintiendo un estiramiento. Mantener la posición durante 8-10 segundos.



Ejercicio 5: Extensión de pierna. Sentarse en una silla y levantar la pierna completa sin doblar la rodilla, con la punta del pie hacia el techo. Mantener la posición por 8-10 segundos. Repetir con la otra pierna.



Ejercicio 6: Flexión de pierna. Pararse detrás de la silla. Con su mano, sujetar el pie detrás de usted, manteniendo la rodilla apuntando hacia abajo. Mantener la posición por 8-10 segundos. Repetirlo con la otra pierna.



Ejercicio 7: Flexión de tronco. Sentarse en el borde de la silla. Estirar una pierna con el pie apuntando hacia el techo. Empujar suavemente el pecho hacia adelante, sin doblar las rodillas. Mantener la posición por 8-10 segundos.



Ejercicio 8: Rotación de tobillo. De pie o sentado, realizar movimientos rotatorios con cada pie hacia la izquierda y hacia la derecha. Realizar de 4 a 8 repeticiones por cada pie.



Actividad 6. Medición del esfuerzo físico.

Objetivo: Evaluar la percepción subjetiva del esfuerzo físico de la persona mayor.

Descripción: La prueba se aplica inmediatamente después de la valoración de la capacidad funcional y de la capacidad física. Se informa a la persona mayor el propósito de la prueba y en qué consiste. Se muestra a la persona mayor los pictogramas de la prueba. Se solicita a la persona mayor que señale con su dedo el pictograma que mejor representa el nivel de esfuerzo que percibe al terminar la valoración de su capacidad funcional y capacidad física. Se registra la interpretación del grado de esfuerzo percibido por la persona mayor. El resultado se codifica en una escala de intensidad de esfuerzo de 0 a 10, combinando descriptores visuales y verbales específicos, referidos a la intensidad de la actividad realizada.



Apéndice D. Consentimiento voluntario informado



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO
AREA ACADEMICA DE PSICOLOGIA
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
SALUD



Nombre de la Investigación: Efecto de un programa de ejercicio físico multicomponente sobre los niveles de osteocalcina y la memoria de adultos mayores con deterioro cognitivo leve amnésico.

Carta de consentimiento informado

He sido invitado(a) a participar en la presente investigación desarrollada por la alumna de la Maestría en Psicología de la Salud, Verónica Jiménez Morales, del Instituto de Ciencias de la Salud, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; así como por un cuerpo académico de investigación supervisado y encabezado por el Dr.(a) Luis Israel Ledesma Amaya. Sé que soy libre de preguntar sobre cualquier asunto que no me quede claro tanto de forma presencial como a través del siguiente correo y/o número telefónico: ji490067@uaeh.edu y 2228763332.

Para que pueda decidir si participaré se me darán a conocer los objetivos, beneficios, riesgos y procedimientos técnicos. Por medio de estos procedimientos estaré plenamente informado y podré decidir libremente sobre mi participación en el estudio. Como parte del proceso de consentimiento informado entiendo que poseo toda la libertad de preguntar sobre los aspectos del estudio para aclarar mis dudas. Sé que podré abandonar el estudio en el momento en que lo desee sin consecuencia alguna, que los datos que proporcioné serán manejados de manera totalmente confidencial y tratados anónimamente y únicamente para fines de esta investigación científica. También entiendo que no tendré que pagar nada por este estudio pues el procedimiento es totalmente gratuito. Tampoco habrá compensación monetaria por participar en el mismo. Los datos que proporcioné se manejarán de manera estrictamente confidencial antes, durante y finalizado el estudio. Además, serán utilizados únicamente con fines investigativos y académicos y no estarán disponibles para ningún otro propósito.

Objetivo: El estudio pretende proporcionar una estrategia de estimulación (mejora) en la memoria ante el deterioro cognitivo en los adultos mayores que ya poseen esta afectación, a través del incremento de la proteína osteocalcina con la práctica de un programa de ejercicio físico multicomponente.

Procedimiento: El estudio implicará la evaluación mediante test neuropsicológicos y dos tomas de muestra sanguínea a cargo de enfermeros(as), miembros del Instituto de Ciencias de la Salud, cubriendo todas las medidas sanitarias. Se realizará un programa de ejercicio físico durante 2 meses y en el transcurso de 24 sesiones de entrenamiento, de manera presencial, de entre 30 a 60 minutos de acuerdo a sus avances, distribuida con frecuencia de tres veces a la semana y efectuada en las instalaciones que cumplan con adecuadas condiciones para el trabajo de actividad física dentro de las instalaciones del IAAMEH. El programa de ejercicio físico estará a cargo de la investigadora principal, quien se encuentra certificada en la aplicación de estos

programas. Es importante no participar alternativamente en ningún otro programa de ejercicio físico. Todas las actividades anteriores podrán ser grabadas para fines de la presente investigación. Lo anterior, respetando lo estipulado en los lineamientos del Reglamento de la Ley de Salud en materia de Investigación para la Salud, según título 2do. Capítulo I, artículo 16 y 17.

Beneficios: La participación de un programa de actividad física brinda beneficios de salud física, mental y social. Esta colaboración permitirá ampliar los conocimientos en el tratamiento de personas con deterioro cognitivo.

Riesgos: La presente investigación está considerada como investigación con riesgo mínimo según el artículo 17 de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud de México. En caso de presentarse alguna molestia en el transcurso de la intervención se podrá detener la participación sin problema, además se podrán proporcionar recomendaciones para disminuirla en caso de ser producidas por la práctica del programa de ejercicio físico o sugerir una canalización en caso de tener otro origen.

Aviso de privacidad: El/la investigador(a) en este estudio es responsable del resguardo de los datos personales proporcionados, los cuales son protegidos conforme a la Ley General de Protección de Datos Personales. Los datos personales que se solicitan serán utilizados exclusivamente para las finalidades expuestas en este documento.

Participación voluntaria/abandono:

He leído este formulario de forma completa, he externado todas las dudas que tengo y me han sido aclaradas. Además se me han proporcionado vías de contacto para resolver dudas o externar comentarios sobre este estudio o retirar mi participación si es mi deseo. Por lo anterior consiento mi participación voluntaria en este estudio colocando mi nombre completo y firma, así como la de un testigo.

Firma del participante

Firma del investigador

Firma del testigo

Fecha

Apéndice E. Dictamen del Comité de ética e Investigación



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias de la Salud
School of Medical Sciences
Coordinación de Investigación
Area of Research

San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo a 19 de enero de 2024

Oficio Comitée.icsa ICSA «225» / 2023

Asunto: DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA E INVESTIGACIÓN.

Jiménez Morales Verónica
Investigador Principal
Correo: ji490067@uaeh.edu.mx

PRESENTE

Título del Proyecto: Efecto de un Programa de ejercicio físico multicomponente sobre los niveles de osteocalcina y la memoria de adultos mayores con deterioro cognitivo leve amnésico.

Le informamos que su proyecto de referencia ha sido evaluado por el Comité de Ética e Investigación del Instituto de Ciencias de la Salud y las opiniones acerca de los documentos presentados se encuentran a continuación:

Decisión
«Aprobado»

Este protocolo tiene vigencia del **19 de enero de 2024** al **19 de enero de 2025**.

En caso de requerir una ampliación, le rogamos tenga en cuenta que deberá enviar al Comité un reporte de progreso de avance de su proyecto al menos 60 días antes de la fecha de término de su vigencia.

Le rogamos atender las indicaciones realizadas por el revisor, y enviar nuevamente una versión corregida de su protocolo para una nueva evaluación.

Atentamente


Dra. Itzia María Cazares Palacios
Presidenta del Comité



Para la validación de este documento informe el siguiente código en la sección Validador de Documentos del sitio web oficial del Comité: «**V&J#6ND/»**

<https://sites.google.com/view/comiteei-icsa/validador-de-documentos>

Cirujía de Hacienda La Concepción s/n
Carretera Pachuca-Atoyac, San Agustín
Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P. 42100
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 4306
investigacion_icsa@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx

Apéndice F. Ítems con claves para cuestionario por juicio de expertos

Ítems con claves para cuestionario por juicio de expertos

Instrucciones: pensando en una población de adultos mayores con deterioro cognitivo leve amnésico y en el objetivo del PEFM: revertir la fragilidad, por favor responda los siguientes ítems de acuerdo con las siguientes respuestas:

Totalmente de acuerdo-5, De acuerdo-4, ni de acuerdo ni en desacuerdo-3, En Desacuerdo-2, Totalmente en desacuerdo-1

s1.-Los ejercicios para trabajar en cada sesión son suficientes para favorecer al logro del objetivo.

r1. Los ejercicios de cada sesión muestran relevancia en cuanto al logro del objetivo.

cl1.La redacción de la guía descriptiva del PEFM, muestra con claridad como favorecer el logro del objetivo.

o1. La organización de la guía descriptiva del PEFM resulta fácilmente comprensible para esta población.

S2.- Las técnicas y actividades del PEFM son suficientes para adquirir las habilidades necesarias en los participantes.

r2.- Las técnicas y actividades del PEFM muestran reelevancia en cuanto al logro del objetivo de acuerdo a la población de estudio.

cl2.- Las técnicas y actividades del PEFM, muestran con claridad como ser ejecutadas.

o2.- Las técnicas y actividades del PEFM, presentan una adecuada organización.

s3.-Los materiales que se sugieren en el PEFM, son suficientes para que se logre el objetivo.

r3.-Los materiales que serán empleados son relevantes para lograr el objetivo en esta población.

cl3.-Hay claridad en la forma de emplear los materiales del PEFM.

o3.-La secuencia de actividades sesión por sesión que presenta el uso de los materiales del PEFM está bien organizada.

S4.- La distribución del volumen de carga semanal y mensual de los ejercicios del PEFM, es suficiente para lograr los resultados esperados.

r4.- Considera que la distribución semanal y mensual del volumen de carga de los ejercicios resulta ser relevante para el logro del objetivo.

cl4.- Hay claridad en la redacción de la distribución semanal y mensual del volumen de carga de los ejercicios en las cartas descriptivas del PEFM.

o4.- Está bien organizada la distribución por sesión y semanal de los ejercicios.

S1.- El contenido del PEFM es suficiente para el logro del objetivo en esta población.

R1.- El procedimiento de cada una de las sesiones es relevante y contribuye al logro total del PEFM.

Cl1.- El procedimiento de cada uno de los ejercicios y sesiones podría ser claramente comprendido por la población para la que está destinada.

O1.- La organización del procedimiento de cada una de las sesiones es adecuada.

s2.- Las técnicas y actividades son suficientes para la edad y condición de los participantes.

r2.- Todas las actividades planteadas son reelevantes para la edad y condición de los participantes.

Cl2.- La redacción de las técnicas y actividades son claras para la edad y condición de los participantes.

o2.- Las técnicas y actividades resultan ser coherentes para la edad y condición de los participantes.

S3.- El uso de los materiales es suficiente para el logro del objetivo.

R3.- El uso de los materiales es relevante para el logro del objetivo.

Cl3.- Hay claridad en el uso de todos los materiales en la carta descriptiva del PEFM.

O3.- El uso de todos los materiales se observa bien organizado.

s4.- De acuerdo con su experiencia, ¿considera suficiente esta propuesta de intervención para que los participantes logren el objetivo planteado?

R4.- La distribución de las series y repeticiones es relevante para que el PEFM logre el objetivo propuesto con esta población de estudio.

cl4.- Considera que este programa de intervención se presenta con suficiente claridad.

O4.- La organización de las sesiones diarias y semanales permite un adecuado acondicionamiento físico para la población descrita.

S1.- El objetivo que tiene el PEFM es suficiente para brindar resultados positivos en esta población de adultos mayores.

R1.- Los componentes del PEFM: ejercicio de fuerza, resistencia cardiovascular, equilibrio

dinámico y flexibilidad muestran la reelevancia necesaria dentro de este programa.

CI1.- La práctica de los componentes del PEFM: ejercicio de fuerza, resistencia cardiovascular, equilibrio dinámico y flexibilidad contribuyen con claridad al logro de su objetivo.

O1.- La práctica de los ejercicios que componen al PEFM: ejercicio de fuerza, resistencia cardiovascular, equilibrio dinámico y flexibilidad muestran una excelente organización.

S2.- La explicación del procedimiento de las sesiones resulta ser suficiente para poder ser replicado posteriormente.

R2.- El procedimiento de las sesiones es relevante para que el PEFM logre el objetivo propuesto con esta población de estudio.

CI2.- La explicación del procedimiento de las sesiones resulta ser bastante claro para su comprensión y posterior aplicabilidad en este tipo de población.

O2.- El procedimiento, uso de los materiales y presentación general de cada carta descriptiva presenta la organización adecuada para esta población.

S3.- El procedimiento para el uso de los materiales: botellas de agua, tobilleras lastradas, ligas de resistencia y pelotas de goma es suficiente para su correcta ejecución.

R3.- Hay reelevancia en cuanto al uso de todos los materiales empleados.

CI3.- El procedimiento indica claramente cómo serán empleados los materiales.

O3.- El procedimiento indica coherencia en cómo serán empleados los materiales.

S4.- El encadenamiento entre los ejercicios y/o sesiones son suficientes para contribuir al logro de los resultados esperados.

r4.- El alcance de los ejercicios y/o sesiones contribuye al logro de los resultados esperados

CI4.- La distribución de las series y repeticiones es clara para esta población de estudio.

O4.- La distribución de cada uno de los ejercicios y sesiones se encuentra bien organizada en una relación: series-repeticiones-materiales-tiempo de recuperación-población de estudio.

S1.- La secuencia de las sesiones resulta conveniente respecto al logro del objetivo del PEFM.

R1.- El procedimiento a través del cual están estructuradas las sesiones es relevante y coherente respecto al logro del objetivo perseguido por el PEFM.

CI11.- La secuencia de las sesiones resulta clara y coherente respecto al logro del objetivo perseguido por el PEFM.

O1.- El procedimiento a través del cual están estructuradas las sesiones tiene una buena organización.

S2.- Las series y repeticiones que emplea el PEFM son suficientes en relación con el propósito que tiene y con la población a la que se piensa aplicar.

R2.- Las series y repeticiones que emplea el PEFM son relevantes en relación con el propósito que tiene y con la población a la que se piensa aplicar.

CI2.- Las series y repeticiones que emplea el PEFM muestran claridad en relación con el propósito que tiene y con la población a la que se piensa aplicar.

o2.- Existe una buena organización entre las series y repeticiones que emplea el PEFM en relación con el propósito que tiene y con la población a la que se piensa aplicar.

S3.- Las series y repeticiones que se emplean en el PEFM son suficientes en relación con el propósito que tiene y con la población a la que se piensa aplicar.

r3.- Todos los materiales empleados son relevantes respecto al logro del objetivo perseguido por el PEFM.

cl3.- ¿Considera que existe claridad al usar los materiales respecto a los ejercicios propuestos y procedimientos empleados?

o3.- ¿Considera que existe claridad entre la usabilidad de los materiales respecto a los ejercicios propuestos y la usabilidad de alternativas tales como: la dosificación del peso en las botellas y en las tobilleras lastradas?

S4.- La distribución de la carga de cada uno de los ejercicios y sesiones es suficiente en relación al tipo de población para la cual está dirigida.

r4.- Todos los materiales empleados muestran relevancia en relación al tipo de población para la cual está dirigida.

CI4.- La forma en la que el participante del PEFM realizará la distribución de la carga de ejercicios por sesión, semanal y mensual está claramente explicada para realizar su auto aplicación.

o4.- Los objetivos del tratamiento son coherentes con los resultados esperados.

Apéndice G. Portada de artículo de Revisión publicado por la Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento que formó parte de la presente tesis.

Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento Efecto de la osteocalcina y el ejercicio físico, sobre la función cognitiva en adultos y adultos mayores: una revisión sistemática		ISSN 1852-4206 Diciembre 2024, Vol. 16, N°4, 19-36 revistas.unc.edu.ar/index.php/racc										
Jiménez-Morales, Verónica ^{a,*}  ; Ledesma-Amaya, Luis Israel ^a  ; Vázquez-Moreno, Almitra ^a  ; Delgado-Olivares, Luis ^c  ; Lerma-Talamantes, Abel ^a  ; Bosques-Brugada, Lilián Elizabeth ^a 												
Artículo de Revisión												
Resumen	Abstract	Tabla de Contenido										
<p>Ante la práctica de ciertos tipos de ejercicio físico, la Osteocalcina (OC) y sus variantes (ucOCN) pueden ser estimuladas y por su capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica, establecer una asociación con el funcionamiento de la corteza temporal derecha y estimular el aprendizaje y la memoria. En este trabajo se realizó una revisión sistemática de la literatura del efecto de la OC sobre funciones cognitivas implicadas en adultos y adultos mayores, que practican diversos tipos de ejercicio físico sustentada bajo la guía PRISMA en bases de datos como: PubMed, Scielo, Google Académico, Cochrane library y Redalyc de 2019 a 2023. Por los criterios de exclusión, de 35 artículos se eliminaron aquellos sin corte experimental, basados en modelos murinos y niños. Se obtuvieron finalmente 16 artículos. Concluimos reafirmando una conexión entre OC, ejecución de ejercicio físico y asociación entre funciones motoras y cognitivas como: atención, memoria y funciones ejecutivas.</p>	<p>Effect of osteocalcin and physical exercise on cognitive function in adults and older adults: a systematic review. When practicing certain types of physical exercise, Osteocalcin (OC) and its variants (ucOCN) can be stimulated and due to their ability to cross the blood-brain barrier, establish an association with the functioning of the right temporal cortex and stimulate learning and memory. In this work, a systematic review of the literature on the effect of OC on cognitive functions involved in adults and older adults, who practice various types of physical exercise, was carried out under the PRISMA guide in databases such as: PubMed, Scielo, Google Scholar, Cochrane library and Redalyc from 2019 to 2023. Due to the exclusion criteria, from 35 articles, those without an experimental cut, based on murine models and children, were eliminated. Finally, 16 articles were obtained. We conclude by reaffirming a connection between OC, execution of physical exercise and association between motor and cognitive functions such as: attention, memory and executive functions.</p>	<table border="0"> <tr><td>Introducción</td><td>19</td></tr> <tr><td>Procedimiento</td><td>21</td></tr> <tr><td>Resultados</td><td>22</td></tr> <tr><td>Discusión</td><td>32</td></tr> <tr><td>Referencias</td><td>33</td></tr> </table>	Introducción	19	Procedimiento	21	Resultados	22	Discusión	32	Referencias	33
Introducción	19											
Procedimiento	21											
Resultados	22											
Discusión	32											
Referencias	33											
<p>Palabras clave: función cognitiva, ejercicio físico, osteocalcina, adultez.</p>	<p>Keywords: cognitive function, physical exercise, osteocalcin, adulthood</p>											
Recibido el: 23 de mayo de 2024; Aceptado el 26 de agosto de 2024 Editaron este artículo: Javier del Río Olvera, Débora Mola, Verónica Ramirez, y Julieta Moltrasio.												
<p>La Osteocalcina (OC), también llamada proteína del ácido γ-carboxiglutámico óseo, es sintetizada por la acción de los osteoblastos y ha sido tradicionalmente utilizada en la práctica clínica e investigación como un marcador de recambio óseo (Battafarano et al., 2020; Smith et al., 2020).</p> <p>La OC presenta formas carboxiladas (cOCN) localizadas principalmente en el hueso. También</p>	<p>se puede presentar de forma descarboxilada, subcarboxilada y no carboxilada (ucOCN). Algunas de estas formas funcionan de manera parácrina y endócrina, participan en el metabolismo de la glucosa e influyen en el hígado, el músculo esquelético, los testículos, los vasos sanguíneos y el intestino delgado (Nakamura et al., 2020; Rubert & De la Piedra, 2020).</p> <p>Estudios indican que la ucOCN tiene la</p>											
<p>^a Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Psicología, Pachuca Hidalgo, México ^b Escuela Superior Atotonilco de Tula (ESAT), Atotonilco de Tula, Hidalgo, México ^c Instituto de Ciencias de la Salud, Área Académica de Nutrición, Pachuca, Hidalgo, México *Enviar correspondencia a: Jimenez-Morales, V. E-mail: j490067@uaeh.edu.mx</p>												
<p>Citar este artículo como: Jiménez-Morales, V., Ledesma-Amaya, L. I., Vázquez-Moreno, A., Delgado-Olivares, L., Lerma-Talamantes, A., y Bosques-Brugada, L. E. (2024). Efecto de la osteocalcina y el ejercicio físico, sobre la función cognitiva en adultos y adultos mayores: una revisión sistemática. <i>Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento</i>, 16(4), 19-36.</p>												