

**NUTRICIÓN Y DIETÉTICA CON MENCIÓN EN ENFERMEDADES
METABOLICAS, OBESIDAD Y DIABETES**

**Tesis previa a la obtención de título de Magister en
Nutrición y Dietética con mención en Enfermedades Metabólicas, Obesidad Y
Diabetes**

AUTOR: Md. Nayda Mishel Vela Jiménez

TUTOR: Vladimir Sebastián Cruz Román

**Efecto del ejercicio sobre la microbiota intestinal en
adultos con obesidad: revisión narrativa**

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Nayda Mishel Vela Jiménez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



Firma

Nayda Mishel Vela Jiménez

C:C 0503206302

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Vladimir Sebastián Cruz Román, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo la responsable exclusiva de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma

Título Dr. Vladimir Sebastián Cruz Román
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

Con cariño a mis padres, Jaime y Llanet, quienes con su amor, paciencia, trabajo y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía de no temer a las adversidades. A mis hermanos Tania, Jhonny, Yuri, en especial a mis tíos Mayra, Carlos, abuelitos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona para alcanzar todas las metas propuestas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A la “Universidad Internacional del Ecuador” por permitirme formar parte de esta noble institución y forjar mis conocimientos.

A mis padres Jaime y Llanet por el ejemplo de perseverancia, amor y constancia que los caracteriza, el mismo que me han inculcado para salir adelante, apoyándome en todo momento, por sus consejos, valores, motivación constante, sobre todo, su incondicional amor.

A mis hermanos Tania, Jhonny, Yuri por ser el ejemplo a seguir, sobre todo por ser mi apoyo incondicional durante todo este trayecto siendo así mi motor de impulso en los buenos y malos momentos.

A mis tíos, primos y abuelitos que han estado en todo este proceso, por estar pendientes de mí, por acogerme como hija en su hogar y por motivarme a seguir estudiando, agradezco todo el apoyo y doy gracias por ser mi amiga incondicional a lo largo de este año.

Índice General

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
Índice General.....	5
Índice de figuras.....	8
Índice de tablas	8
Listado de Abreviaturas	9
Resumen.....	11
Abstract.....	13
Introducción	15
Justificación	18
Marco Teórico	20
1. La Obesidad	20
1.1. Definición y Clasificación	20
1.2. Epidemiología.....	21
1.3. Etiología.....	22
1.4. Fisiopatología.....	23
1.5. Diagnóstico de Obesidad	25
1.6. Evaluación de la composición corporal y distribución del tejido adiposo en la obesidad	26
1.7. Consecuencias clínicas de la obesidad.....	27
2. La Microbiota Intestinal.....	28
2.1. Concepto de la microbiota intestinal.....	28
2.2. Funciones de la microbiota intestinal	29
2.3. El Eje Intestino-Cerebro y su rol en la Saciedad	33
2.4. Métodos para la evaluación de la microbiota intestinal	33

2.5. Microbiota intestinal asociada a la obesidad	37
3. Ejercicio físico	39
3.1. Definición	39
3.2. Clasificación del ejercicio	40
3.3. Prescripción Metodológica del Ejercicio	41
3.4. Recomendaciones actuales de ejercicio en adultos con obesidad.....	42
3.5. Adaptaciones fisiológicas y metabólicas inducidas por el ejercicio	43
3.6. Ejercicio como estrategia terapéutica en la obesidad	45
4. Evidencia Científica sobre Ejercicio y Microbiota en Adultos con Obesidad.....	46
4.1. Respuesta microbiana a diferentes modalidades de ejercicio	47
4.2. Relación entre Intensidad/Volumen y cambios en la diversidad microbiana.....	49
Planteamiento del problema.....	50
Objetivos	52
Objetivo General.....	52
Objetivos específicos	52
Metodología	53
Tipo y diseño de estudio	53
Criterios de inclusión	53
Criterios de exclusión	54
Estrategia de búsqueda y fuentes	54
Proceso de selección de los artículos y análisis de información.....	56
Evaluación de la calidad metodológica.....	59
Resultados	60
Evaluación de Calidad Metodológica (JBI) y Riesgo de Sesgo	72
Discusión.....	76
Características demográficas, clínicas y antropométricas de los adultos con obesidad	76
Modalidades del ejercicio	77
Característica de la microbiota en adultos con obesidad	78
Relación de la intensidad y duración del ejercicio con los cambios en la microbiota.....	80
Tipos de intervenciones de ejercicio con mayor evidencia favorable para modular la microbiota intestinal en el tratamiento de la obesidad.....	81
Conclusiones	83

Recomendaciones	85
Bibliografía	86

Índice de figuras

Figura 1 Clasificación de la Obesidad según LANCET	21
Figura 2 Mecanismo de la microbiota intestinal en la patología de la obesidad.	39
Figura 3 Resumen de los efectos del ejercicio sobre el tejido adiposo blanco (WAT) y el tejido adiposo marrón (BAT).	45
Figura 4 Los distintos efectos de las modalidades e intensidades de ejercicio sobre la composición de la microbiota intestinal.	47
Figura 5 La proporción de Bacillota/Bacteroidota puede variar según la intensidad del entrenamiento físico.....	48
Figura 6 Diagrama de flujo PRISMA 2020	58

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación Metodológica entre Secuenciación ARNr 16S y Metagenómica Shotgun	35
Tabla 2 Resultado de la búsqueda bibliográfica sobre efecto del ejercicio físico en la microbiota intestinal de adultos con obesidad.....	60
Tabla 3 Características demográficas, clínicas y antropométricas de los participantes	62
Tabla 4 Características de la intervención de ejercicio en los estudios incluidos.....	65
Tabla 5 Análisis de Diversidad Alfa, Diversidad Beta y Conclusión de Estructura Ecológica de la Microbiota Intestinal Post-Ejercicio	66
Tabla 6 Taxones bacterianos específicos incrementados y disminuidos post-ejercicio en los estudios incluidos.....	69
Tabla 7 Evaluación de Ensayos Clínicos Aleatorizados (RCT - 13 ítems)	72
Tabla 8 Evaluación de Estudios Cuasiexperimentales (9 ítems).....	74

Listado de Abreviaturas

AGCC	Ácidos grasos de cadena corta
AMPK	Proteína cinasa activada por AMP
APA	American Psychological Association
BAT	Tejido adiposo marrón
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
DXA	Dual-energy X-ray Absorptiometry / Densitometría Ósea
EHGNA	Enfermedad del hígado graso no alcohólico
FCmax	Frecuencia cardíaca máxima
F/B	Relación Firmicutes/Bacteroidetes
FCR	Frecuencia Cardíaca de Reserva
FGF- 21	Factor de crecimiento de fibroblastos 21
GLP-1	Péptido similar al glucagón tipo 1
HOMA-IR	Evaluación del modelo homeostático para la resistencia a la insulina
HIIT	Entrenamiento interválico de alta intensidad
HRR	Frecuencia cardíaca de reserva
IGF-1	Factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1
JB1	Joanna Briggs Institute
IL	Interleucina
ILA	Ácido indol-3-láctico
IMC	Índice de masa corporal
LIF	Factor inhibidor de la leucemia
LPS	Lipopolisacárido
MASLD	Metabolic Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease
MeSH	Medical Subject Headings
PCoA	Principal Coordinate Analysis

PERMANOVA	Permutational Multivariate Analysis of Variance
PYY	Péptido YY
Qpcr	Quantitative Polymerase Chain Reaction
Smet	Síndrome metabólico
RCC	Relación cintura-cadera
RCT	Ensayo clínico aleatorizado
1RM	Una Repetición Máxima
TGF- β	Factor de crecimiento transformante beta
TNF- α	Factor de necrosis tumoral alfa
VAT	Tejido adiposo visceral
WAT	Tejido adiposo blanco
WHO	World Health Organization

Resumen

La obesidad es una enfermedad crónica y multifactorial asociada con alteraciones metabólicas, cambios en la composición y función de la microbiota intestinal. El ejercicio físico es una estrategia no farmacológica para tratar esta patología; las investigaciones previas sugieren la posible capacidad para modular la microbiota intestinal. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del ejercicio sobre la microbiota intestinal en adultos con obesidad, según la evidencia científica disponible en los últimos cinco años.

La búsqueda de información se realizó en las bases de datos PubMed, Scopus, ScienceDirect y ProQuest. Los estudios incluidos se evaluaron mediante las herramientas de Joanna Briggs Institute. Se incluyeron siete estudios primarios, los cuales presentaron una importante heterogeneidad en las características demográficas y clínicas de los participantes, así como en las modalidades, intensidades y duraciones del ejercicio.

Se evaluaron intervenciones aeróbicas, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, ejercicio interválico de alta intensidad y entrenamiento concurrente. Los resultados sugieren que el ejercicio puede asociarse con modificaciones selectivas en determinados grupos bacterianos y metabolitos; sin embargo, los cambios en la diversidad alfa fueron limitados o inconsistentes. Las intervenciones de mayor intensidad y los programas combinados mostraron resultados favorables en algunos estudios, particularmente sobre la diversidad beta y determinados grupos bacterianos, aunque la evidencia disponible no permite establecer una modalidad universalmente superior.

Se concluye que el ejercicio físico podría contribuir a la modulación de la microbiota intestinal en adultos con obesidad, principalmente mediante cambios selectivos en su composición y función. No obstante, la heterogeneidad de la evidencia impide establecer recomendaciones

definitivas sobre la prescripción óptima del ejercicio, por lo que se requieren investigaciones futuras con protocolos más estandarizados.

Palabras clave: obesidad; ejercicio físico; microbiota intestinal; diversidad microbiana; entrenamiento físico.

Abstract

Obesity is a chronic and multifactorial disease associated with metabolic alterations and changes in the composition and function of the gut microbiota. Physical exercise is a non-pharmacological strategy used in the management of obesity, and previous research suggests that it may have the potential to modulate the gut microbiota. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of physical exercise on the gut microbiota in adults with obesity, according to the scientific evidence available over the last five years.

A literature search was conducted in the PubMed, Scopus, ScienceDirect, and ProQuest databases. The methodological quality of the included studies was assessed using the Joanna Briggs Institute tools. Seven primary studies were included, showing considerable heterogeneity in the demographic and clinical characteristics of participants, as well as in the modalities, intensities, and durations of the exercise interventions.

The interventions evaluated included aerobic exercise, resistance training, strength training, high-intensity interval training, and concurrent training. The findings suggest that physical exercise may be associated with selective changes in specific bacterial groups and microbial metabolites; however, changes in alpha diversity were limited or inconsistent. Higher-intensity interventions and combined exercise programs showed favorable results in some studies, particularly regarding beta diversity and specific bacterial groups, although the available evidence does not allow for the identification of a universally superior exercise modality.

In conclusion, physical exercise may contribute to the modulation of the gut microbiota in adults with obesity, mainly through selective changes in its composition and function. However, the heterogeneity of the available evidence prevents definitive recommendations regarding the optimal prescription of exercise. Future research using more standardized intervention protocols is therefore needed.

Keywords: obesity; physical exercise; gut microbiota; microbial diversity; exercise training

Introducción

La obesidad, es una enfermedad multifactorial considerada uno de los principales problemas de salud del siglo XXI. Esta patología está asociada al desarrollo de diabetes mellitus tipo 2 (DM2), el síndrome metabólico (SMet), dislipidemia, hipertensión arterial y la enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA)(Y. I. Kim et al., 2025). A nivel mundial, representa la quinta causa más común de mortalidad, con una estimación de entre 2 a 8 millones de muertes de adultos al año (Mageit et al., 2025)

Esta patología se ha asociado con alteraciones de la función intestinal y la composición de la microbiota intestinal , que desempeña un papel fundamental en el equilibrio energético, la regulación hormonal y la función inmunitaria (Ribeiro et al., 2022). Estudios han evidenciado que las personas con obesidad tienen una microbiota intestinal caracterizada por una menor diversidad microbiana y una mayor relación *Firmicutes- Bacteroidetes* (F/B), que se correlaciona con una mayor adiposidad, es decir , disfunción metabólica y aumenta procesos inflamatorios (Y. I. Kim et al., 2025)

Entre los factores modificables de la obesidad, uno de los que se destacan es la inactividad física; en este contexto, el ejercicio físico se ha vuelto fundamental en el área de la salud al ser una de las intervenciones no farmacológicas más relevantes en la promoción de la salud, prevención y tratamiento de enfermedades crónicas (Peña Beltrán, 2021). La práctica de ejercicio trae consigo múltiples beneficios, tales como la mejora en la composición corporal, la salud cardiovascular y la función inmune; entre los beneficios más recientes destaca la capacidad de transformar la composición de los microorganismos que coexisten con el ser humano durante toda su vida (Peña Beltrán, 2021).

Por lo tanto, el ejercicio físico ha surgido como modulador de la microbiota intestinal, investigaciones recientes han demostrado que seis semanas de ejercicio aeróbico

incrementaron la abundancia de bacterias productoras de AGCC como *Faecalibacterium*, *Roseburia* y *Lachnospira*, las cuales están asociadas con efectos antiinflamatorios y una mejora del metabolismo energético (Y. I. Kim et al., 2025). No obstante, la respuesta al ejercicio físico muestra variabilidad dependiendo de las características de la población; en adultos con obesidad, los resultados son heterogéneos, en los que se reportan cambios moderados o limitados en la composición de la microbiota intestinal tras la intervención con ejercicio (Y. I. Kim et al., 2025).

(Del Campo-Moreno et al., 2018) afirman que para alcanzar un estado de salud integral es necesario un estado saludable del tracto gastrointestinal. Además, se ha demostrado que factores como la intensidad, duración y frecuencia del ejercicio, así como la edad, la dieta y el estilo de vida influyen en la microbiota intestinal. (Hernández Paradela, 2025)

Según (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024), el ejercicio tiene beneficios sobre la composición corporal, la condición física, el equilibrio hormonal y la diversidad de la microbiota intestinal. Estos efectos constituyen un factor protector frente al desarrollo de las enfermedades cardiovasculares, metabólicas e inflamatorias.

A pesar de reconocer que el ejercicio genera beneficios sobre la composición corporal y la salud metabólica, se debe tomar en cuenta que los resultados relacionados con el microbiota intestinal siguen siendo heterogéneos, lo que dificulta establecer conclusiones claras y generalizables en población adulta con obesidad (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024) (Y. I. Kim et al., 2025).

Por lo mencionado anteriormente, resulta relevante realizar una revisión narrativa que permita analizar el efecto del ejercicio físico sobre la microbiota intestinal en adultos con obesidad, con base en la evidencia científica disponible. Este estudio busca contribuir al

desarrollo de estrategias integrales de prevención y tratamiento de esta patología (Y. I. Kim et al., 2025).

Justificación

Se justifica la realización de esta investigación debido a la creciente prevalencia de obesidad y su impacto en la salud pública, la obesidad es una enfermedad que, según la (WHO, 2025), va en aumento, por lo que estudiar el funcionamiento de la microbiota y su relación con el ejercicio en esta población vital para contribuir en su tratamiento (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024). En el 2021, la obesidad fue responsable de 2,8 millones de muertes por enfermedades no transmisibles (ENT) en las Américas (OPS, 2023) A nivel nacional, en Ecuador, el World Obesity Atlas registró 4 507 muertes asociadas a la obesidad, lo que aumenta la relevancia social de este estudio, por ser evidente el hecho de que la obesidad genera una carga en el sistema de salud pública. Estos datos indican el impacto social y sanitario de abordar la obesidad mediante estrategias de prevención y tratamiento sustentadas en evidencia científica. (EFE, 2025).

Desde el ámbito científico, este estudio sintetiza la evidencia reciente sobre los efectos del ejercicio físico en la microbiota intestinal de adultos con obesidad, una intervención ampliamente reconocida por mejorar la composición corporal y prevenir enfermedades crónicas (Naveros Hernández & Santana Betancor, 2025). Aunque se propone que el ejercicio físico genera cambios positivos en la diversidad bacteriana y promueve la salud gastrointestinal frente a la disbiosis, los estudios disponibles muestran resultados heterogéneos debido a las variaciones en las características de los participantes, las modalidades del ejercicio y los métodos de evaluación, lo que dificulta establecer conclusiones consistentes sobre los cambios producidos por el ejercicio (Peña Beltrán, 2021)

Respecto a la utilidad práctica y profesional, esta investigación aportará evidencia científica actualizada sobre los efectos del ejercicio en la microbiota intestinal a médicos, nutricionistas y otros profesionales de la salud. Asimismo, permitirá identificar las

características de las intervenciones que han mostrado resultados favorables, sin establecer una modalidad o prescripción universal debido a la heterogeneidad de la evidencia (Peña Beltrán, 2021) .

Desde una perspectiva económica, el ejercicio constituye una estrategia no farmacológica y es parte del manejo integral de la obesidad. Su estudio es pertinente ante la carga que representan la obesidad y la inactividad física para los sistemas de salud (OMS, 2024). Finalmente, la investigación es viable porque corresponde a una revisión narrativa con búsqueda sistematizada de literatura científica en PubMed, Scopus, ScienceDirect y ProQuest. Su desarrollo no requiere reclutamiento de participantes, intervención clínica ni procedimientos de laboratorio, lo que permite realizarla con los recursos académicos disponibles.

Marco Teórico

1. La Obesidad

1.1. Definición y Clasificación

La obesidad es la acumulación anormal o excesiva de grasa corporal que puede perjudicar al bienestar físico del ser humano, si un adulto tiene un índice de masa corporal igual o superior a 30 kg/m², se considera que tiene obesidad (Castillo B & Salgado C, 2021).

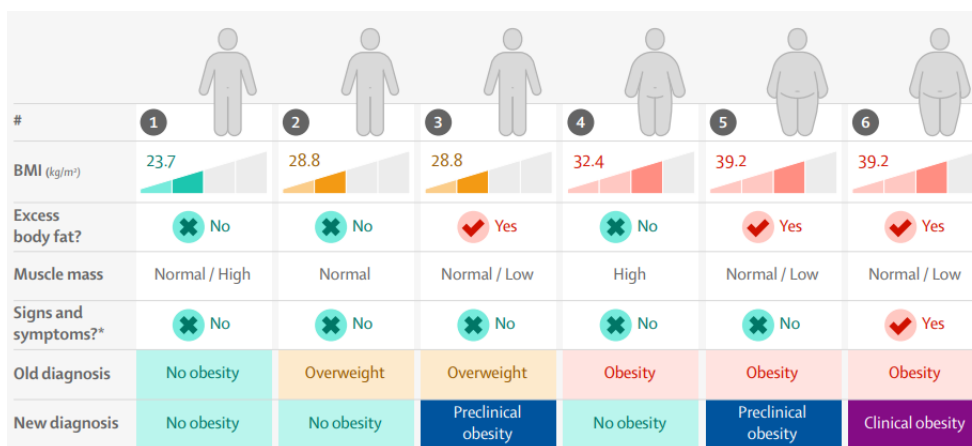
Según la (OMS, 2021), se define como obesidad un IMC igual o superior a 30 kg/m², y se clasifica en tres grados: obesidad tipo I (30.0–34.9 kg/m²), tipo II (35.0– 39.9 kg/m²) y tipo III o mórbida (≥ 40.0 kg/m²).

Cabe mencionar que LANCET, en 2025 propone una nueva clasificación de obesidad de acuerdo a la sintomatología que presenta (Rubino et al., 2025):

- Obesidad clínica: se define como la enfermedad crónica activa donde el exceso de grasa corporal provoca una disminución de la función de los órganos o reduce significativamente la capacidad para realizar actividades diarias.
- Obesidad Preclínica: Estado de exceso de adiposidad con función orgánica preservada. Aunque no hay enfermedad en curso, existe un riesgo elevado y variable de desarrollar obesidad clínica u otras enfermedades no transmisibles (diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular, cáncer).

Figura 1

Clasificación de la Obesidad según LANCET



Nota. Imagen obtenida de (THE LANCET Diabetes and Endocrinology, 2025).

1.2.Epidemiología

A nivel mundial en 2015, aproximadamente 604 millones de adultos tenían obesidad, y la prevalencia de la obesidad fue mayor en mujeres que en hombres en todos los niveles socioeconómicos y grupos de edad, además se estiman que para el año 2050, 3.800 millones de adultos en todo el mundo serán considerados con sobrepeso u obesidad, y 1.950 millones tendrán obesidad lo cual son cifras alarmantes convirtiéndose en un problema de salud en todo el mundo (Perreault & Bessesen, 2025).

De acuerdo con los datos de la Organización Mundial de la Salud (2024), en el 2016 el 13% de los adultos padecían obesidad a nivel mundial. También, más de 340 millones de niños y adolescentes de más de 5 años padecían obesidad(Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024; WHO, 2025).

Según (Vinueza-Veloz et al., 2023), la prevalencia de la obesidad en adultos en el mundo es del 13,1 %, mientras que en el continente americano es del 28,6 %. Esta cifra convierte a esta región en la de mayor carga de obesidad a nivel internacional. En el Ecuador, de acuerdo

con cifras del (INEC, 2018) el sobrepeso y la obesidad tienen una prevalencia del 64,68 % en los adultos de 19 a 59 años.

En el año 2025, ‘World Obesity Atlas’ realizó un estudio elaborado por la Federación Mundial de Obesidad, en el cual se reporta que en el Ecuador se registrará un 30 % de adultos con obesidad y un 71 % con un índice de masa corporal (IMC) alto en ese año (EFE, 2025).

Según la investigación, que se realizó con base en datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Instituto de Métricas de Salud y otras entidades internacionales, el Ecuador tendrá 9,98 millones de personas con IMC alto (superior a 25 kg/m²,) para el año 2030 (EFE, 2025).

1.3.Etiología

La obesidad es una enfermedad multifactorial, que se origina por la interacción continua entre la predisposición genética y el entorno que se caracteriza por el sedentarismo así como el alto consumo de alimentos de alto contenido calórico (Combs et al., 2026; Rehman et al., 2026).

Llevar una vida con patrones de alimentación no equilibrados, junto con factores conductuales que condicionan la ingesta calórica y la regulación del apetito, incrementa la posibilidad de tener obesidad (Rehman et al., 2026)

Asimismo, el sedentarismo y la inactividad física reducen drásticamente el gasto energético diario, generando un balance calórico positivo sostenido que conduce a la acumulación excesiva y anormal de grasa corporal (Sourij et al., 2026)

1.4.Fisiopatología

La obesidad es una enfermedad que se produce por la interacción de muchos factores tanto genéticos, ambientales, socioeconómicos como conductuales o psicológicos (Khanna et al., 2022). A nivel sistémico, la obesidad también se conoce como inflamación crónica de bajo grado o “inflamación metabólica”, que predispone a padecer de la enfermedad arterial coronaria, la aterosclerosis, la resistencia a la insulina, la hipertensión arterial, diabetes mellitus y varios tipos de cáncer (Latorre et al., 2021; J. Xu et al., 2021). Por lo tanto, el tejido adiposo es un órgano endocrino y metabólico activo que en parámetros normales almacena energía, regula el gasto energético, la sensibilidad a la insulina y la inflamación mediante la secreción de adipocinas. Además, cumple funciones reproductivas, endocrinas, de inmunidad, e interviene en el metabolismo óseo, y actúa como reservorio de triacilglicerolos (Khanna et al., 2022).

Es relevante mencionar, que durante el desarrollo de la obesidad, el exceso de nutrientes de forma crónica, desgasta al tejido adiposo y su respuesta protectora tiende a ser perjudicial, convirtiéndose en una patología sistémica y crónica; ya que induce el aumento de citoquinas proinflamatorias, se relaciona con la hipertrofia e hiperplasia de los adipocitos (Chang et al., 2020).

El esparcimiento celular sin control altera profundamente el perfil secretor del tejido adiposo, de las adipocinas. En sujetos con normopeso predominan las adipoquinas antiinflamatorias y mediadores protectores, tales como la adiponectina, la apelina, el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β), el antagonista del receptor de IL-1 (IL-1Ra) y las interleucinas IL-4, IL-10 e IL-13 (Khanna et al., 2022).

Por el contrario, en personas con obesidad se produce una marcada inhibición de estos mediadores protectores y un incremento en la secreción de moléculas proinflamatorias como

la leptina, la resistina, la visfatina, la angiotensina II, el inhibidor del activador del plasminógeno-1 (PAI-1) y citoquinas como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), proteína C reactiva y la interleucina-6 (IL-6) (Farias et al., 2020; Khanna et al., 2022; Teixeira et al., 2021).

Cuando la hipertrofia de los adipocitos llega a su límite, se inicia la lipotoxicidad, que se ve por una gran liberación desregulada de ácidos grasos libres (FFA) en la circulación sistémica. El exceso de grasa viaja por el cuerpo humano y se acumula en lugares en donde no debería estar, esto causa pérdida directa de la sensibilidad a la insulina en tejidos clave como el músculo esquelético, el hígado y el tejido adiposo (Sourij et al., 2026). Al mismo tiempo, el tejido adiposo blanco crece tan rápido que los vasos sanguíneos no logran abastecerlo por completo, lo que provoca zonas de hipoxia tisular crónica. La falta de oxígeno activa el factor de transcripción inducido por hipoxia 1 α (HIF1 α) dentro de las células grasas, como resultado, el cuerpo deja de quemar grasas y se activan procesos que causan una fuerte inflamación interna (Wang, Wu, et al., 2025).

La acumulación de leucina por exceso de energía e hipoxia tisular, estimula la activación del sensor de nutrientes mTOR y el HIF1 α , esto desencadena la sobreexpresión de la metaloproteasa de membrana ADAM17 en los adipocitos maduros. Esta enzima ADAM17 actúa como una "tijera molecular" responsable de realizar la escisión proteolítica (shedding) del receptor de membrana de la IL-6 (IL-6R α), liberando el receptor soluble de la IL-6 (sIL-6R) al torrente sanguíneo. Como resultado, el tejido adiposo blanco hipertrófico se convierte en fuente principal de este receptor en la obesidad. De este fenómeno es importante destacar que la IL-6 clásica, en los vasos sanguíneos ejerce efectos metabólicos neutros o protectores, pero su unión al sIL-6R circulante forma un complejo molecular que activa la vía de señalización trans (trans-signaling) de la IL-6 en prácticamente todas las células del organismo mediante la proteína gp130 (Wang, Wu, et al., 2025)

La vía de señalización trans de la IL-6 es la responsable directa de mantener la inflamación crónica en el tejido adiposo y de bloquear la cascada de señalización de la insulina mediante la fosforilación inhibitoria del sustrato del receptor de insulina 1 (IRS1) (Wang, Wu, et al., 2025).

Adicionalmente, este entorno proinflamatorio llega a causar un daño en la función inmunitaria, en especial en el recuento de leucocitos, como son los monocitos, linfocitos y neutrófilos; en esta patología se ha descrito que se produce un cambio fenotípico en los macrófagos del tejido adiposo, en la cual pasan de un estado antiinflamatorio (M2) a uno proinflamatorio (M1), lo cual contribuye a la inflamación y por consiguiente a la resistencia a la insulina y enfermedades cardiovasculares (Khanna et al., 2022).

1.5.Diagnóstico de Obesidad

El Índice de Masa Corporal (IMC) es la herramienta inicial estándar para detectar el exceso de adiposidad, pero un diagnóstico preciso de obesidad requiere de evaluaciones antropométricas. La evidencia científica señala que un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ posee una alta especificidad pero baja sensibilidad(American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026) . En el metaanálisis realizado por (Sommer et al., 2020) determinaron que la especificidad supera el 95% en ambos sexos (95.4% en mujeres y 97.3% en hombres), lo que ofrece certeza diagnóstica ante valores elevados, sin embargo, su sensibilidad es baja: falla en detectar la obesidad en casi la mitad de los casos, registrando apenas un 51.4% en mujeres y un 49.6% en hombres.

En consecuencia, basar el diagnóstico únicamente en el IMC excluye a pacientes con un $IMC < 30 \text{ kg/m}^2$ que presentan un exceso de grasa real y un alto riesgo de morbilidad y mortalidad. Por lo tanto, en este último grupo es clínicamente indispensable incorporar mediciones adicionales como la circunferencia de la cintura(American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026) .

- Diagnosticar obesidad en adultos de origen no asiático cuando se identifica exceso de adiposidad mediante cualquiera de los siguientes criterios: $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$; $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ y relación cintura-estatura $\geq 0,5$; $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ y circunferencia de cintura $\geq 88 \text{ cm}$ en mujeres o $\geq 102 \text{ cm}$ en hombres(American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026) .
- Diagnosticar obesidad en adultos de origen asiático cuando se identifica exceso de adiposidad mediante cualquiera de los siguientes criterios: $IMC \geq 27,5 \text{ kg/m}^2$; $IMC \geq 23 \text{ kg/m}^2$ y relación cintura-estatura $\geq 0,5$; $IMC \geq 23 \text{ kg/m}^2$ y circunferencia de cintura $\geq 80 \text{ cm}$ en mujeres o $\geq 90 \text{ cm}$ en hombres(American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026) .

1.6.Evaluación de la composición corporal y distribución del tejido adiposo en la obesidad

En la actualidad, evaluar la obesidad ya no se centra en el Índice de Masa Corporal (IMC), debido a su incapacidad para detallar la composición corporal y la distribución de la grasa. Estos factores son esenciales para analizar los riesgos cardiometabólicos (Sarmiento Leon et al., 2024)

a) Densitometría Corporal por Absorciometría de Rayos X de Energía Dual (DXA)

La DXA es un método para evaluar la composición corporal a través de una baja emisión de radiación, y permite estimar la masa grasa (músculo y órganos), la masa libre de grasa y la densidad mineral ósea (Silveira et al., 2024).

b) Grasa Visceral (Tejido Adiposo Visceral - VAT)

El tejido adiposo visceral (VAT, por sus siglas en inglés) es aquel que se encuentra dentro de la cavidad abdominal y cubre los órganos, especialmente el hígado, riñón, los intestinos, páncreas y corazón (Frigolet & Gutiérrez-Aguilar, 2020).

c) Grasa Androide (Distribución Androide vs. Ginecoide)

La acumulación de la grasa abdominal (androide) reduce la sensibilidad a la insulina, mientras que la acumulación de grasa en glúteos y piernas (ginoide) favorece el metabolismo de la glucosa y los lípidos. En la obesidad central, el exceso de energía obtenida por alimentos y la lipólisis se almacenan como grasa visceral, elevando el riesgo cardiometabólico (Prasetyo et al., 2022)

d) Circunferencia de Cintura

La circunferencia de cintura (cm) es la medición antropométrica clínica más sencilla, económica y permite evaluar la presencia de adiposidad central o abdominal, aunque no permite diferenciar directamente entre tejido adiposo visceral y subcutáneo, se ha relacionado con la cantidad de tejido adiposo visceral y puede utilizarse como medida práctica de adiposidad abdominal (Boone et al., 2022)

Según (American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026) en adultos, valores de circunferencia de cintura ≥ 88 cm en mujeres y ≥ 102 cm en hombres se utilizan como puntos de referencia para identificar obesidad abdominal y valorar el riesgo cardiometabólico.

1.7. Consecuencias clínicas de la obesidad

La obesidad aumenta la posibilidad de desarrollar diabetes mellitus, hipertensión arterial, dislipemia, síndrome metabólico, mayor probabilidad de tener cáncer y artrosis. También de

incrementar los problemas de corazón y del sistema respiratorio, deteriorando la calidad de vida, posibles problemas a nivel psicológico (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024)

Estas enfermedades aparecen porque existe un entorno inflamatorio crónico que altera la señalización hormonal e induce resistencia a la insulina en el músculo esquelético, el hígado y el tejido adiposo (Combs et al., 2026; Sourij et al., 2026)

El cuerpo, ante la persistencia de esta disfunción metabólica y con la sobrecarga funcional del páncreas, promueve la aparición de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) (Reljic et al., 2025). A su vez, el depósito ectópico de lípidos en el parénquima hepático favorece el desarrollo de la enfermedad del hígado graso (MASLD) (Combs et al., 2026)

Por último, la combinación de la inflamación crónica, la dislipidemia y la resistencia a la insulina dañan a los vasos sanguíneos, incrementando las enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Batitucci et al., 2024; Reljic et al., 2025).

2. La Microbiota Intestinal

2.1. Concepto de la microbiota intestinal

La microbiota intestinal es el conjunto de microorganismos que habitan en el tracto intestinal humano, el cual contiene aproximadamente 40 billones de microorganismos; estas células microbianas que habitan en el intestino tienen una proporción de 1:1 respecto a las células humanas. Los dos filos bacterianos dominantes, que representan el 90 % de la microbiota, son los Firmicutes y los Bacteroidetes, el resto de filos corresponde a Actinobacteria, Proteobacteria y Verrucomicrobia (Castaner et al., 2018; De Clercq et al., 2016).

La relación que existe entre estos microorganismos en el cuerpo humano se mantiene en equilibrio simbiótico en estados de salud, pero al existir una alteración de la composición

microbiana, denominada disbiosis, se asocia con cambios en el peso corporal y el almacenamiento de grasa (De Clercq et al., 2016).

Uno de los debates más controvertidos en los últimos tiempos de la investigación es definir el microbioma "saludable", lo cual resulta complicado debido a la enorme variabilidad interpersonal, étnica y geográfica. Sin embargo, se ha llegado a la conclusión de que una microbiota saludable se caracteriza por estar compuesta principalmente por la abundancia de géneros como: *Bacteroides*, *Firmicutes* (*Faecalibacterium* y *Roseburia*), seguidos de *Proteobacterias*, *Actinobacteria* (*Bifidobacterium*), y *Verrucomicrobia* (*Akkermansia*) (Joos et al., 2025) (Jyoti & Deyro, 2025), los cuales aseguran una producción continua de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Mantener este tipo de microbiota, depende de muchos factores como el tipo de dieta, el uso de medicamentos, el nivel de actividad física, la geografía, la urbanización, el tener mascotas.(Joos et al., 2025)

2.2.Funciones de la microbiota intestinal

La microbiota intestinal es un ecosistema dinámico que desempeña muchas funciones en el metabolismo, la protección de la barrera intestinal y la regulación del sistema inmunitario . Estos microorganismos producen diferentes metabolitos que tienen la capacidad de influir en procesos fisiológicos y metabólicos del cuerpo humano(Mahdieh et al., 2023). Por ello, la evidencia actual reconoce a la microbiota intestinal como un componente fundamental en el mantenimiento de la homeostasis y la salud metabólica(Cataldi et al., 2022).

a) Regulación del metabolismo energético.

La microbiota intestinal participa en la obtención de energía mediante la fermentación de nutrientes adquiridos de la dieta que no son completamente digeridos por el organismo, principalmente fibras dietéticas y almidón resistente, este proceso permite que se sintetiza

vitaminas ácidos grasos de cadena corta, se metaboliza los ácidos biliares, cumple funciones en el sistema inmunitario y endocrino del ser humano (Campbell et al., 2023).

Los principales ácidos grasos de cadena corta (AGCC) son el acetato, el propionato y el butirato. El acetato es el más abundante, actúa como combustible para los músculos y evita que el tejido adiposo se acumule. El propionato actúa a nivel del hígado regulando los niveles de glucosa en sangre y el consumo de energía (Snodgrass & Velayudhan, 2026). En tanto, el butirato por las células del colon, es utilizado como principal fuente de energía y estimula al organismo a quemar grasas de forma más eficiente, por la oxidación lipídica en el tejido adiposo marrón (Augustynowicz et al., 2025; Rehman et al., 2026).

Además, los AGCC regulan procesos metabólicos relacionados con el apetito y el metabolismo de la glucosa, mediante la liberación de hormonas intestinales como el péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1) y el péptido YY (PYY), que intervienen en la saciedad, debido a que permiten la comunicación entre el intestino y el cerebro y al control de la ingesta de alimentos (Ribeiro et al., 2022).

Asimismo, la microbiota actúa sobre las hormonas relacionadas con el balance energético, como leptina, grelina y péptido YY, las cuales posibilitan el control del hambre y la saciedad (Ribeiro et al., 2022), cuando se rompe el equilibrio del ecosistema intestinal, se ha asociado con obesidad, inflamación metabólica y resistencia a la insulina (Forte et al., 2020).

b) Función inmunológica.

Las bacterias intestinales desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y en la respuesta inmunitaria frente a agentes dañinos para el cuerpo humano (Augustynowicz et al., 2025). Otra de las funciones de la microbiota que es importante mencionar es la respuesta frente a un proceso inflamatorio. Algunos microorganismos intestinales, como *Lactobacillus* y

Bifidobacterium, se consideran beneficiosos porque favorecen la producción de moléculas con actividad antiinflamatoria, como la IL-4, IL-10 e IL-13 y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β) (Mahdieh et al., 2023).

La microbiota incentiva la producción de inmunoglobulina A (IgA) en el colon, lo que ayuda a proteger, mantener la barrera intestinal y limitar el paso de lipopolisacáridos bacterianos al torrente circulatorio (Zhou et al., 2022). Al alterarse este equilibrio, se ve reflejado en un daño en la barrera intestinal, lo que incrementa la inflamación sistémica de bajo grado, un proceso vinculado a trastornos metabólicos como la obesidad y la resistencia a la insulina (Combs et al., 2026).

c) Metabolismo de Ácidos Biliares y Neutralización de Xenobióticos.

Además de los ácidos grasos de cadena corta y los ácidos biliares, la microbiota intestinal tiene una participación activa en la producción y modificación de otros metabolitos relacionados con la salud metabólica del huésped. Por un lado, ciertos compuestos se originan del metabolismo de aminoácidos que están en los alimentos, como el triptófano y la tirosina; los cuales es relevante destacar a los derivados del indol (como el indol-3-lactato) y el ácido 4-hidroxifenil-láctico, los cuales ayudan la comunicación entre la microbiota y el organismo, preservan la barrera intestinal y regulan procesos metabólicos e inmunitarios (Khanna et al., 2022)

La microbiota intestinal influye activamente en el metabolismo lipídico del huésped; por ello, analizar sus metabolitos permite identificar cambios funcionales importantes aun sin variaciones significativas en la diversidad bacteriana (Sarmiento-Andrade et al., 2022). A nivel molecular, se ha demostrado que compuestos circulantes, como las liso-fosfatidilcolinas (lysoPCs), actúan como sustratos metabólicos clave que promueven la proliferación de géneros

protectores, como *Akkermansia*, un taxón indispensable para atenuar la inflamación sistémica y preservar la barrera intestinal (Sarmiento-Andrade et al., 2022)

d) Síntesis de vitaminas.

Diversas bacterias intestinales participan en la producción de vitaminas esenciales que el cuerpo humano no puede crear por sí mismo, principalmente las vitaminas del complejo B y vitamina K. Entre ellas destacan la vitamina B12, ácido fólico, la biotina y riboflavina, fundamentales para el funcionamiento del sistema inmunitario y la función neurológica (Nalewajska et al., 2020).

La vitamina B12 también interviene en la regulación del eje intestino-cerebro, favoreciendo la producción de neurotransmisores y manteniendo la estabilidad de la barrera intestinal (C. Xu et al., 2025).

e) Función barrera.

La microbiota intestinal protege al organismo frente a microorganismos patógenos mediante la competencia por nutrientes y espacios de apego. Además, fortalece la barrera mucosa intestinal al estimular la producción de moco y de proteínas de unión estrecha (tight junctions), evitando el aumento de la permeabilidad intestinal (Domínguez Rubio et al., 2022).

Los AGCC, especialmente el butirato, cumplen un papel antiinflamatorio y ayudan a preservar la función de barrera del epitelio intestinal; cuando esta barrera se altera, pueden desencadenarse procesos inflamatorios sistémicos y enfermedades metabólicas (Snodgrass & Velayudhan, 2026).

2.3.El Eje Intestino-Cerebro y su rol en la Saciedad

El eje intestino-cerebro es un sistema de comunicación bidireccional entre el tracto gastrointestinal y el sistema nervioso central. Esta comunicación ocurre mediante vías neuronales, hormonales, inmunológicas y metabólicas, donde la microbiota intestinal desempeña un papel fundamental (Nalewajska et al., 2020).

La microbiota influye en la sensación de hambre y saciedad a través de la producción de metabolitos y neurotransmisores. La elaboración de AGCC estimula la liberación de hormonas GLP-1 y péptido YY, que disminuyen el apetito a través de un mecanismo mediado por el nervio vago (Ribeiro et al., 2022).

Por lo tanto, el nervio vago actúa como principal vía de comunicación entre el intestino y el cerebro, transmitiendo señales relacionadas con el estado nutricional y controlando la ingesta de alimentos (Wang, Duan, et al., 2025)

Un desequilibrio entre los microbios dañinos y beneficiosos puede alterar estos mecanismos, favoreciendo inflamación, aumento del apetito y cambios en los circuitos cerebrales de recompensa alimentaria. Por ello, mantener una microbiota saludable mediante una alimentación rica en fibra y alimentos fermentados puede contribuir al adecuado control de la saciedad y del peso corporal (Barakat et al., 2024).

2.4.Métodos para la evaluación de la microbiota intestinal

La evaluación de la microbiota intestinal analiza la composición, diversidad microbiana y funciones metabólicas que cumple en el sistema digestivo. Para examinar la microbiota intestinal, la principal fuente de información son las muestras fecales para la extracción de ADN microbiano y su posterior análisis mediante técnicas de secuenciación y herramientas

bioinformáticas. Entre los principales métodos empleados se encuentran la secuenciación del gen del ARN ribosomal 16S, la metagenómica shotgun, el análisis de abundancia relativa y las medidas de diversidad alfa y beta. Estos procedimientos permiten evaluar los cambios en la microbiota desde diferentes niveles (Knight et al., 2018).

a) Secuenciación del gen ARNr 16S

Es una técnica de extracción de ADN, amplificación de una o varias regiones del gen 16S (como V3–V4 o V4), presente en todas las bacterias. Su objetivo principal es identificar que grupos bacterianos están presentes en la muestra fecal a nivel de familias y géneros bacterianos (ej. *Bifidobacterium*, *Roseburia*, *Lactobacillus*). Este método ofrece una caracterización taxonómica rápida y accesible, aunque no permite identificar especies exactas con alta precisión ni medir genes funcionales directamente (Bolyen et al., 2019).

b) Metagenómica shotgun

La metagenómica shotgun fragmenta y secuencia todo el ADN genómico presente en la muestra sin amplificar un único gen. Este método se destaca porque permite identificar microorganismos a nivel de especie y cepa específica (p. ej., *Akkermansia muciniphila*) y describir el conjunto de genes funcionales presentes en la comunidad microbiana, lo que sirve para conocer qué microorganismos están habitando y qué funciones metabólicas son capaces de realizar (Quince et al., 2017; Rehman et al., 2026).

Tabla 1*Comparación Metodológica entre Secuenciación ARNr 16S y Metagenómica Shotgun*

Criterio Metodológico	Secuenciación de Amplicones ARNr 16S	Metagenómica Shotgun (WGS)
Objetivo Principal	Identificación taxonómica de bacterias y arqueas	Identificación taxonómica global y perfil funcional complete
Resolución Taxonómica	Nivel de Género / Familia (limitado en especie)	Nivel de Especie y Cepa específica
Blanco de Secuenciación	Regiones hipervariables del gen 16S (ej. V4)	Fragmentación total del ADN genómico comunitario
Análisis Funcional	Inferencia indirecta/predictiva (PICRUST2, Tax4Fun)	Mapeo directo de genes enzimáticos (KEGG, MetaCyc)
Costo y Complejidad	Económico; menor demanda computacional	Costo elevado; alta demanda bioinformática y de cómputo

Nota. Adaptado de Knight et al. (2018), Quince et al. (2017)

c) Abundancia relativa

Es el porcentaje que representa un grupo bacteriano específico frente al total de microorganismos detectados en la muestra de heces (ej. porcentaje de *Firmicutes* o *Bacteroidetes*). Todos los porcentajes deben sumar 100%, si la cantidad de una bacteria aumenta, las demás disminuyen automáticamente, aunque su número real en el cuerpo no haya cambiado. Para corregir este efecto matemático y analizar los datos de forma real, la bioinformática aplica filtros matemáticos especiales antes de hacer estadísticas, como la Transformación Logarítmica de la Razón Centrada (CLR). En caso de que el objetivo sea conocer la cantidad real y exacta de bacterias por gramo de heces, se utiliza una técnica de laboratorio diferente llamada qPCR (PCR cuantitativa) (Gloor et al., 2017; Knight et al., 2018).

d) Diversidad alfa

La diversidad alfa describe la diversidad de microorganismos dentro de una muestra y considera principalmente la riqueza y la distribución de las abundancias de los taxones. Entre los índices más utilizados se encuentran Shannon, Simpson y Chao1 (Knight et al., 2018)

- Índice de Shannon: integra la riqueza y la equidad de la comunidad; valores mayores indican una comunidad con mayor diversidad y una distribución más uniforme de las abundancias (Kers & Saccenti, 2022) .
- Índice de Simpson: otorga mayor peso a los taxones dominantes y permite valorar la distribución de las abundancias dentro de la comunidad; su interpretación depende de la formulación utilizada del índice (Kers & Saccenti, 2022).
- Estimador Chao1: estima la riqueza de la comunidad a partir de los taxones observados y otorga especial importancia a los taxones raros o poco abundantes (Kers & Saccenti, 2022).

e) Diversidad beta

Mide la disimilitud o diferencia en la composición de la microbiota entre distintas muestras o grupos de estudio. Estas diferencias se estiman mediante medidas de distancia que pueden considerar la abundancia, la presencia o ausencia de los taxones y sus relaciones filogenéticas (Knight et al., 2018). Entre los principales mediadores se encuentran:

- Distancia de Bray-Curtis: considera las diferencias en la abundancia de los taxones.
- Distancias UniFrac (Weighted / Unweighted): incorporan la relación filogenética y miden las distancias evolutivas entre las bacterias presentes en cada muestra. UniFrac no ponderado considera la presencia o ausencia de los taxones, mientras que el ponderado incorpora además su abundancia relativa.
- Jaccard considera principalmente presencia/ausencia (Knight et al., 2018).

Los resultados pueden representarse mediante gráficas (PCoA), que visualizan la distribución entre las comunidades microbianas. Sin embargo, la separación observada en la PCoA no establece por sí misma significancia estadística. Esta se puede evaluar mediante PERMANOVA, prueba que determina si la composición microbiana difiere significativamente entre grupos a partir de una matriz de distancias (Knight et al., 2018).

f) Análisis funcional de la microbiota

El análisis funcional permite caracterizar el potencial metabólico de la comunidad microbiana y sus productos metabólicos mediante aproximaciones complementarias. La predicción bioinformática mediante PICRUSt2 utiliza perfiles obtenidos mediante secuenciación del gen 16S rRNA para inferir genes y rutas metabólicas potenciales, por lo que sus resultados representan una estimación y no una medición directa de la actividad funcional (Douglas et al., 2020). Por otra parte, la metabolómica mediante LC-MS/MS permite medir directamente metabolitos presentes en muestras biológicas. En adultos con y sin obesidad sometidos a ejercicio, (Kasperek et al., 2023) utilizaron LC-MS/MS para analizar metabolitos fecales y séricos e identificaron cambios en metabolitos derivados del metabolismo microbiano, entre ellos el ácido indol-3-láctico (ILA) y el ácido 4-hidroxifeniláctico (4-HPLA).

2.5. Microbiota intestinal asociada a la obesidad

a) Cambios en diversidad alfa y beta

Según (De Clercq et al., 2016) en la obesidad se han observado alteraciones en la composición y diversidad de la microbiota intestinal en comparación con individuos sanos.

A lo largo de los años se ha observado un patrón en los modelos animales que consiste en el aumento de *Firmicutes* y una reducción de *Bacteroidetes*, *Actinobacterias* y *Proteobacterias* que se relaciona con la presencia de obesidad (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024). En estudios metagenómicos en humanos se han generado resultados inconsistentes debido a la diversidad poblacional, a factores dietéticos o ambientales de los grupos de estudio (De Clercq et al., 2016) (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024).

En relación con lo anteriormente mencionado, (Sarmiento-Andrade et al., 2022) confirman que, debido a la variabilidad de los individuos, no se puede definir el aumento de *Firmicutes* sobre los *Bacteroides* como una característica definitiva de la microbiota intestinal en personas con obesidad; de hecho, otros investigadores no han encontrado diferencias significativas.

Le Chatelier et al. (2013), citado por (Royo Fernández & Guerrero Cano, 2024) mencionan que sus hallazgos evidenciaron que las personas con obesidad tienen menor diversidad y riqueza microbiana, esto se vincula con mayor adiposidad, resistencia a la

insulina, dislipidemia y un perfil inflamatorio, lo que también predispone a tener una ganancia de peso con el tiempo.

Según (M. H. Kim et al., 2020) los individuos con obesidad presentaban menor diversidad alfa en comparación con sujetos sanos; en relación con la diversidad beta, mostraron grandes diferencias en la estructura global de la microbiota entre los grupos microbianos, lo que indica que existen cambios en microorganismos específicos.

Los estudios realizados en poblaciones latinoamericanas, como en México, (Riggen-Bueno et al., 2024) han encontrado hallazgos similares en relación con una reducción característica en la riqueza y diversidad microbiana intestinal, demostrando un estado de disbiosis asociado a la obesidad.

Lo anteriormente descrito por los investigadores indica que la microbiota intestinal en la obesidad se caracteriza especialmente por cambios en su composición, riqueza, diversidad y funcionalidad, aunque no hay un perfil taxonómico único que identifique a una persona con obesidad de manera universal. Algunos estudios hallaron variaciones en la relación entre Firmicutes y Bacteroidetes, mientras que otros detectaron modificaciones en géneros específicos, por lo que se puede afirmar que una microbiota asociada a la obesidad es de menor riqueza y diversidad microbiana, así como también un ecosistema dinámico cuya composición depende de múltiples factores (Sarmiento-Andrade et al., 2022).

b) Mecanismo de la microbiota intestinal en la obesidad.

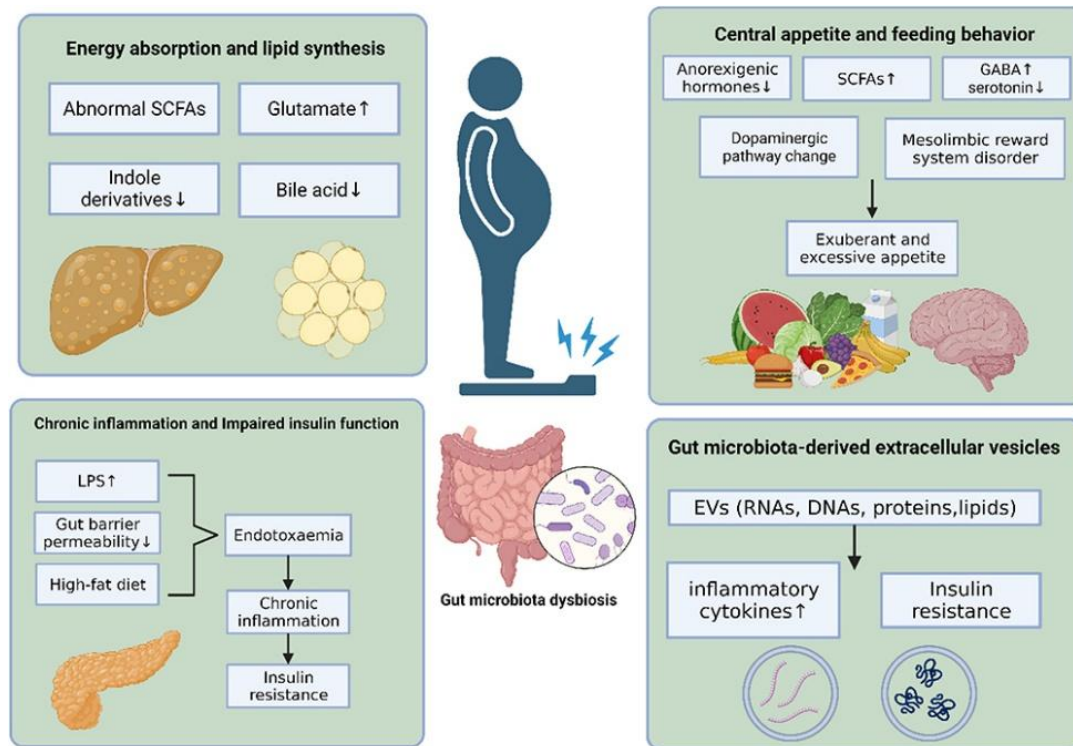
Al existir una disbiosis intestinal, se a roto el equilibrio del cuerpo, lo que contribuye al desarrollo y mantenimiento de la obesidad. Según un estudio de (Zhuang et al., 2023) esta alteración puede influir en el balance de energía y la producción de lípidos, afectar la integridad de la barrera intestinal y favorecer procesos inflamatorios y metabólicos asociados con la resistencia a la insulina y la regulación del apetito.

La disminución de bacterias protectoras de la mucosa, como *Akkermansia muciniphila*, debilita la barrera intestinal, lo que ocasiona un aumento en la permeabilidad. Esto permite el paso de lipopolisacáridos (LPS) hacia el torrente sanguíneo, desencadenando una inflamación crónica de bajo grado que trastorna la sensibilidad a la insulina. Asimismo, este desajuste microbiano afecta la comunicación entre el intestino y el sistema nervioso al alterar la liberación de GLP-1 y PYY. Por tanto, las alteraciones de la microbiota intestinal tienen una

estrecha relación con la obesidad porque influyen en la composición así como en el control del balance energético y de la ingesta alimentaria (Zhuang et al., 2023).

Figura 2

Mecanismo de la microbiota intestinal en la patología de la obesidad.



Nota. Imagen obtenida de (Zhuang et al., 2023)

3. Ejercicio físico

3.1. Definición

Se debe diferenciar entre la actividad física y el ejercicio físico, según la (OMS, 2024), se define la actividad física como “cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía”; mientras que el ejercicio físico hace referencia a la actividad física que se realiza de forma planificada, estructurada y repetitiva para mejorar o mantener el estado de salud.

El ejercicio se destaca independientemente de tener una pérdida de peso significativa, ya que ha demostrado que tiene múltiples beneficios para la salud, tanto físicos, como psicológicos y sociales, entre los que se enfatizan los siguientes : mantener el peso corporal y un estilo de vida saludable, ayuda a prevenir la obesidad y la diabetes mellitus, también mejora

el rendimiento intelectual, el estado de ánimo, aumenta la autoestima, la energía y la calidad del sueño (Loeza Magaña et al., 2023; OMS, 2024).

3.2. Clasificación del ejercicio

a) Ejercicio aeróbico.

La (American College of Sports Medicine, 2018), define el ejercicio aeróbico como aquel que involucra el movimiento de grandes grupos musculares de forma rítmica durante un periodo prolongado, lo que aumenta la demanda de oxígeno y acelera el ritmo cardíaco. Este tipo de ejercicio tiene efectos beneficiosos sobre las concentraciones séricas de lipoproteínas, la composición corporal y la capacidad aeróbica, y mejora los factores hemostáticos asociados con la trombosis (Perreault & Bessesen, 2025).

Caminar a paso ligero, correr, andar en bicicleta, saltar la cuerda y nadar son algunos ejemplos (American College of Sports Medicine, 2018).

b) Ejercicio anaeróbico.

El ejercicio anaeróbico, de acuerdo con el American College of Sports Medicine, se define como una actividad física de alta intensidad y de corta duración, donde el metabolismo no depende principalmente del oxígeno como fuente de energía; por consiguiente, las células obtienen ATP a través de la glucólisis y la fermentación. Los ejercicios que pertenecen a este tipo de actividad son los que tienen contracción rápida de músculos e incluyen sprints, entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT), levantamiento de pesas, entre otros. Este tipo de ejercicio es clave para desarrollar potencia y velocidad (Pleticosic-Ramírez et al., 2024)

c) Ejercicio de fuerza.

El entrenamiento de fuerza o de resistencia muscular tiene como objetivo inducir adaptaciones neuromusculares para permitir la aplicación de una mayor tensión ante una carga determinada (Felipe et al., 2023). Mediante esta actividad se disminuye la pérdida de masa muscular (masa magra), especialmente cuando existe una restricción calórica, e incluso se ha logrado un aumento de tejido muscular de aproximadamente 0,8 kg, con esto, la funcionalidad física de la persona no se verá perjudicada. Además, este tipo de entrenamiento es efectivo para aumentar el rango de movimiento y flexibilidad (Kay et al., 2023).

d) Ejercicio combinado y de alta intensidad

- Ejercicio combinado: La combinación de entrenamiento aeróbico y de fuerza es considerada el "estándar de oro" para el tratamiento integral de la obesidad (Schroeder, 2026). Este tipo de ejercicio trabaja a la par la capacidad cardiorrespiratoria y la salud metabólica muscular, convirtiéndose en el más eficaz para reducir la circunferencia de cintura y el porcentaje de grasa corporal que cualquiera de los dos métodos por separado, incluso sin generar una pérdida de peso sustancial (Loeza Magaña et al., 2023; Pleticosic-Ramírez et al., 2024).
- Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT): se basa en periodos cortos de ejercicio ejecutados cerca del consumo máximo de oxígeno, intercalados con periodos de descanso ligero, recientemente ha tomado fuerza como una estrategia de pérdida de peso bien tolerada en población general personas con obesidad; es eficaz en la reducción de grasa visceral como del peso corporal (Loeza Magaña et al., 2023; Schroeder, 2026).

3.3.Prescripción Metodológica del Ejercicio

Para que el ejercicio físico produzca adaptaciones terapéuticas en adultos con obesidad, debe dosificarse rigurosamente siguiendo el principio metodológico FITT -VP (Frecuencia, Intensidad, Tiempo, Tipo, Volumen y Progresión del ejercicio). La intensificación del entrenamiento debe calibrarse según la capacidad funcional individual para evitar lesiones osteoarticulares y maximizar la adherencia (Felipe et al., 2023).

Componentes del Principio FITT

- Frecuencia (F): Se recomienda un mínimo de 3 a 5 días por semana de ejercicio aeróbico, complementado con 2 a 3 días que no sean seguidos de ejercicio de fuerza que permitan recuperar el músculo (Felipe et al., 2023) .
- Intensidad (I): Parámetro crítico que determina las vías metabólicas activadas. Se prescribe mediante el porcentaje de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (%FCR), del Consumo Máximo de Oxígeno (%VO₂máx), de la Repetición Máxima (%1-RM). En el componente aeróbico la intensidad se clasifica según FC reservada en ligera (<40%), moderada (40-59%) y vigorosa/alta (60-84%) (Felipe et al., 2023). (Loeza Magaña et al., 2023) menciona que la selección de la fuente de energía varía en función de esta carga física, durante el ejercicio de baja intensidad (25%

VO₂máx) los ácidos grasos son los sustratos más importantes; en intensidad moderada (65% VO₂máx) los triglicéridos musculares y el glucógeno se vuelven más importantes y en intensidades altas (85% VO₂máx) el sustrato que predomina es el glucógeno muscular.

En el componente de fuerza, la intensidad se prescribe mediante el porcentaje de una repetición máxima (%1-RM), recomendándose rangos del 60% al 80% 1-RM (Felipe et al., 2023).

- Tiempo (T): Acumulación progresiva de 150 a 300 minutos (Loeza Magaña et al., 2023).
- Tipo: Selección de actividades de bajo impacto articular en fases iniciales (ciclismo, natación, caminata rápida, ejercicios en máquina o bandas) para proteger las estructuras miotendinosas (Felipe et al., 2023).
- Volumen (V): Corresponde a la cantidad total de ejercicio realizado durante la sesión y constituye una medida de la dosis de entrenamiento (Felipe et al., 2023). En el ejercicio aeróbico puede expresarse principalmente como el tiempo total acumulado por semana, considerando conjuntamente la frecuencia, intensidad y duración de las sesiones. La determinación del volumen debe individualizarse de acuerdo con la capacidad funcional y los objetivos de la persona (American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026).
- Progresión (P): es el incremento gradual y planificado de la carga de ejercicio a lo largo del tiempo, mediante modificaciones de volumen o intensidad. La progresión debe realizarse de manera individualizada y gradual, considerando la tolerancia, adaptación y recuperación de la persona, con el propósito de favorecer las adaptaciones al ejercicio y reducir el riesgo de fatiga excesiva o lesión (American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2026) .

3.4.Recomendaciones actuales de ejercicio en adultos con obesidad

La(OMS, 2021) recomienda tanto a la población adulta general, como a personas con obesidad un mínimo de 150 a 300 minutos a la semana de actividad aeróbica de intensidad moderada, o un mínimo de 75 a 150 minutos de actividad aeróbica vigorosa; también destaca la combinación entre actividad de intensidad moderada y vigorosa; además, los adultos deben

realizar actividades de fuerza muscular de intensidad moderada o más elevadas dos o más días a la semana.

De acuerdo, (Casas, 2022; Guedjati & Taibi, 2023) Para lograr una pérdida de peso clínicamente significativa, debe ser $\geq 5\%$ del peso inicial; para conseguir esta pérdida de peso, se requieren aproximadamente entre 225 y 420 minutos semanales. Para reducir 5 kg en seis meses, es necesario un entrenamiento de 250 minutos semanales, mientras que realizar 50 minutos semanales permite una pérdida de peso de alrededor de 1 kg en el mismo periodo. Por tanto, para un manejo integral y la pérdida de peso significativa, es imprescindible combinar el ejercicio aeróbico con al menos dos días de entrenamiento de fuerza y limitar el sedentarismo mediante 'descansos activos' cada 30 minutos.

3.5. Adaptaciones fisiológicas y metabólicas inducidas por el ejercicio

El ejercicio físico induce cambios complejos que van más allá del simple gasto calórico y estas adaptaciones han permitido que el ejercicio sea un pilar para el tratamiento de la obesidad:

- **Modulación de citocinas:** Al realizar ejercicio físico, actividad física, esta regula la liberación de miocinas y combate la inflamación causada por las adipocinas, mediante la contracción del musculo influye en la regulación de citocinas como IL-10, IL-15, IGF-1, irisina, LIF, FGF-21, adiponectina, miostatina, leptina, IL-6, IL-8 y resistina, lo que ayuda a controlar inflamación y modificar la composición corporal, por lo antes mencionado esta actividad la convierte en elemento crucial para el tratamiento no farmacológico de obesidad (Loeza Magaña et al., 2023).
- **Sensibilidad a la insulina:** el ejercicio incrementa notablemente el transporte de glucosa y la sensibilidad insulínica (índice HOMA-IR), incluso sin una pérdida de peso significativa (Guedjati & Taibi, 2023; Schroeder, 2026).
- **Regulación del apetito:** el ejercicio puede influir en la regulación del apetito mediante modificaciones en hormonas y péptidos relacionados con el hambre y la saciedad. El ejercicio de moderada a alta intensidad puede modificar la secreción de grelina y favorecer la liberación de señales relacionadas con la saciedad, como PYY y GLP-1, contribuyendo a la adherencia a las intervenciones nutricionales (Soltani et al., 2026).
- **Adaptaciones Metabólicas y el Principio FITT:** el entrenamiento potencia la reducción de grasa visceral, la sensibilidad a la insulina y la tolerancia a la glucosa (Stroh &

Stanford, 2023). Lograr una adaptación metabólica depende del principio de Dosis-Respuesta, que se ajusta a través de las variables FITT (Frecuencia, Intensidad, Tiempo y Tipo) (Schroeder, 2026). Alcanzar umbrales mínimos de intensidad es el factor determinante para obtener una verdadera eficacia terapéutica sobre la grasa visceral (Schroeder, 2026). Se ha demostrado que el entrenamiento combinado de fuerza y resistencia es eficaz para disminuir la masa grasa total, la circunferencia de la cintura y la grasa visceral, y mejorar la resistencia a la insulina; mientras que la intensidad moderada mejora más la resistencia a la insulina, en el caso del entrenamiento de alta intensidad es competente para transformar la composición física, reducir el IMC y mejorar la capacidad funcional (Mezghani et al., 2022).

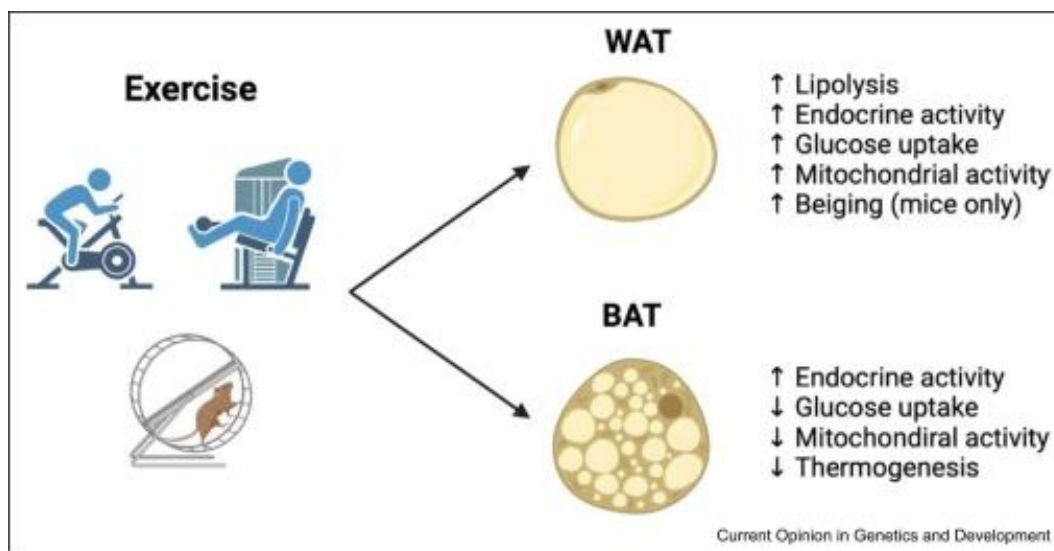
- Conservación de la Masa Magra y Función Física: el entrenamiento de fuerza actúa como un escudo protector de la masa muscular, ya que las personas que realizan dieta con restricción calórica suelen perder ≥ 1.5 kg de masa magra, y si se añade ejercicio aeróbico, las pérdidas van de 2 a 3 kg. Sin embargo, al realizar solo ejercicio de fuerza se puede aumentar +0.8 kg de masa magra; la combinación de ejercicio aeróbico y fuerza ayuda a mantener la masa muscular mientras se pierde grasa pura (Lopez et al., 2022). Esto previene la caída de la tasa metabólica basal, reduce el riesgo de sarcopenia y fragilidad, mejorando así la capacidad funcional y la calidad de vida del paciente (Lopez et al., 2022; Schroeder, 2026).
- Remodelación del tejido adiposo y uso de grasas: El ejercicio modifica el tejido adiposo blanco y pardo: mediante la disminución del tamaño de los adipocitos, mejora la actividad mitocondrial y favorece el “beiging” (células más termogénicas), con mejor captación de glucosa y lípidos y menor inflamación, resumido en la (figura 3) (Stroh & Stanford, 2023).

Se ha visto que tras 12 semanas de ejercicio de moderada – alta intensidad, existen cambios en la estructura del tejido adiposo subcutáneo entre ellos está la creación de capilares, y una mejor capacidad de movilizar y quemar grasa mediante las enzimas lipolíticas en adultos con obesidad (Ahn et al., 2022).

El ejercicio aumenta la sensibilidad a FGF21 en el tejido adiposo, cambiándolo por un órgano saludable, ya que empezará a reducir la hiperglucemia, hiperinsulinemia y dislipidemia (Frigolet & Gutiérrez-Aguilar, 2020).

Figura 3

Resumen de los efectos del ejercicio sobre el tejido adiposo blanco (WAT) y el tejido adiposo marrón (BAT).



Nota. Imagen obtenida de (Stroh & Stanford, 2023)

3.6.Ejercicio como estrategia terapéutica en la obesidad

El ejercicio tiene un valor importante como tratamiento no farmacológico, ya que mejora la condición física, lo cual es un fuerte indicador de salud debido a que, al practicarlo, reduce el riesgo de más de 200 complicaciones médicas asociadas a obesidad y la mejora de la calidad de vida (Loeza Magaña et al., 2023).

El ejercicio y las restricciones dietéticas han sido enérgicamente aconsejados para controlar el aumento de peso y sus complicaciones. Se ha demostrado que la restricción calórica es efectiva para disminuir la inflamación en casos de obesidad. No obstante, algunos estudios sugieren que la pérdida de peso a través de la dieta tiene un impacto menor en las intervenciones antiinflamatorias a largo plazo, a diferencia del ejercicio regular, que tiene efectos a largo plazo y afecta significativamente la inflamación crónica en la obesidad y en condiciones asociadas como la hipertensión, la diabetes y la dislipidemia (Khanna et al., 2022).

Lo anterior, es corroborado por (Loeza Magaña et al., 2023) que manifiesta que, aunque el ejercicio puede no mejorar la pérdida de peso a corto plazo, sí favorece cambios saludables en la composición corporal y control de peso exitoso a largo plazo. Además, mejora la capacidad cardiorrespiratoria y, modifica beneficiosamente los factores metabólicos vinculados a la obesidad como el riesgo de mortalidad, el peso, la grasa visceral, el perfil lipídico, la hipertensión y la sensibilidad a la insulina (Guedjati & Taibi, 2023).

Los estudios, demostraron que el ejercicio físico, como intervención única, realizado entre 8 a 12 semana tiene efectos positivos en la disminución de grasa corporal, aumento de la masa muscular, mejora de la condición física y mejora de la calidad de vida de las personas con sobrepeso u obesidad, dependiendo del tipo de programa realizado, entre los que se encontraron de tipo aeróbico, resistencia, y combinados (Pleticosic-Ramírez et al., 2024).

4. Evidencia Científica sobre Ejercicio y Microbiota en Adultos con Obesidad

La creciente evidencia científica sugiere que el ejercicio físico desempeña un papel fundamental en la modulación del ecosistema intestinal, así como en la disminución de los factores de riesgo y de los eventos cardiovasculares, ya que mantiene la salud cardiovascular (Chen et al., 2022). Según los autores (Reljic et al., 2025) sugieren que el ejercicio puede desempeñar un papel fundamental en la producción de AGCC, principalmente acetato, propionato y butirato, los cuales tienen efectos beneficiosos sobre el metabolismo del huésped, incluyendo la modulación del metabolismo lipídico, la mejora de la sensibilidad a la insulina y el mantenimiento de la integridad de la barrera intestinal.

La composición del microbioma intestinal es diferente entre quienes realizan ejercicio y quienes no. El microbioma intestinal en atletas de élite o personas con ejercicio moderado tiende a estar más orientado a la salud y exhibe una mayor diversidad de especies (Meng et al., 2023) . En este tipo de población, se observa una mayor prevalencia de microbios intestinales que producen AGCC y los ácidos biliares secundarios, fortaleciendo la inmunidad y disminuyendo la inflamación crónica (Clauss et al., 2021) .

La interacción entre el microbioma intestinal y el ejercicio es bidireccional; con un microbioma intestinal saludable, la evidencia sugiere que puede mejorar la capacidad de ejercicio al regular la producción de energía, el sostenimiento del músculo esquelético, el metabolismo y las vías de detección de nutrientes como las vías mTOR y AMPK(Wegierska

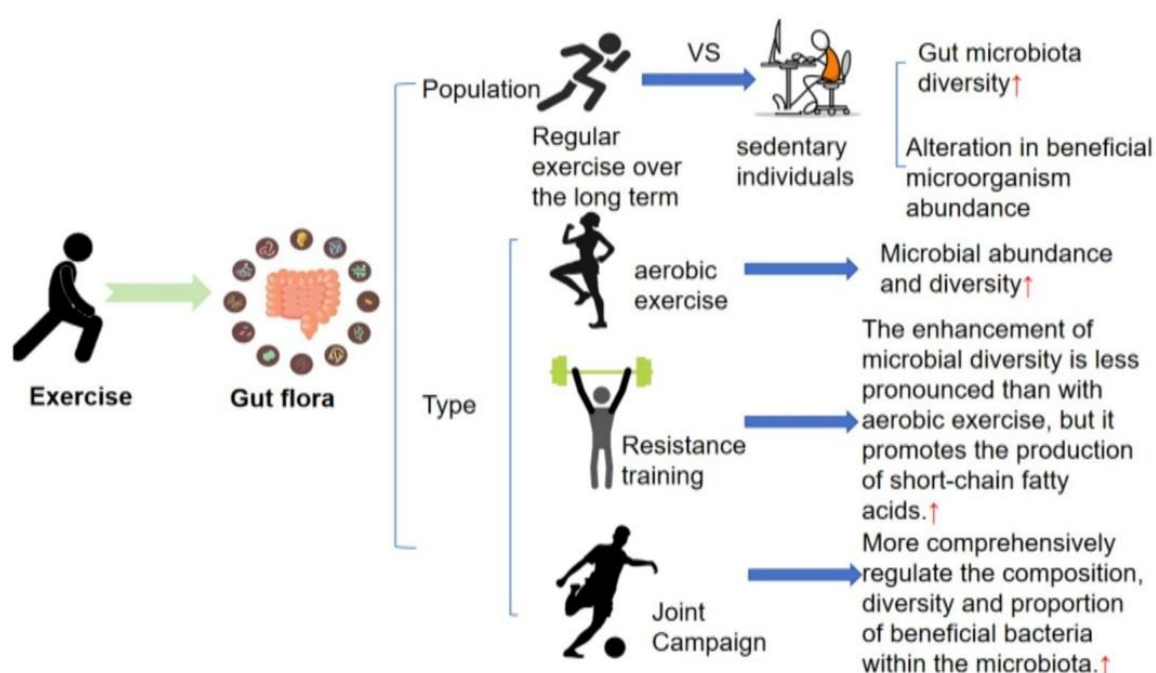
et al., 2022). Por lo tanto, los autores (De Vos et al., 2022) mencionaron que mantener un microbioma saludable y realizar ejercicio regularmente son fundamentales para mantener una salud humana óptima.

4.1. Respuesta microbiana a diferentes modalidades de ejercicio

Los diferentes tipos e intensidades de ejercicio ejercen efectos distintos sobre la composición de la microbiota intestinal (Wu et al., 2026).

Figura 4

Los distintos efectos de las modalidades e intensidades de ejercicio sobre la composición de la microbiota intestinal.



Nota. Obtenido de (Wu et al., 2026).

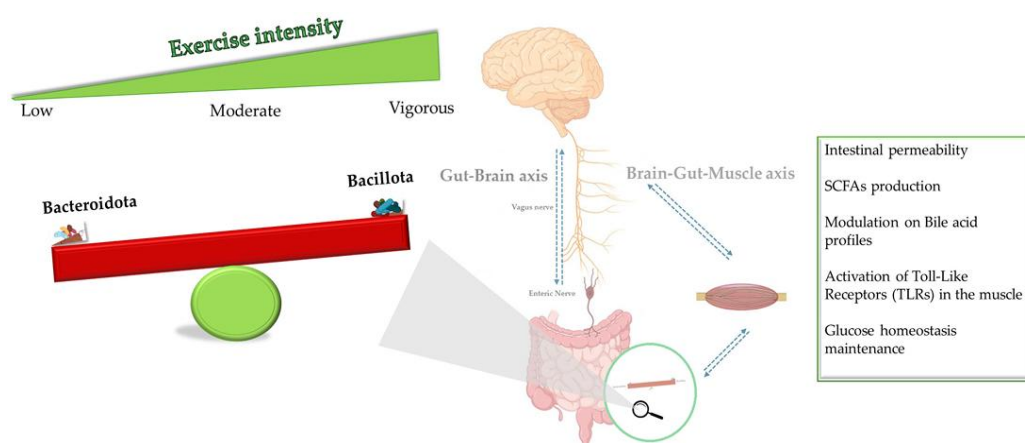
- *Aeróbico*: según (Y. I. Kim et al., 2025) en su investigación menciona que existen mejoras en la diversidad y aumento de bacterias productoras de AGCC del género *Akkermansia*, *Bifidobacteriaceae* con programas aeróbicos de ≥ 6 semanas, de moderada a alta intensidad; sin embargo, los científicos aún discrepan en sus opiniones en población obesa.
- *Ejercicio Aeróbico (Resistencia cardiorrespiratoria)*: este tipo de ejercicio está relacionado con un aumento en la cantidad de géneros beneficiosos como *Akkermansia* especialmente *A. muciniphila*, que se ha asociado a la reducción de obesidad y

resistencia a la insulina (Hintikka et al., 2023). Además, se ha observado un incremento en taxones productores de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como *Faecalibacterium*, *Roseburia* y *Lachnospira* (Zheng et al., 2022). En personas con obesidad, algunos estudios reportan un aumento de *Bacteroides* tras realizar ejercicio en programas aeróbicos de 6 semanas (Hintikka et al., 2023).

- *Combinado o Concurrente (aeróbico + fuerza)*: Las investigaciones sugieren que esta modalidad podría favorecer determinados cambios en la microbiota en poblaciones con trastornos metabólicos, debido a que produce un aumento en la diversidad intestinal. El ejercicio combinado incrementa géneros como *Blautia*, *Dialister* y *Roseburia*; el género que destaca es *Blautia* spp, que permite la reducción de grasa visceral y el alivio de trastornos metabólicos (Kim et al., 2025).
- *Entrenamiento de fuerza o resistencia*: En esta modalidad la evidencia es limitada y, a veces, no se observan cambios relevantes en la composición microbiana; las revisiones indican que los cambios más consistentes están relacionados con el componente aeróbico (Cataldi et al., 2022). No obstante, estudios recientes en adultos jóvenes con sobrepeso u obesidad han mostrado un aumento en el género *Roseburia* y *Akkermansia* tras 6 semanas de entrenamiento de fuerza y resistencia, aumentando directa e indirectamente la producción de AGCC (Cullen et al., 2024; Y.-I. Kim et al., 2025).

Figura 5

La proporción de Bacillota/Bacteroidota puede variar según la intensidad del entrenamiento físico.



Nota fuente (Ghaffar et al., 2024) La proporción de Bacillota/Bacteroidota puede variar según la intensidad del entrenamiento físico. Esto permite que nuestro organismo responda al ejercicio intenso mediante diversos mecanismos fisiológicos y metabólicos.

4.2. Relación entre Intensidad/Volumen y cambios en la diversidad microbiana.

En población obesa, el ejercicio aumenta sobre todo la beta diversidad (estructura del ecosistema) más que la alfa diversidad (Zheng et al., 2022).

- Ejercicios de Alta Intensidad / HIIT: Se asocia específicamente con el aumento del género *Veillonella* (filo *Bacillota*) (Y. I. Kim et al., 2025), este género cumple una metaboliza el lactato producido durante el esfuerzo intenso y lo convierte en propionato, un AGCC que mejora el rendimiento físico (Aya et al., 2023). Otro de los géneros que tienen incremento en la familia *Lachnospiraceae* y el género *Nagativibacillus* (Torquati et al., 2023).
- Intensidad Moderada: esta modalidad beneficia a los favorece taxones como *Lachnospira eligens* y el género *Akkermansia* (Torquati et al., 2023).
- Volumen Elevado: El volumen total (horas/semana) se correlaciona fuertemente con la abundancia del género *Prevotella*, particularmente cuando el entrenamiento supera las 11 horas semanales (Ghaffar et al., 2024; Hintikka et al., 2023). De acuerdo a las investigaciones se ha apreciado que realizar la dosis mínima de actividad física indicada por la OMS suele no cambiar significativamente la diversidad microbiana (α y β), sugiriendo que se requiere estímulo más intenso o más prolongado para apreciar adaptaciones estructurales (Cataldi et al., 2022).

El volumen total es un factor determinante para modular la composición microbiana y la producción de AGCC, más que la intensidad puntual (Ghaffar et al., 2024; Hughes et al., 2021).

Planteamiento del problema

En el mundo, la obesidad es un problema de salud pública, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2022, alrededor de 1 de cada 8 personas del planeta padece de obesidad, estas cifras se han aumentado desde 1990, actualmente la obesidad en adultos se ha duplicado a nivel mundial, y en adolescentes se ha cuadruplicado (OPS, 2024).

La Región de las Américas presenta la mayor prevalencia de obesidad entre todas las regiones de la Organización Mundial de la Salud, afectando aproximadamente al 28% de la población adulta, con una prevalencia de 26% en hombres y 31% en mujeres (OPS, n.d.). Según ‘World Obesity Atlas 2025’, un estudio elaborado por la Federación Mundial de Obesidad menciona que en el Ecuador registrará el 30 % de población adulta con obesidad y un 71 % un índice de masa corporal (IMC) elevado en 2025, este estudio, se realizó con base en datos del Instituto de Métricas de Salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos internacionales, apunta que para 2030 Ecuador tendrá 9,98 millones de personas con IMC superior a 25 kilogramos por metro cuadrado, lo cual puede incidir en el aumento del riesgo de enfermedades no transmisibles (ENT) como diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (EFE, 2025).

El ejercicio físico es reconocido como pilar fundamental en la prevención y tratamiento de la obesidad, una cantidad suficiente de actividad física puede reducir el riesgo de mortalidad, discapacidad y enfermedades crónicas. (L. Xu et al., 2023). Pero en caso de no realizar ejercicio alguno los sistemas públicos de salud soportarán un gasto de unos USD 300 000 millones entre 2020 y 2030 (cerca de USD 27 000 millones anuales, según la (OMS, 2024)

Diversos estudios han asociado la obesidad con disbiosis intestinal, cambios en la motilidad gastrointestinal y comportamiento sedentario, contribuyendo a alteraciones que se asocian con mayor inflamación, permeabilidad intestinal y desequilibrio energético, lo que contribuye a la progresión de esta enfermedad (Cancino Ramírez et al., 2024).

Según (Silva et al., 2022), el ejercicio físico promueve cambios en la motilidad intestinal, aumenta las concentraciones de ácidos biliares fecales, cambia la temperatura y la distribución del flujo sanguíneo intestinal, y modula el funcionamiento de las células del sistema inmune que están cerca de la mucosa intestinal. Estos efectos promueven una serie de estímulos relacionados con la mejora de la integridad de la barrera intestinal, la reducción de la inflamación crónica de baja intensidad y la resistencia a la insulina, y una posible mayor abundancia de bacterias beneficiosas en el intestino posterior.

En estudios preclínicos con modelos de obesidad inducida por dieta, se ha demostrado que el ejercicio físico modifica la microbiota intestinal en ratones. Por ejemplo, (Evans et al., 2014), utilizaron 48 ratones C57BL/6 divididos en 4 grupos de 6 animales cada uno, y los resultados indicaron que el ejercicio voluntario previno el aumento de peso, mejoró la tolerancia a la glucosa y alteró significativamente la composición bacteriana intestinal comparada con ratones sedentarios, evidenciando una disminución del filo *Firmicutes* y un aumento de *Bacteroidetes* tras 12 semanas de intervención. De manera similar, (Denou et al., 2016) mostraron que el entrenamiento de alta intensidad en ratones obesos también aumentó la diversidad y la capacidad metabólica de la microbiota intestinal, incluyendo vías asociadas a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), durante la obesidad inducida por dieta, sugiriendo que el ejercicio puede contrarrestar las alteraciones microbianas asociadas con la obesidad. Sin embargo, la extrapolación de estos hallazgos a humanos presenta limitaciones.

En adultos con obesidad, la evidencia científica disponible es aún limitada y heterogénea, las revisiones sistemáticas recientes indican que el ejercicio físico podría modular positivamente la diversidad y abundancia de las bacterias intestinales beneficiosas, así como la producción de metabolitos asociados con la microbiota intestinal. Sin embargo, ninguna de estas revisiones evaluó el efecto del ejercicio físico sobre la GM en personas con enfermedades metabólicas, como la obesidad (Silva et al., 2022). De la misma forma, es importante mencionar que existen escasos estudios de intervención en humanos que evalúen directamente el efecto del ejercicio sobre la microbiota intestinal en adultos con obesidad. Además, los resultados reportados son contradictorios, sobre todo en relación con la diversidad alfa, la diversidad beta y los taxones bacterianos específicos, esto puede ser debido a diferencias en el tipo, intensidad y duración del ejercicio, así como al control dietético y a las metodologías de análisis microbiológico empleadas (Cancino Ramírez et al., 2024; Silva et al., 2022).

Por ello, el objetivo de este estudio es investigar la evidencia científica sobre el efecto del ejercicio físico en la modulación de la microbiota intestinal en adultos con obesidad.

Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del ejercicio sobre la microbiota intestinal en adultos con obesidad, según la evidencia científica disponible durante los últimos cinco años?

Preguntas de Investigación

1. ¿Cuáles son las características demográficas, clínicas y antropométricas de los adultos con obesidad incluidos en los estudios que investigan la relación entre ejercicio y microbiota intestinal?
2. ¿Qué tipos, intensidades y duraciones de ejercicio se han evaluado en adultos con obesidad en los estudios revisados?
3. ¿Qué características presenta la microbiota intestinal en adultos con obesidad?
4. ¿Cómo se relacionan la intensidad y la duración del ejercicio con la composición, diversidad y funcionalidad de la microbiota intestinal en adultos con obesidad?
5. ¿Qué tipo de intervenciones de ejercicio podrían proponerse como estrategias para modular la microbiota intestinal en el tratamiento de la obesidad en adultos?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto del ejercicio sobre la microbiota intestinal de adultos con obesidad, según la evidencia científica disponible durante los últimos cinco años

Objetivos específicos

1. Describir las características demográficas, clínicas y antropométricas de los adultos con obesidad incluidos en los estudios que investigan la relación entre ejercicio y microbiota intestinal
2. Identificar los tipos, intensidades y duraciones de ejercicio evaluados en adultos con obesidad en los estudios incluidos.
3. Determinar las características que tiene la microbiota intestinal en adultos con obesidad
4. Analizar la relación entre intensidad, duración del ejercicio en la composición, diversidad y funcionalidad de la microbiota intestinal en adultos con obesidad
5. Proponer a partir de la evidencia analizada, los tipos de intervenciones de ejercicio más efectivas para modular la microbiota intestinal en el tratamiento de la obesidad

Metodología

Tipo y diseño de estudio

Se realizó una revisión narrativa de literatura científica con búsqueda sistematizada, de enfoque cualitativo y alcance descriptivo-analítico sobre el efecto del ejercicio físico en la microbiota intestinal de adultos con obesidad. Esta investigación se desarrolló siguiendo los lineamientos adaptados de la declaración PRISMA 2020. La pregunta de investigación se estructuró mediante la estrategia PICO adaptada al objetivo de la revisión:

- Población o problema: Adultos (≥ 18 años) con obesidad
- Intervención o exposición: ejercicio físico estructurado (aeróbico, entrenamiento de fuerza o resistencia, HIIT o entrenamiento concurrente) con prescripción definida de frecuencia, intensidad, tiempo y tipo (criterios FITT).
- Comparación: grupo control sedentario, actividad física habitual, periodo preintervención u otra modalidad de ejercicio
- Resultados: Cambios en la diversidad alfa, la diversidad beta, la taxonomía y el perfil metabólico y funcional de la microbiota intestinal.

A partir de estos componentes se formuló la siguiente pregunta:

¿Cuál es el efecto del ejercicio físico en la diversidad alfa, la diversidad beta, la taxonomía y el perfil metabólico y funcional de la microbiota intestinal en adultos con obesidad, según la evidencia científica disponible de los últimos cinco años?

Criterios de inclusión

- Se incluyeron artículos científicos publicados entre 2021 y 2026,
- Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados, realizados en población adulta (≥ 18 años) . Se estableció como criterio de elegibilidad un IMC ≥ 25 kg/m², considerando que los estudios disponibles presentaron criterios antropométricos heterogéneos y utilizaron rangos de reclutamiento amplios en relación al IMC. Se consideraron aquellos estudios que incluyeron participantes con obesidad, aun cuando sus criterios de selección abarcaran simultáneamente un rango de sobrepeso.
- Artículos en idioma inglés, portugués y español

- Artículos con disponibilidad de texto completo que permitan la evaluación de elegibilidad y la extracción de datos, enfocados en ejercicio físico y microbiota intestinal.
- Se incluyeron estudios en los que la intervención correspondiera a programas estructurados de ejercicio físico incluyendo ejercicio aeróbico, entrenamiento de fuerza o resistencia, entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) o entrenamiento concurrente.

Criterios de exclusión

- Se excluyeron estudios en animales, estudios observacionales (cohortes, casos y controles, estudios transversales), población pediátrica, editoriales, cartas al editor.
- Se excluyeron estudios cuya intervención principal correspondiera exclusivamente a dieta, probióticos, suplementos, cirugía bariátrica o farmacoterapia, sin una intervención estructurada de ejercicio físico
- Artículos duplicados
- Se excluyeron estudios realizados exclusivamente en pacientes con otras patologías en ausencia de exceso de peso u obesidad, o estudios realizados exclusivamente en cohortes de personas con normopeso.

Estrategia de búsqueda y fuentes

La búsqueda se efectuó en las bases de datos PubMed, Scopus, ScienceDirect y ProQuest, durante el período comprendido entre septiembre de 2025 y julio de 2026.

Se utilizaron los términos MeSH (“Exercise”, “Gastrointestinal Microbiome” y “Obesity”) en combinación de palabras libres como "exercise training", "aerobic exercise", "resistance training", "strength training", "endurance exercise", "HIIT", "high-intensity interval training", "gut microbiota", "intestinal microbiota", microbiota, microbiome, obese, utilizando operadores booleanos AND y OR para maximizar la sensibilidad y especificidad de la búsqueda.

En PubMed se emplearon términos controlados MeSH y términos libres relacionados con cada uno de los términos de interés. En Scopus, ScienceDirect y ProQuest se utilizaron términos equivalentes adaptados a los campos y operadores de búsqueda propios de cada

plataforma. Las ecuaciones de búsqueda completas utilizadas en cada base de datos se presentan a continuación:

- PubMed

("Exercise"[Mesh] OR exercise[Title/Abstract] OR "exercise training"[Title/Abstract] OR "aerobic exercise"[Title/Abstract] OR "resistance training"[Title/Abstract] OR "strength training"[Title/Abstract] OR "endurance exercise"[Title/Abstract] OR HIIT[Title/Abstract] OR "high-intensity interval training"[Title/Abstract]) AND ("Gastrointestinal Microbiome"[Mesh] OR "gut microbiota"[Title/Abstract] OR "gut microbiome"[Title/Abstract] OR "intestinal microbiota"[Title/Abstract] OR microbiota[Title/Abstract] OR microbiome[Title/Abstract]) AND ("Obesity"[Mesh] OR obesity[Title/Abstract] OR obese[Title/Abstract])

- Scopus

TITLE-ABS-KEY (exercise OR "exercise training" OR "aerobic exercise" OR "resistance training" OR "strength training" OR "endurance exercise" OR HIIT OR "high-intensity interval training") AND TITLE-ABS-KEY("gut microbiota" OR "gut microbiome" OR "intestinal microbiota" OR microbiota OR microbiome) AND TITLE-ABS-KEY (Obesity OR obese) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2027.

- ScienceDirect

En ScienceDirect se efectuaron búsquedas independientes empleando combinaciones específicas de términos asociados a las modalidades de ejercicio, manteniendo como ejes comunes la microbiota intestinal y la obesidad. Debido a que esta base de datos restringe las consultas a un máximo de ocho términos booleanos por búsqueda, se segmentó la estrategia en cinco ecuaciones independientes para abarcar la totalidad de las palabras clave relacionadas con el ejercicio.

- TITLE-ABSTR-KEY (exercise OR "aerobic exercise" OR "resistance training" OR HIIT) AND TITLE-ABSTR-KEY ("gut microbiota" OR "gut microbiome") AND TITLE-ABSTR-KEY (obesity OR obese)
- TITLE-ABSTR-KEY (exercise OR "exercise training") AND TITLE-ABSTR-KEY ("gut microbiota" OR "gut microbiome") AND TITLE-ABSTR-KEY (obesity OR obese)

- TITLE-ABSTR-KEY("aerobic exercise") AND TITLE-ABSTR-KEY("gut microbiota" OR "gut microbiome") AND TITLE-ABSTR-KEY(obesity OR obese)
- TITLE-ABSTR-KEY ("resistance training") AND TITLE-ABSTR-KEY("gut microbiota" OR "gut microbiome") AND TITLE-ABSTR-KEY(obesity OR obese)
- TITLE-ABSTR-KEY(HIIT OR "high-intensity interval training") AND TITLE-ABSTR-KEY("gut microbiota" OR "gut microbiome") AND TITLE-ABSTR-KEY(obesity OR obese)
- ProQuest

noft(Exercise OR "exercise training" OR "aerobic exercise" OR "resistance training" OR HIIT OR "high-intensity interval training") AND noft("gut microbiota" OR "gut microbiome") AND noft(obesity OR obese)

Posteriormente, se aplicaron los filtros disponibles en cada plataforma de acuerdo con los criterios establecidos para la investigación, principalmente relacionados con el periodo de publicación de los últimos cinco años, el idioma, el tipo de publicación y la disponibilidad del texto completo, según correspondiera a cada base de datos. En el caso de Scopus, se aplicaron directamente filtros por área y tipo de documento. Los registros obtenidos tras aplicar los filtros se utilizaron en el proceso de identificación y selección, representado en el diagrama PRISMA.

Proceso de selección de los artículos y análisis de información

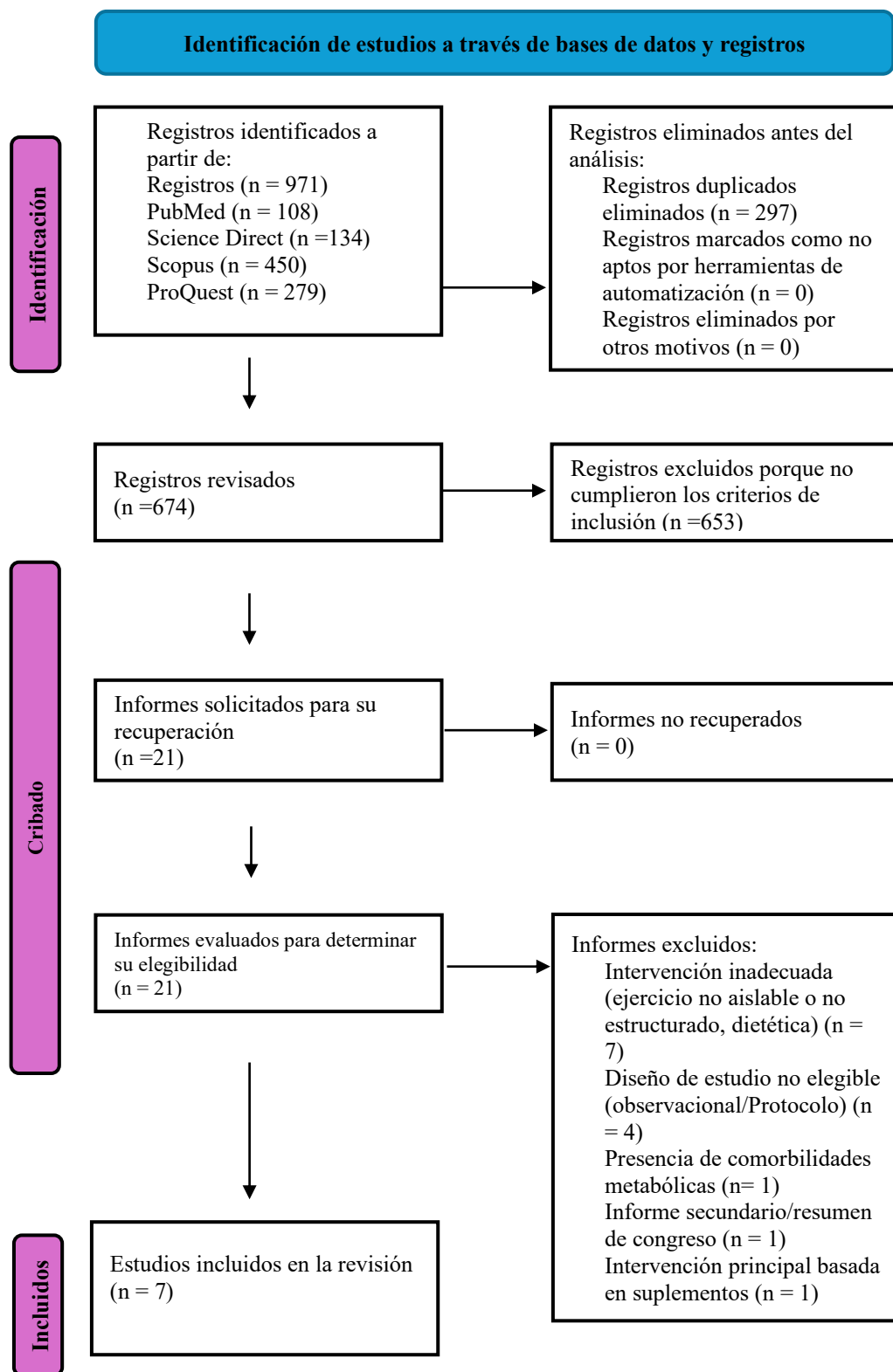
El proceso de selección de artículos se realizó siguiendo las etapas de identificación, cribado, elegibilidad establecidas en las directrices PRISMA 2020. En la etapa de identificación, se recuperaron 971 registros de las cuatro bases de datos, los cuales fueron importados al software Rayyan. Mediante esta herramienta y una revisión manual, se identificaron y eliminaron 297 artículos duplicados.

En la fase de cribado, se llevó a cabo una revisión de títulos y resúmenes para descartar publicaciones que no guardaban relación con el objetivo de la investigación. En la etapa de elegibilidad, se examinaron los textos completos de los artículos potencialmente elegibles y se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. Finalmente, se seleccionaron 7 artículos que cumplieran los criterios de inclusión establecidos

Posteriormente, la información obtenida de los estudios seleccionados fue organizada, analizada de manera descriptiva y comparativa según las características de los participantes y las variables del ejercicio (modalidad, intensidad y duración), lo que permitió evaluar los cambios posteriores a la intervención en la microbiota intestinal, específicamente en la diversidad alfa y beta e identificando las bacterias que aumentaron o disminuyeron, al mismo tiempo que se diferenciaron los hallazgos estadísticamente significativos de los no significativos.

Figura 6

Diagrama de flujo PRISMA 2020



Nota. Elaboración propia basada en los criterios de PRISMA 2020

Evaluación de la calidad metodológica

Los artículos que fueron seleccionados para la revisión final fueron 7, estos se evaluaron con las herramientas proporcionadas por el Instituto Joanna Briggs (JBI). De ellos, 5 son investigaciones cuasiexperimentales, las cuales se analizaron utilizando la herramienta de evaluación para estudios cuasiexperimentales del JBI de 9 ítems. Los otros 2 ensayos clínicos aleatorizados fueron evaluados mediante la JBI de 13 ítems. Cada artículo fue categorizado como de alta, moderada o baja calidad metodológica.

Resultados

Tabla 2

Resultado de la búsqueda bibliográfica sobre efecto del ejercicio físico en la microbiota intestinal de adultos con obesidad

Autor (Año)	País	Diseño	Población (N final y división de grupos)	Sexo; Edad (Media ± DE)	IMC Inicial (Media ± DE)	Tipo de ejercicio	Duración	Método de Análisis de Microbiota Fecal
Mahdieh et al. (2023)	Irán	RCT	N = 16 • Ejercicio: n = 8 • Control: n = 8	Mujeres; 25.1 ± 2.7 años.	28.5 ± 2.1 kg/m ² (Ej: 27.8 Ctrl: 28.4)	Aeróbico (cinta de correr) vs control sedentario	10 semanas	qPCR en tiempo real dirigida a genes específicos del 16S rDNA
Dupuit et al. (2022)	Francia	Cuasi-experimental	N = 17 • HIIT + RT: n = 8 • Control: n = 9)	Mujeres posmenopáusicas; 59.8 ± 5.0 años.	30.6 ± 4.2 kg/m ² (Ej: 30.3 Ctrl: 31.5)	Concurrente (HIIT + Fuerza) vs Actividad Física Habitual	12 semanas	Secuenciación 16S rRNA, región V4
Hintikka et al. (2023)	Finlandia	Cuasi-experimental	N=17 (Intervención única)	Mujeres; 36.8 ± 3.9 años.	31.8 ± 4.4 kg/m ² (Cohorte única)	Aeróbico (Ciclismo) vs Periodo control previo	6 semanas	Secuenciación 16S Rrna, región V4 + Metagenómica Shotgun
Verheggen et al. (2021)	Países Bajos	Cuasi-experimental	N=14 (Intervención única)	50% mujeres / 50% hombres; 51.0 ± 11.0 años.	34.9 ± 4.9 kg/m ² (Cohorte única)	Aeróbico (Ciclismo preentrenamiento vs. Ciclismo postentrenamiento)	8 semanas	Secuenciación 16S rRNA, regiones V5-V6

Kasperek et al. (2023) ^a	EE. UU	Cuasi-experimental	N=24 • Cohorte obesidad n = 9	Mujeres 77%; 28.1 ± 8.2 años	33.76 ± 1.98 kg/m ² (Cohorte Obesidad)	Aeróbico	6 semanas	Secuenciación 16S rRNA, región V4 + análisis metabólico mediante LC-MS/MS
Cullen et al. (2024)	EE. UU	RCT	N=27 • Fuerza (RT): n = 14 • Control: n = 13	Mujeres 68%; 28.4 ± 4.2 años.	31.2 ± 4.6 kg/m ² (Ej: 31.2 Ctrl: 31.3)	Fuerza (Resistencia muscular) vs Control sin ejercicio	6 semanas	Secuenciación 16S rRNA,
Couvert et al. (2024)	Francia	Cuasi-experimental	N = 16 • Carrera: n = 8 • Bicicleta: n = 8	Hombres; 54.2 ± 9.6 años.	29.9 ± 2.2 kg/m ² (Carrera: 29.2 Bicicleta: 30.7)	HIIT (Carrera vs. Bici)	12 semanas	Secuenciación 16S rRNA, región V4

Nota. Se reportan los datos de la población final analizada (n) y los valores antropométricos basales expresados como media ± desviación estándar. Abreviaturas: Ctrl: Grupo control sedentario; DE: Desviación estándar; Ej: Grupo de ejercicio; RCT: ensayo clínico aleatorizado; HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad; RT: entrenamiento de fuerza; qPCR: reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa; 16S rRNA: gen del ARN ribosomal 16S; LC-MS/MS: cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem. Datos extraídos exclusivamente de la cohorte de participantes con obesidad (n = 9, IMC 33.76 ± 1.98 kg/m²), excluyendo la cohorte paralela de sujetos normopeso (n = 15, IMC 21.56 ± 0.73 kg/m²) por no corresponder al objetivo de esta revisión. Elaboración propia.

Tabla 3

Características demográficas, clínicas y antropométricas de los participantes

Autor (Año)	Perfil Demográfico (Edad, Sexo y Ubicación)	Perfil Antropométrico Inicial (Media ± DE)				Perfil Clínico		
		Peso Inicial (Media ± DE)	IMC Inicial (Media ± DE)	Adiposidad Central / Corporal Inicial				
Mahdieh et al. (2023)	Irán 25.1 ± 2.8 años M (100%)	Total: 74.0 ± 10.4 • Ej: 72.8 ± 8.6 • Ctrl: 75.2 ± 12.1	28.5 ± 2.1 kg/m ² (Ej: 27.8 Ctrl: 28.4)	Cintura: 88.5 ± 6.2 cm Grasa Corporal: 38.2 ± 3.1%		• Proteína C Reactiva (hs-CRP): 2.12 ± 0.38 mg/L (Inflamación leve)		
Dupuit et al. (2022)	Francia 59.8 ± 5.0 años M	Total: 78.8 ± 12.5 • Ej: 77.2 ± 10.8 • Ctrl: 80.3 ± 14.1	30.6 ± 4.2 kg/m ² (Ej.: 30.3 Ctrl: 31.5)	Grasa Visceral (DXA): 1.45 ± 0.38 kg Grasa Androide: 3.12 ± 0.72 kg		• HOMA-IR: 2.4 ± 0.8 • Glucosa en ayunas: 97.3 ± 10.8 mg/dL • Colesterol total: 224.3 ± 34.8 mg/dL		
Hintikka et al. (2023)	Finlandia 36.8 ± 3.9 años M (100%)	Total: 90.1 ± 15.7 (Intervención única)	31.8 ± 4.4 kg/m ² (Cohorte única)	Grasa Corporal (DXA): 39.8 ± 10.2 kg (% Grasa: 43.1 ± 5.2%)		• Glucosa en ayunas: 100.9 ± 9.0 mg/dL • Insulina basal: 9.8 ± 2.8 µIU/mL Presión arterial: 131/82 ± 12/9 mmHg		

Verheggen et al. (2021)	Países Bajos (7H / 7M)	Bajos años	Total: 105.4 ± 16.8 (Intervención única)	34.9 ± 4.9 kg/m ² (Cohorte única)	Área Grasa Visceral (TC): 198.5 ± 42.1 cm ² Cintura: 112.4 ± 10.8 cm	• Valor M (Clamp euglucémico): 3.8 ± 1.2 mg/kg/min (Resistencia a insulina) • Grasa Hepática (MRS): 8.4 ± 3.2% • Presión Arterial: 128/82 ± 10/6 mmHg
Kasperek et al. (2023)	EE. UU. (2H / 7M)	UU. años	Cohorte Obesidad: 92.58 ± 6.99	33.76 ± 1.98 kg/m ² (Cohorte Obesidad)	Grasa Corporal (DXA): 33.8 ± 5.2 kg (% Grasa: 36.85 ± 3.1%)	• Resistencia a la Insulina Basal: HOMA-IR > 2.5 • Xenometaboloma Circulante Basal: Depleción de ácido indol-3-láctico (ILA)
Cullen et al. (2024)	EE. UU. (9 H/18M)	UU. años	Total: 87.5 ± 18.9 • Ej: 85.25 ± 20.19 • Ctrl: 89.69 ± 17.75	31.2 ± 4.6 kg/m ² (Ej: 31.2 Ctrl: 31.3)	Cintura: 93.6 ± 11.0 cm Grasa Corporal Total: 38.3 ± 6.8% (Grasa Torso BIA: 22.5 ± 3.9%)	• Presión Arterial Diastólica: 78 ± 6 mmHg • HOMA-IR: 2.1 ± 0.6 • Fuerza Muscular Basal (1RM): Evaluada en prensa y press

Couvert et al. (2024)	Francia	Total: 90.2 ± 7.1	29.9 ± 2.2 kg/m ²	Grasa	Visceral (DXA):	• Presión Arterial Sistólica: 126 ± 8
	54.2 ± 6.1 años	• Bicicleta: 92.1	(Carrera: 29.2	1.82 ± 0.42 kg		mmHg
	H (100%)	± 7.8	Bicicleta: 30.7)	Grasa Androide: 3.45 ±	• Glucosa en ayunas: 99.1 ± 7.2 mg/dL	
		• Carrera: 88.3 ±		0.61 kg		
		6.2				

Nota. RCC: Relación Cintura-Cadera; VAT: Visceral Adipose Tissue (Tejido Adiposo Visceral). Datos presentados como Media ± Desviación Estándar (Media ± DE). Abreviaturas: Clamp: Clamp euglucémico-hiperinsulinémico; Ctrl: Grupo control sedentario; DE: Desviación estándar; DXA: Absorciometría de rayos X de energía dual; Ej: Grupo de ejercicio; H: Hombres; HOMA-IR: Modelo de evaluación de la homeostasis de resistencia a la insulina; hs-CRP: Proteína C reactiva de alta sensibilidad; IMC: Índice de masa corporal (kg/m²); M: Mujeres; PA: Presión arterial. Elaboración propia

Tabla 4

Características de la intervención de ejercicio en los estudios incluidos.

Autor (Año)	Tipo de Ejercicio	Intensidad	Duración	Frecuencia	Tiempo por Sesión
Mahdieh et al. (2023)	Aeróbico (Cinta).	55-75% (progresivo).	FCR 10 semanas.	3 sesiones/sem.	30 a 45 min/sesión
Dupuit et al. (2022)	Concurrente (HIIT+RT).	HIIT: 80-90% FC _{máx} / RT: 65-75 % 1 RM	12 semanas.	3 sesiones/sem.	45 a 60 min/sesión
Hintikka et al. (2023)	Aeróbico	60-70% VO ₂ peak / FC _{máx}	6 semanas.	3 sesiones/sem.	45 a 60 min/sesión
Verheggen et al. (2021)	Aeróbico (ciclismo ergométrico).	65-85% FCR.	8 semanas.	2-4 sesiones/sem.	45 a 55 min/sesión
Kasperek et al. (2023)	Aeróbico (Supervisado)	60-75% FCR.	6 semanas.	3 sesiones/sem.	45 a 60 min/sesión

Cullen et al. (2024)	Fuerza (RT).	50-75% (progresivo 8-12 reps).	1RM	6 semanas.	3 sesiones/sem.	45 a 50 min/sesión
Couvert et al. (2024)	HIIT (carrera vs Bici).	80-85% FCmax.		12 semanas.	3 sesiones/sem.	35 a 45 min/sesión

Nota. FCR: frecuencia cardíaca de reserva; HIIT+RT: Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) con Entrenamiento de Fuerza; RT: Resistance Training o entrenamiento de fuerza; 1RM: repetición máxima; FCmáx: frecuencia cardíaca máxima; VO2peak: consumo pico de oxígeno. Elaboración propia

Tabla 5

Análisis de Diversidad Alfa, Diversidad Beta y Conclusión de Estructura Ecológica de la Microbiota Intestinal Post-Ejercicio

Autor (Año)	Tipo de Ejercicio	Duración	Diversidad Alfa	Diversidad Beta	Conclusión de Ecológica	Estructura
Mahdieh et al. (2023)	Aeróbico (Cinta).	10 sem.	No evaluada de forma global (Enfoque en qPCR dirigida)	No evaluada (qPCR cuantitativa dirigida a especies)	Mide la densidad de copias génicas en Lactobacillus y Bifidobacterium,	

Dupuit et al. (2022)	Concurrente (HIIT+RT).	12 sem.	NO SIGNIFICATIVA: • Índice de Shannon: $p = 0.62$ • Índice de Simpson: $p = 0.58$ • Estimador Chao1: $p = 0.71$.	ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA: • Distancia Bray-Curtis: $p = 0.002$ • Unweighted UniFrac: $p = 0.015$	Reorganización con riqueza estable , pero reordenamiento de las familias bacterianas existentes.
Hintikka et al. (2023)	Aerobico	6 sem.	NO SIGNIFICATIVA: • Índice de Shannon: $p > 0.05$	ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA: • Índice de Jaccard: $p < 0.05$ • Distancia Bray-Curtis: $p < 0.05$	Adaptación Transitoria: modificación de la composición beta, pero la diversidad alfa mantiene una elevada resiliencia.
Verheggen et al. (2021)	Aeróbico (Ciclismo).	8 sem.	NO SIGNIFICATIVA: • Índice de Shannon: $p > 0.05$ • Estimador Chao1: $p > 0.05$ • PD de Faith: $p > 0.05$	NO SIGNIFICATIVA: • Distancia Bray-Curtis: $p > 0.05$	Resiliencia Ecológica: Sin modificaciones globales significativas en diversidad alfa ni beta; cambios restringidos a taxones específicos.

Kasperek et al. (2023)	Aeróbico	6 sem.	NO SIGNIFICATIVA: • Índice de Shannon: $p > 0.05$	NO SIGNIFICATIVA: • Distancia Bray-Curtis: $p > 0.05$	Estabilidad Estructural: El ejercicio aeróbico de 6 semanas no alteró las métricas alfa/beta.
Cullen et al. (2024)	Fuerza (RT).	6 sem.	NO SIGNIFICATIVA (Ajustada): • Índice de Shannon: $p > 0.05$ • Estimador Chao1: $p > 0.05$ • Índice de Simpson: $p > 0.05$	NO SIGNIFICATIVA: • Distancia Bray-Curtis: $p > 0.05$ • Unweighted UniFrac: $p > 0.05$ • Weighted UniFrac: $p > 0.05$	Estabilidad con Fuerza: no alteran las métricas alfa ni beta
Couvert et al. (2024)	HIIT (carrera vs bicicleta).	12 sem.	NO SIGNIFICATIVA: • Índice de Shannon: $p > 0.05$	NO SIGNIFICATIVA: • Unweighted UniFrac: $p > 0.05$ • Weighted UniFrac: $p > 0.05$	Resiliencia al HIIT: Ambas modalidades de HIIT no alteraron la composición alfa o beta

Nota. La diversidad alfa mide la riqueza e equitatividad de especies, mientras que la diversidad beta evalúa la disimilitud y distancia filogenética entre diferentes muestras o grupos. Abreviaturas: HIIT: Entrenamiento interválico de alta intensidad; PD: Diversidad filogenética; qPCR: Reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa en tiempo real; RT: Entrenamiento de fuerza/resistencia (Resistance Training). Elaboración propia.

Tabla 6 Taxones bacterianos específicos incrementados y disminuidos post-ejercicio en los estudios incluidos

Autor (Año)	Tipo de Ejercicio/ Duración	Taxones que AUMENTARON (p < 0.05)	Taxones que DISMINUYERON (p < 0.05)	Resultado fisiológico, funcional o metabólico
Mahdieh et al. (2023)	Aeróbico (Cinta)./ 10 sem .	• <i>Bifidobacterium spp.</i> (p=0.025) • <i>Lactobacillus spp.</i> (p=0.016)	Sin caídas reportadas con significación aislada	• Incremento de géneros probióticos; • Reducción de peso (-2.8 kg) e incremento de VO₂peak (+14.2%)
Dupuit et al. (2022)	Concurrente (HIIT+RT)./12 sem.	• Familia <i>Bifidobacteriaceae</i> (p < 0.05)	• Familia <i>Prevotellaceae</i> (p < 0.05) • Familia <i>Paraprevotellaceae</i> (p < 0.05)	• Reducción de familias asociadas a la inflamación; Prevotellaceae predice una mejor respuesta a la pérdida de grasa visceral (-7.5%) • Mantenimiento de masa magra e incremento de VO₂peak (+12.8%), es decir, mejora la respuesta adaptativa al entrenamiento de alta intensidad
Hintikka et al. (2023)	Aerobico / 6 sem.	• <i>Akkermansia muciniphila</i> (p = 0.038)	• Filo Proteobacteria (sem. 8, p = 0.039)	• Protección de la barrera mucosa colónica • Proliferación de Akkermansia se asoció con la mejora en el perfil de lípidos plasmáticos y sensibilidad insulínica • Aumento de metabolitos beneficiosos: Lyso-PCs, taurina y 3-fenilpropanoico

				• Sin cambios en IMC/grasa, pero sí aumentaron la capacidad cardiorrespiratoria • Disminución del riesgo cardiovascular
Verheggen et al. (2021)	Aeróbico (Ciclismo) / 8 sem	• <i>Ruminococcus gauvreauii</i> (p = 0.02) • <i>Anaerostipes</i> (p = 0.04) • <i>Lachnospiraceae</i> (p = 0.04)	Sin cambios significativos a nivel de filo o familia global	• El incremento en <i>R. gauvreauii</i> y <i>Anaerostipes</i> genera AGCC (acetato y butirato) que se correlacionan con la mejora en la sensibilidad a la insulina (clamp). • Reducción significativa el tejido adiposo visceral (-6.5%)
Kasperek et al. (2023)	Aeróbico / 6 sem	• Géneros fermentadores de triptófano y tirosina (p < 0.05)	Estabilidad taxonómica en filos dominantes	• Aumento de ILA y 4 - HPLA se correlacionó fuertemente con la mejora de la sensibilidad a la insulina y preservación de masa magra • Reprogramación metabólica sin cambio de peso total
Cullen et al. (2024)	Fuerza (RT) / 6 sem	• <i>Roseburia faecis</i>	Sin reducciones taxonómicas estadísticamente	• El aumento de <i>Roseburia</i> y el enriquecimiento de vías del metabolismo de carbohidratos (almidón y sacarosa) se asociaron a la reducción de la presión arterial

		(p < 0.05)	significativas post-fuerza	diastólica (-4.2 mmHg) y mejoraron la sensibilidad a la insulina. • Mejora significativa en la fuerza muscular
Couvert et al. (2024)	HIIT (carrera vs bicicleta)/ 12 sem	• Familia <i>Actinomycetaceae</i> (p < 0.05)	• Género <i>Ruminococcus</i> (p < 0.05)	• Asociado a pérdida de grasa visceral (-16.4%) con mayor respuesta en la modalidad HIIT de carrera.

Nota. Un valor $p < 0.05$ indica significación estadística. Abreviaturas: 4-HPLA: Ácido 4-hidroxifenil láctico; AGCC: Ácidos grasos de cadena corta; Clamp: Clamp euglucémico-hiperinsulinémico; ILA: Ácido indol-3-láctico; lysoPCs: Lisofosfatidilcolinas. Elaboración propia

Tipos de intervenciones de ejercicio con mayor evidencia favorable para modular la microbiota intestinal en el tratamiento de la obesidad

Los estudios evaluados indicaron que las intervenciones de ejercicio que mostraron resultados positivos en la modulación de la microbiota intestinal fueron el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), el entrenamiento combinado de HIIT con resistencia y el ejercicio aeróbico. El HIIT de carrera mostró una disminución de grasa visceral de 16,4 % entre los estudios examinados, en tanto que el entrenamiento concurrente o combinado durante 12 semanas evidenció cambios en la composición de la microbiota y una disminución de la grasa visceral del 7,5 % (Couvert et al., 2024; Dupuit et al., 2022).

A su vez, al realizar ejercicio aeróbico, entrenamiento de fuerza y entrenamiento de resistencia se vinculó con cambios en los géneros bacterianos como *Roseburia* y *R. gausvreauii*. y *Akkermansia muciniphila*, respectivamente, los cuales son productores de ácidos grasos de cadena corta como butirato/acetato (Couvert et al., 2024; Dupuit et al., 2022; Hintikka et al., 2023; Verheggen et al., 2021).

Por ende, los investigadores indican que el HIIT, sobre todo cuando se combina con entrenamiento de resistencia cerca de 12 semanas, pueden considerarse intervenciones potencialmente efectivas para favorecer la regulación de la microbiota y el descenso de adiposidad visceral en adultos con obesidad, aunque los resultados no determinan una modalidad que sea universalmente superior debido a la diversidad de los protocolos y los resultados evaluados (Couvert et al., 2024)

Evaluación de Calidad Metodológica (JBI) y Riesgo de Sesgo

Tabla 7

Evaluación de Ensayos Clínicos Aleatorizados (RCT - 13 ítems)

Ítems de Evaluación JBI (P1 a P13)	Mahdieh (2023)	Cullen (2024)
P1. ¿Fue verdadera la aleatorización?	Sí	Sí
P2. ¿Fue ocultada la asignación a los grupos?	Sí	NC
P3. ¿Eran los grupos similares al inicio?	Sí	Sí
P4. ¿Cegamiento de participantes?	No	No
P5. ¿Cegamiento de los administradores?	No	No

P6. ¿Cegamiento de los evaluadores de resultados?	Sí	Sí
P7. ¿Grupos con cuidado idéntico (excepto intervención)?	Sí	Sí
P8. ¿Fue completo el seguimiento (pérdidas descritas)?	Sí	Sí
P9. ¿Análisis por intención de tratar (ITT)?	Sí	Sí
P10. ¿Resultados medidos de la misma forma?	Sí	Sí
P11. ¿Medidas de resultados confiables?	Sí	Sí
P12. ¿Análisis estadístico apropiado?	Sí	Sí
P13. ¿Diseño del ensayo apropiado?	Sí	Sí
PUNTUACIÓN	11/13	10/13
CALIDAD GLOBAL	Alta	Moderado
RIESGO DE SESGO	Bajo	Moderado

Nota: P1–P13 corresponden a los 13 ítems de la herramienta JBI para ensayos clínicos aleatorizados. Sí = cumple; No = no cumple; NC = no claro; N/A = no aplicable.

En los ensayos clínicos aleatorizados, evaluados con JBI, se evidenció que una de las principales limitaciones en estudios con intervenciones de ejercicio, por su naturaleza, es que el cegamiento de participantes y administradores tiende a ser limitado; sin embargo, los estudios conservaron otros elementos metodológicos propicios, como la aleatorización, la similitud de los grupos al inicio, la medición de los resultados y el análisis estadístico.

Otra dificultad identificada en el ensayo de (Cullen et al., 2024) fue la información disponible sobre el ocultamiento de la asignación; este criterio fue clasificado como “No claro” debido a que la información proporcionada por el autor no permitió establecer con convicción el procedimiento utilizado para ocultar la asignación de los participantes. Esto limita la posibilidad de determinar completamente el riesgo de sesgo asociado al proceso de asignación, aun cuando el estudio haya sido descrito como aleatorizado. Por otra parte, en el ensayo de Mahdieh et al. (2023), los autores presentaron el diagrama CONSORT, que permitió visualizar de manera clara el proceso de aleatorización, asignación, seguimiento y análisis de los participantes.

Tabla 8*Evaluación de Estudios Cuasiexperimentales (9 ítems)*

Ítems de Evaluación JBI (P1 a P9)	Dupuit (2022)	Hintikka (2023)	Verheggen (2021)	Kasperek (2023)	Couvert (2024)
P1. ¿Causa y efecto claramente establecidos?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
P2. ¿Participantes incluidos similares?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
P3. ¿Recibieron el mismo cuidado?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
P4. ¿Hubo un grupo de control externo?	Sí	No	No	Sí	Sí
P5. ¿Múltiples mediciones (Pre/Post)?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
P6. ¿Seguimiento completo (sin pérdidas)?	No	Sí	No	Sí	Sí
P7. ¿Resultados medidos de igual forma?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
P8. ¿Medición de resultados confiable?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
P9. ¿Estadística adecuada?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PUNTAJE	8/9	8/9	7/9	9/9	9/9
CALIDAD GLOBAL	Alta	Alta	Moderado	Alta	Alta
RIESGO DE SESGO	Bajo	Bajo	Moderado	Bajo	Bajo

Nota: Sí = cumple; No = no cumple; NC = no claro; N/A = no aplicable.

En los estudios cuasiexperimentales, la principal limitación metodológica identificada fue la ausencia de un grupo de control externo en algunos de ellos. La evaluación JBI mostró que los estudios de (Hintikka et al., 2023; Verheggen et al., 2021) no contaban con un grupo de comparación, sino que los sujetos fueron su propio control (Pre vs. Post), lo que aumenta el riesgo de sesgo.

En otros estudios, se registró con una calificación de "No" en seguimiento completo (P6) por la pérdida del 41% (12 de 29 participantes) en la investigación de (Dupuit et al., 2022) por la pandemia de COVID-19, y de (Verheggen et al., 2021) con un 30%, aunque 20 participantes completaron el programa de ejercicio, solo 14 individuos proporcionaron muestras de heces viables para el análisis de microbiota debido a problemas técnicos en la recolección de las muestras fecales en los plazos establecidos.

Discusión

Los estudios incluidos en esta revisión narrativa muestran que ciertos tipos de ejercicio pueden cambiar la composición y la variedad de los microorganismos que viven en el intestino de personas con obesidad. Esto coincide con lo que otros estudios han encontrado antes: que el ejercicio está relacionado con cambios en los microorganismos del intestino. Pero los resultados no fueron los mismos en todas las investigaciones; esto puede deberse a que el ejercicio fue diferente en cuanto a duración, intensidad y tipo, y también a que no se controlaron de la misma manera los factores relacionados con la dieta, ya que se utilizaron diversos métodos para analizar los microorganismos del intestino.

Características demográficas, clínicas y antropométricas de los adultos con obesidad

Las características de los participantes de los siete estudios incluidos muestran una heterogeneidad demográfica, clínica y antropométrica, especialmente en relación con el sexo, la edad y el grado de adiposidad. Esta variedad debe tenerse en cuenta al analizar cómo el ejercicio afecta a la microbiota intestinal, ya que cada persona puede tener una composición microbiana distinta y reaccionar de forma diferente a las intervenciones.

En relación con el sexo, se observó un predominio de participantes mujeres. Los estudios de Mahdiah et al. (2023), Hintikka (2023) y Dupuit et al. (2022) incluyeron solamente mujeres, mientras que Couvert et al. (2024) estudiaron únicamente hombres. Por otro lado, Verheggen et al. (2021), Kasperek et al. (2023) y Cullen et al. (2024) incluyeron participantes tanto hombres como mujeres. Esta distribución limita la comparación directa entre los estudios y puede contribuir a las diferencias observadas en la respuesta de la microbiota.

La edad también fue variable entre las investigaciones, puesto que se incluyeron adultos jóvenes y poblaciones de mayor edad, como las mujeres posmenopáusicas evaluadas por Dupuit et al. (2022). Esta diferencia resulta notable, ya que los cambios asociados al envejecimiento y al estado hormonal pueden influir en la composición y diversidad de la microbiota intestinal. Por ello, los resultados obtenidos en mujeres jóvenes o en mujeres posmenopáusicas no necesariamente pueden generalizarse de manera directa a otras poblaciones adultas con obesidad.

En cuanto a las características antropométricas, también se observaron diferencias en el índice de masa corporal y en la distribución de la grasa. Algunos estudios evaluaron específicamente la grasa visceral, variable de gran interés, ya que se identificaron cambios en la microbiota vinculados a la pérdida de grasa interna, incluso sin modificaciones significativas en el peso corporal total.

También, un estudio en gemelos monocigóticos realizado por (Lietzén et al., 2024) sugirieron que las condiciones metabólicas y antropométricas al inicio pueden afectar la respuesta de una persona al ejercicio. Esto indica que incluso cuando se controla parte del factor genético, hay diferencias individuales. Este resultado apoya la idea de que las características iniciales de los participantes pueden influir en la respuesta de la microbiota intestinal al ejercicio. Sin embargo, no hay prueba de que un índice de masa corporal más alto cause una menor capacidad de adaptación del microbioma. Por eso, los resultados de esta revisión deben leerse teniendo en cuenta las características de cada grupo poblacional, y no se pueden aplicar como una respuesta común para todos los adultos con obesidad.

Modalidades del ejercicio

Los siete estudios incluidos evaluaron diferentes modalidades de ejercicio, entre ellas ejercicio aeróbico, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, ejercicio interválico de alta intensidad (HIIT) y entrenamiento concurrente. Cada intervención en las personas con obesidad mostró resultados distintos en la microbiota intestinal de acuerdo con la modalidad de ejercicio.

El ejercicio aeróbico fue evaluado por Mahdieh et al. (2023), Verheggen et al. (2021) y Kasperek et al. (2023). En estos estudios se observó un aumento de bacterias beneficiosas y de metabolitos protectores, lo que induce una reprogramación metabólica. Por otra parte, Kasperek et al. (2023), demostraron que el ejercicio eleva metabolitos que protegen y poseen propiedades inmunomoduladoras y antioxidantes.

El entrenamiento de resistencia en la investigación de Hintikka (2023)) se aprecia que esta actividad produce modificaciones en determinados microorganismos, a pesar de no observar cambios en el IMC o la grasa corporal. Este resultado sugiere que la microbiota puede responder al ejercicio a pesar de que no se registraron cambios grandes en la composición corporal.

En cuanto al ejercicio de fuerza, los resultados de (Cullen et al., 2024) son importantes porque muestran que esta forma de entrenamiento ayuda a aumentar considerablemente el número de bacterias del género *Roseburia*, aunque la microbiota intestinal no cambió de forma general. Este hallazgo es relevante porque hay poca información sobre el entrenamiento de fuerza en humanos; la mayoría de los estudios con adultos obesos se enfocan en ejercicios aeróbicos o combinados. Los investigadores coinciden en que esto muestra una gran capacidad del ecosistema intestinal para resistir ciertos estresores sin alterar su composición general, aunque sí puede hacer ajustes pequeños que son positivos.

Las intervenciones de mayor intensidad también mostraron resultados favorables. El entrenamiento concurrente realizado por Dupuit et al. (2022), que combinó HIIT y entrenamiento de resistencia, produjo modificaciones en la composición microbiana y se acompañó de una reducción de la grasa visceral. Asimismo, (Couvert et al., 2024) identificaron que el HIIT, particularmente mediante carrera, se asoció con una mayor reducción de la adiposidad visceral y aumentó algunas familias de bacterias como *Rikenellaceae* y *Clostridiaceae*, que suelen ser bajas en personas con obesidad.

Característica de la microbiota en adultos con obesidad

La evidencia analizada sugiere que los adultos con obesidad presentan alteraciones en la composición de la microbiota intestinal, sin embargo los estudios incluidos no evaluaron los mismos microorganismo ni usaron los mismos métodos de análisis, por lo que no es posible establecer una microbiota única, pero describen que en obesidad hay una reducción de taxones bacterianos específicos que protegen la mucosa y fermentan la fibra, como *Bifidobacterium*, *Faecalibacterium*, *Roseburia*, *Anaerostipes* y *Akkermansia muciniphila*.

Al hablar de la relación Firmicutes/Bacteroidetes (F/B), en obesidad, los ensayos de Dupuit et al. (2022), Hintikka (2023) y Verheggen et al. (2021) demostraron que esta relación no es estable, por lo que es difícil considerarla como un marcador consistente de la respuesta de la microbiota intestinal al ejercicio. Este resultado coincide con las revisiones de (Cancino Ramírez et al., 2025; Rehman et al., 2026; Sarmiento Leon et al., 2024), quienes señalan que la relación F/B es un marcador demasiado simplista en humanos. Las alteraciones de la microbiota intestinal asociadas a la obesidad se destacan por la pérdida de la diversidad de la microbiota y por el aumento de la permeabilidad del intestino. Se ha propuesto que al existir pocas bacterias protectoras se debilita la barrera intestinal, permitiendo el paso de toxinas bacterianas (LPS) a la sangre, lo que desencadena una inflamación crónica que eleva

marcadores como IL-6 y TNF- α , afectando la acción de la insulina y decayendo el estado metabólico. Sin embargo, estos mecanismos no fueron evaluados de forma homogénea en los estudios incluidos, por lo que deben considerarse como posibles componentes explicativos y no como efectos demostrados directamente por la presente revisión.

Frente al estímulo del ejercicio, los cambios en la diversidad alfa fueron limitados o frágiles entre los estudios, mientras que las modificaciones más evidentes se observaron en la cantidad de determinados taxones y, en algunos casos, en la diversidad beta de la microbiota intestinal.

Se observaron cambios dependiendo del tipo de entrenamiento, como que el ejercicio aeróbico continuo favoreció el aumento de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Ruminococcus gnavreai* y *Anaerostipes*; el entrenamiento concurrente modificó la composición de la diversidad beta y elevó los niveles de *Bifidobacterium*. Por otro lado, el entrenamiento de fuerza incrementó de forma selectiva *Roseburia faecis*, una bacteria que produce butirato, mientras que el entrenamiento de resistencia se asoció con un aumento de *Akkermansia muciniphila*. En conjunto, estos resultados sugieren que el ejercicio no produce una modificación uniforme en toda la comunidad intestinal, sino que se producen adaptaciones determinadas que pueden depender de las características de la intervención y del estado metabólico inicial de los participantes.

Estos datos coinciden con (Cancino Ramírez et al., 2025), quienes mencionan que el ejercicio mejora la composición bacteriana y aumenta las productoras de ácidos grasos de cadena corta sin alterar la diversidad alfa de la microbiota intestinal. De forma similar, (Dziewiecka et al., 2022) señalaron que el ejercicio físico puede inducir cambios en determinados microorganismos, pero destacaron una importante heterogeneidad entre las poblaciones y las intervenciones estudiadas. Por tanto, los resultados de la presente revisión sugieren que la respuesta de la microbiota intestinal en adultos con obesidad depende de muchos factores y no puede definirse mediante un único patrón bacteriano o un cambio uniforme en la diversidad.

Los siete estudios revisados utilizaron diferentes métodos de evaluación y no analizaron los mismos taxones, indicadores de diversidad o metabolitos, por lo que no es posible establecer una característica única de la microbiota intestinal ni una respuesta común al ejercicio en todos los adultos con obesidad.

Relación de la intensidad y duración del ejercicio con los cambios en la microbiota

Los resultados de los estudios incluidos sugieren que la intensidad y la duración del ejercicio pueden influir en la cantidad de cambios que ocurren en la microbiota intestinal; sin embargo, no se identificó una relación uniforme adaptable a todas las intervenciones. En los estudios analizados, los protocolos de mayor intensidad, particularmente el entrenamiento interválico de alta intensidad y el ejercicio concurrente, se asociaron con modificaciones en determinados taxones y, en el caso de Dupuit et al. (2022), con cambios en la diversidad beta. No obstante, otros estudios que utilizaron ejercicio aeróbico o entrenamiento de fuerza también identificaron modificaciones bacterianas específicas, lo que indica que los efectos no dependen exclusivamente de la intensidad, sino también de la modalidad y de las características de la población.

Esta interpretación está parcialmente relacionada con la revisión sistemática de (Dziewiecka et al., 2022), que observó que la intensidad y el volumen de la actividad física pueden influir en la respuesta de la microbiota intestinal. Los autores señalaron que actividades realizadas a intensidades iguales o superiores al 60 % de la frecuencia cardíaca máxima se asociaron con cambios en la diversidad beta y en la función metabólica. Sin embargo, este hallazgo debe interpretarse como una tendencia observada entre los estudios y no como un umbral universal necesario para inducir cambios en la microbiota.

De manera complementaria, el análisis agrupado de ensayos controlados aleatorizados elaborado por Reljic et al. (2025) encontró, que las intervenciones de mayor intensidad están relacionadas con un incremento en la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) fecales totales, lo que sugiere posibles adaptaciones metabólicas intestinales más notables; sin embargo, debido a las diferencias entre los protocolos de ejercicio y las poblaciones estudiadas, no permiten establecer superioridad de una intensidad específica para modificar los componentes de la microbiota intestinal.

En ejercicio intensivo cuanto a la duración, los siete estudios incluidos utilizaron intervenciones de entre seis y doce semanas, este plazo de tiempo permitió percibir cambios tanto en la composición como en la función de la microbiota al aumentar los géneros como *Akkermansia* y *Bifidobacterium*.

Los estudios de menor duración, como los de (Kasperek et al., 2023) y (Cullen et al., 2024), identificaron cambios específicos en la composición de la microbiota intestinal,

mientras que las intervenciones de mayor duración, como las de Mahdieh et al. (2023) y Dupuit et al. (2022), también mostraron modificaciones taxonómicas y metabólicas.

La investigación de Kern et al. (2020) sugieren que las modificaciones en la diversidad alfa y en la diversidad beta podrían hacerse mas evidentes después de tres meses, con el estímulo de ejercicio vigoroso Sin embargo, estos resultados no permiten establecer que tres meses se convierta en un periodo obligatorio para producir cambios, sino que sugieren que la respuesta de la microbiota puede depender del tiempo de exposición al ejercicio y de la intensidad del estímulo.

El requerir de un período prolongado de entrenamiento se destaca en el estudio de gemelos llevado a cabo por (Lietzén et al., 2024) basada en una intervención que duró seis meses, aportó información complementaria sobre la duración y variabilidad individual, ya que destaca que el microbioma de un adulto con obesidad requiere tiempo para adaptarse y alcanzar un nuevo estado equilibrado y saludable.

Tipos de intervenciones de ejercicio con mayor evidencia favorable para modular la microbiota intestinal en el tratamiento de la obesidad

Los hallazgos de esta revisión sugieren que las intervenciones combinadas o de mayor intensidad podrían presentar una evidencia favorable para mostrar efectos favorables sobre ciertos componentes de la microbiota intestinal en adultos con obesidad. Sin embargo, debido al número limitado de estudios y a su marcada diversidad, no es posible confirmar que una modalidad sea superior a otra.

Entre los estudios analizados, Dupuit et al. (2022) destacan por evidenciar cambios en la diversidad beta, modificaciones bacterianas y una mayor pérdida de grasa visceral en el entrenamiento concurrente que combinó el entrenamiento HIIT y el entrenamiento de fuerza.

En comparación con la estabilidad estructural global reportada en el ejercicio aeróbico (Verheggen et al., 2021) o el HIIT aislado de (Couvert et al., 2024), los hallazgos de (Dupuit et al., 2022) indican que el entrenamiento concurrente y de alta intensidad presentó la evidencia más favorable para inducir un "reajuste" global en la composición del ecosistema intestinal en adultos con obesidad, pero no se puede considerar como beneficio definitivo debido a que las diferencias metodológicas entre los protocolos obligan a interpretar estos datos con moderación. La importancia clínica de alcanzar este nivel de intensidad alta y un entrenamiento

vigoroso se ve apoyada por el hecho de que este cambio estructural permitió predecir una mayor reducción de la pérdida de grasa visceral después del programa de ejercicio.

Conclusiones

- Los estudios incluidos identificaron que el ejercicio físico afecta de manera específica a la microbiota intestinal de personas adultas con obesidad. Esto provoca cambios favorables en ciertos tipos de bacterias, a pesar de producir cambios drásticos en peso. Sin embargo, no siempre se observan cambios claros en la variedad de microorganismos, lo que muestra que la forma en que los microorganismos responden al ejercicio no es la misma en todos los casos.
- Las personas que participaron en los estudios tenían diferentes edades, sexos, índices de masa corporal y composiciones corporales. Clínicamente, estos casos se caracterizan por una disbiosis grave, con una diversidad beta muy diferente a la de personas delgadas y con pocas bacterias que producen ácidos grasos de cadena corta. La heterogeneidad del IMC, y un estilo de vida sedentario puede influir en la respuesta microbiana, ya que hay una mayor rigidez en el ecosistema intestinal ante el ejercicio.
- Las intervenciones con ejercicios aeróbicos, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, HIIT y entrenamiento concurrente con un rango de duración que van desde las 6 a 12 semanas, en los estudios incluidos reportaron que en este periodo de tiempo se puede ver cambios en la microbiota como fue el aumento de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Akkermansia muciniphila*, *Roseburia faecis*, *Anaerostipes* y *Ruminococcus gauvreauii*, lo que evidencia que la respuesta microbiana depende de las características de la intervención aplicada, pero no permite establecer una duración mínima u óptima para modificar la microbiota intestinal
- La microbiota intestinal de los adultos con obesidad se caracteriza por tener una estructura rígida y una baja diversidad, en la que predomina el filo *Firmicutes* sobre el filo *Bacteroidetes*. Por esta composición se escasean las bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta, particularmente de los géneros *Bifidobacterium*, *Akkermansia*, *Anaerostipes* y *Ruminococcus gavi*, lo cual establece una estrecha relación patológica entre la abundancia de taxones precursores de la inflamación y los marcadores de grasa visceral.
- La intensidad y la duración del entrenamiento son muy importantes para cambiar la microbiota intestinal, al realizar ejercicios intensos, como el entrenamiento de alta intensidad, o al hacer ejercicio de fuerza, aumentan en las heces los niveles de ácidos grasos de cadena corta, así como también aumenta la cantidad de bacterias protectoras como *Akkermansia*, *Roseburia*, *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*. El HIIT de carrera

presentó la mayor reducción de grasa visceral observada entre los estudios incluidos, mientras que el entrenamiento concurrente HIIT más resistencia durante 12 semanas mostró simultáneamente modificaciones de la composición bacteriana y reducción de grasa visceral, en comparación con el ejercicio de intensidad moderada. No obstante, los resultados no permiten establecer una única modalidad, intensidad o duración como universalmente superior.

- A partir de la evidencia analizada, las intervenciones que tienen resultados potencialmente favorables sobre determinados componentes de la microbiota intestinal son aquellas que combinan el entrenamiento de fuerza con periodos de alta intensidad (HIIT), o que integran el HIIT junto con entrenamiento de resistencia y ejercicio aeróbico. Sin embargo, debido a las grandes diferencias en los protocolos, en las personas estudiadas, en los resultados microbiológicos y en la calidad de los estudios, estas intervenciones deben verse como estrategias potencialmente efectivas, por lo que, no se puede decir que existe un único tratamiento óptimo para todos los adultos con obesidad.

Recomendaciones

- Para la práctica profesional, se recomienda incorporar el ejercicio físico como herramienta terapéutica primaria. De acuerdo con la evidencia analizada, diferentes modalidades de ejercicio, incluyendo el ejercicio aeróbico, el entrenamiento de fuerza, el HIIT y el entrenamiento concurrente, pueden asociarse con cambios beneficiosos en determinados grupos bacterianos y en parámetros metabólicos.
- Se sugiere realizar investigaciones con muestras mayores y periodos de intervención y seguimiento más prolongados, que comparen directamente ejercicio aeróbico, HIIT, entrenamiento de fuerza, resistencia y entrenamiento concurrente.
- Se aconseja desarrollar investigaciones en población latinoamericana que evalúen la relación entre ejercicio, obesidad y microbiota intestinal, ya que la microbiota intestinal varía de acuerdo con el tipo de alimentación, la composición corporal, el estilo de vida, las características ambientales y las condiciones socioculturales, por lo que no es posible asumir que los resultados obtenidos principalmente en poblaciones de otros países sean completamente adaptables a la población latinoamericana.
- Se propone que los estudios futuros incluyan un control dietético riguroso o sigan dietas estandarizadas en los participantes durante las semanas de intervención y antes de tomar las muestras de heces. Esto permitirá separar mejor los efectos reales del ejercicio físico de los posibles sesgos causados por la alimentación.
- Se recomienda que las futuras investigaciones utilicen protocolos de ejercicio claramente estandarizados de acuerdo con la modalidad, frecuencia, intensidad, duración y adherencia a la intervención, con el fin de tratar de reducir la heterogeneidad entre investigaciones y facilitar la comparación de los resultados.

Bibliografia

1. Ahn, C., Ryan, B. J., Schleh, M. W., Varshney, P., Ludzki, A. C., Gillen, J. B., Van Pelt, D. W., Pitchford, L. M., Howton, S. M., Rode, T., Hummel, S. L., Burant, C. F., Little, J. P., & Horowitz, J. F. (2022). Exercise training remodels subcutaneous adipose tissue in adults with obesity even without weight loss. *The Journal of Physiology*, 600(9), 2127–2146. <https://doi.org/10.1113/JP282371>
2. American College of Sports Medicine. (2018). *Physical Activity Guidelines for Americans 2 nd edition*.
3. American Diabetes Association Professional Practice Committee, (2026). (2026). Screening, Diagnosis, Evaluation, and Staging of Obesity in Adults: Standards of Care in Overweight and Obesity—2026. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, 13(Suppl 1). <https://doi.org/10.1136/BMJDR-2026-006247>
4. Augustynowicz, G., Lasocka, M., Szyller, H. P., Dziedziak, M., Mytych, A., Braksator, J., & Pytrus, T. (2025). The Role of Gut Microbiota in the Development and Treatment of Obesity and Overweight: A Literature Review. *Journal of Clinical Medicine* 2025, Vol. 14, Page 4933, 14(14), 4933. <https://doi.org/10.3390/JCM14144933>
5. Aya, V., Jimenez, P., Muñoz, E., & Ramírez, J. D. (2023). Effects of exercise and physical activity on gut microbiota composition and function in older adults: a systematic review. *BMC Geriatrics* 2023 23:1, 23(1), 364-. <https://doi.org/10.1186/S12877-023-04066-Y>
6. Barakat, G. M., Ramadan, W., Assi, G., & Khoury, N. B. E. (2024). Satiety: a gut–brain–relationship. *The Journal of Physiological Sciences: JPS*, 74(1), 11. <https://doi.org/10.1186/S12576-024-00904-9>
7. Batitucci, G., Almeida, O. G., De Martinis, E. C. P., Solar, I., Cintra, D. E., & Freitas, E. C. de. (2024). Intermittent fasting and high-intensity interval training do not alter gut microbiota composition in adult women with obesity. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 327(3), E241–E257. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00310.2023>
8. Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R., Bokulich, N. A., Abnet, C. C., Al-Ghalith, G. A., Alexander, H., Alm, E. J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J. E., Bittinger, K., Brejnrod, A., Brislawn, C. J., Brown, C. T., Callahan, B. J., Caraballo-Rodríguez, A. M., Chase, J., ... Caporaso, J. G. (2019). Reproducible, interactive,

- scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature Biotechnology* 2019 37:8, 37(8), 852–857. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>
9. Boone, S. C., Van Smeden, M., Rosendaal, F. R., Le Cessie, S., Groenwold, R. H. H., Jukema, J. W., Van Dijk, K. W., Lamb, H. J., Greenland, P., Neeland, I. J., Allison, M. A., Criqui, M. H., Budoff, M. J., Lind, L. L., Kullberg, J., Ahlström, H., Mook-Kanamori, D. O., & De Mutsert, R. (2022). Evaluation of the Value of Waist Circumference and Metabolomics in the Estimation of Visceral Adipose Tissue. *American Journal of Epidemiology*, 191(5), 886–899. <https://doi.org/10.1093/AJE/KWAB298>
 10. Campbell, C., Kandalgaonkar, M. R., Golonka, R. M., Yeoh, B. S., Vijay-Kumar, M., & Saha, P. (2023). Crosstalk between Gut Microbiota and Host Immunity: Impact on Inflammation and Immunotherapy. *Biomedicines*, 11(2), 294. <https://doi.org/10.3390/BIMEDICINES11020294>
 11. Cancino Ramírez, J., González Rojas, L., Magne, F., & Gotteland, M. (2024). Modulation of gut microbiota through physical activity in individuals with obesity—a systematic review. *Https://Doi.Org/10.1139/Apnm-2024-0329*, 50, 1–11. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0329>
 12. Cancino Ramírez, J., González Rojas, L., Magne, F., & Gotteland, M. (2025). Modulation of gut microbiota through physical activity in individuals with obesity—a systematic review. In *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme* (Vol. 50, pp. 1–11). <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0329>
 13. Casas, A. (2022). *Ejercicio y deportes en prevención y tratamiento de la obesidad*. 104–116. www.memoria.fahce.unlp.edu.ar
 14. Castaner, O., Goday, A., Park, Y. M., Lee, S. H., Magkos, F., Shiow, S. A. T. E., & Schröder, H. (2018). The Gut Microbiome Profile in Obesity: A Systematic Review. *International Journal of Endocrinology*, 2018, 4095789. <https://doi.org/10.1155/2018/4095789>
 15. Cataldi, S., Bonavolontà, V., Poli, L., Clemente, F. M., De Candia, M., Carvutto, R., Silva, A. F., Badicu, G., Greco, G., & Fischetti, F. (2022). The Relationship between Physical Activity, Physical Exercise, and Human Gut Microbiota in Healthy and Unhealthy Subjects: A Systematic Review. *Biology* 2022, Vol. 11, 11(3). <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY11030479>

16. Chang, M. L., Yang, Z., & Yang, S. S. (2020). Roles of Adipokines in Digestive Diseases: Markers of Inflammation, Metabolic Alteration and Disease Progression. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 8308. <https://doi.org/10.3390/IJMS21218308>
17. Chen, H., Chen, C., Spanos, M., Li, G., Lu, R., Bei, Y., & Xiao, J. (2022). Exercise training maintains cardiovascular health: signaling pathways involved and potential therapeutics. *Signal Transduction and Targeted Therapy* 2022 7:1, 7(1), 306-. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01153-1>
18. Clauss, M., Gérard, P., Mosca, A., & Leclerc, M. (2021). Interplay Between Exercise and Gut Microbiome in the Context of Human Health and Performance. *Frontiers in Nutrition*, 8, 637010. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.637010/FULL>
19. Combs, D., Landeros, K., Garza, K., Azari, H., Abdelrahman, M., & Albracht-Schulte, K. (2026). Exercise intensity as a modulator of gut microbiota and host metabolic health in obesity. *Gut Microbes*, 18(1), 2661415. <https://doi.org/10.1080/19490976.2026.2661415>
20. Couvert, A. L., Goumy, L., Maillard, F., Esbrat, A., Lanchais, K., Saugrain, C., Verdier, C., Doré, E., Chevarin, C., Adjoutah, D., Morel, C., Pereira, B., Martin, V., Lancha, A. H., Barnich, N., Chassaing, B., Rance, M., & Boisseau, N. (2024). Effects of a Cycling versus Running HIIT Program on Fat Mass Loss and Gut Microbiota Composition in Men with Overweight/Obesity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 56(5), 839–850. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003376>
21. Cullen, J. M. A., Shahzad, S., Kanaley, J. A., Ericsson, A. C., & Dhillon, J. (2024). The effects of 6 wk of resistance training on the gut microbiome and cardiometabolic health in young adults with overweight and obesity. *Journal of Applied Physiology*, 136(2), 349–361. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00350.2023>
22. De Clercq, N. C., Groen, A. K., Romijn, J. A., & Nieuwdorp, M. (2016). Gut microbiota in obesity and undernutrition. In *Advances in Nutrition* (Vol. 7, Number 6, pp. 1080–1089). American Society for Nutrition. <https://doi.org/10.3945/an.116.012914>

23. De Vos, W. M., Tilg, H., Van Hul, M., & Cani, P. D. (2022). Gut microbiome and health: mechanistic insights. *Gut*, 71(5), 1020–1032. <https://doi.org/10.1136/GUTJNL-2021-326789>
24. Del Campo-Moreno, R., Alarcón-Cavero, T., D'Auria, G., Delgado-Palacio, S., & Ferrer-Martínez, M. (2018). Microbiota en la salud humana: técnicas de caracterización y transferencia. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 36(4), 241–245. <https://doi.org/10.1016/J.EIMC.2017.02.007>
25. Denou, E., Marcinko, K., Surette, M. G., Steinberg, G. R., & Schertzer, J. D. (2016). High-intensity exercise training increases the diversity and metabolic capacity of the mouse distal gut microbiota during diet-induced obesity. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 310(11), E982–E993. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00537.2015>
26. Domínguez Rubio, A. P., D'Antoni, C. L., Piuri, M., & Pérez, O. E. (2022). Probiotics, Their Extracellular Vesicles and Infectious Diseases. *Frontiers in Microbiology*, 13, 864720. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2022.864720/FULL>
27. Douglas, G. M., Maffei, V. J., Zaneveld, J. R., Yurgel, S. N., Brown, J. R., Taylor, C. M., Huttenhower, C., & Langille, M. G. I. (2020). PICRUSt2 for prediction of metagenome functions. *Nature Biotechnology* 2020 38:6, 38(6), 685–688. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0548-6>
28. Dupuit, M., Rance, M., Morel, C., Bouillon, P., Boscaro, A., Martin, V., Vazeille, E., Barnich, N., Chassaing, B., & Boisseau, N. (2022). Effect of Concurrent Training on Body Composition and Gut Microbiota in Postmenopausal Women with Overweight or Obesity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(3), 517–529. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002809>
29. Dziewiecka, H., Buttar, H. S., Kasperska, A., Ostapiuk–Karolczuk, J., Domagalska, M., Cichoń, J., & Skarpańska-Stejnborn, A. (2022). Physical activity induced alterations of gut microbiota in humans: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00513-2>
30. EFE. (2025). *Ecuador registrará un 30 % de adultos con obesidad en 2025, según un estudio*. https://www.eloriente.com/articulo/ecuador-registrara-un-30-de-adultos-con-obesidad-en-2025-segun-un-estudio/49514?utm_source=chatgpt.com
31. Evans, C. C., LePard, K. J., Kwak, J. W., Stancukas, M. C., Laskowski, S., Dougherty, J., Moulton, L., Glawe, A., Wang, Y., Leone, V., Antonopoulos, D. A., Smith, D., Chang, E. B., & Ciancio, M. J. (2014). Exercise Prevents Weight Gain

- and Alters the Gut Microbiota in a Mouse Model of High Fat Diet-Induced Obesity. *PLOS ONE*, 9(3), e92193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092193>
32. Farias, G., Netto, B. D. M., Boritza, K., Bettini, S. C., Vilela, R. M., & Dâmaso, A. R. (2020). Impact of Weight Loss on Inflammation State and Endothelial Markers Among Individuals with Extreme Obesity After Gastric Bypass Surgery: a 2-Year Follow-up Study. *Obesity Surgery* 2020 30:5, 30(5), 1881–1890. <https://doi.org/10.1007/S11695-020-04411-9>
 33. Felipe, *, Donate, I., Sánchez-Oliver, A. J., Benito, P. J., Ramon Heredia Elvar, J., Suarez-Carmona, W., & Butragueño, J. (2023). Guía para el diseño de programas de intervención en población con obesidad: Documento de Posicionamiento del Grupo Ejercicio Físico de la Sociedad Española de Estudio de la Obesidad (SEEDO) Guide for designing intervention programs for populations with o.... *Retos*, 50, 33–49. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>
 34. Forte, N., Fernández-rilo, A. C., Palomba, L., Di Marzo, V., & Cristino, L. (2020). Obesity Affects the Microbiota–Gut–Brain Axis and the Regulation Thereof by Endocannabinoids and Related Mediators. *International Journal of Molecular Sciences* 2020, Vol. 21, Page 1554, 21(5), 1554. <https://doi.org/10.3390/IJMS21051554>
 35. Frigolet, M. E., & Gutiérrez-Aguilar, R. (2020). *Los colores del tejido adiposo The colors of adipose tissue GACETA MÉDICA DE MÉXICO ARTÍCULO DE REVISIÓN Correspondencia*. <https://doi.org/10.24875/GMM.20005541>
 36. Ghaffar, T., Ubaldi, F., Volpini, V., Valeriani, F., & Romano Spica, V. (2024). The Role of Gut Microbiota in Different Types of Physical Activity and Their Intensity: Systematic Review and Meta-Analysis. In *Sports* (Vol. 12, Number 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/sports12080221>
 37. Gloor, G. B., Macklaim, J. M., Pawlowsky-Glahn, V., & Egozcue, J. J. (2017). Microbiome datasets are compositional: And this is not optional. *Frontiers in Microbiology*, 8(NOV), 294209. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2017.02224/TEXT>
 38. Guedjati, M. R., & Taibi, A. D. (2023). The physical exercise in the management of obesity Mohamed Ridha GUEDJATI*. Adeila Dallel TAIBI Service de physiologie clinique et explorations fonctionnelles métaboliques et nutrition Centre hospitalier universitaire Benflis Touhami. Allées Mohamed Boud.... *IOSR Journal of Sports*

- and Physical Education (IOSR-JSPE, 10(2), 27–34. <https://doi.org/10.9790/6737-10022734>*
39. Hernández Paradela, A. R. B. M. (2025). *Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la microbiota intestinal en adultos jóvenes sedentarios DOBLE GRADO CAFYD Y FISIOTERAPIA FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.*
 40. Hintikka, J. E., Ahtiainen, J. P., Permi, P., Jalkanen, S., Lehtonen, M., & Pekkala, S. (2023). Aerobic exercise training and gut microbiome-associated metabolic shifts in women with overweight: a multi-omic study. *Scientific Reports 2023 13:1, 13(1), 11228-*. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38357-6>
 41. Hughes, R., Burd, N., Khan, N., Pindus, D., & Holscher, H. (2021). *Associations Between Physical Activity and Gut Microbiota Composition in Adults With Overweight and Obesity.* https://academic.oup.com/cdn/article/6/Supplement_1/1011/6606579
 42. Joos, R., Boucher, K., Lavelle, A., Arumugam, M., Blaser, M. J., Claesson, M. J., Clarke, G., Cotter, P. D., De Sordi, L., Dominguez-Bello, M. G., Dutilh, B. E., Ehrlich, S. D., Ghosh, T. S., Hill, C., Junot, C., Lahti, L., Lawley, T. D., Licht, T. R., Maguin, E., ... Ross, R. P. (2025). Examining the healthy human microbiome concept. *Nature Reviews Microbiology, 23(3), 192–205.* <https://doi.org/10.1038/s41579-024-01107-0>
 43. Jyoti, & Dey, P. (2025). Mechanisms and implications of the gut microbial modulation of intestinal metabolic processes. In *NPJ Metabolic Health and Disease* (Vol. 3, Number 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s44324-025-00066-1>
 44. Kasperek, M. C., Mailing, L., Piccolo, B. D., Moody, B., Lan, R., Gao, X., Hernandez-Saavedra, D., Woods, J. A., Adams, S. H., & Allen, J. M. (2023). Exercise training modifies xenometabolites in gut and circulation of lean and obese adults. *Physiological Reports, 11(6).* <https://doi.org/10.14814/phy2.15638>
 45. Kay, A. D., Baxter, B. A., Hill, M., & Blazeovich, A. J. (2023). *Effects of eccentric resistance training on lower-limb passive joint range of motion: A systematic review and meta-analysis.* 10.1249/MSS.00000000000003085
 46. Kers, J. G., & Saccenti, E. (2022). The Power of Microbiome Studies: Some Considerations on Which Alpha and Beta Metrics to Use and How to Report Results. *Frontiers in Microbiology, 12, 796025.* <https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.796025/TEXT>

47. Khanna, D., Welch, B. S., & Rehman, A. (2022). Pathophysiology of Obesity. *Diabetologie*, 20(3), 312–319. <https://doi.org/10.1007/s11428-024-01161-5>
48. Kim, M. H., Yun, K. E., Kim, J., Park, E., Chang, Y., Ryu, S., Kim, H. L., & Kim, H. N. (2020). Gut microbiota and metabolic health among overweight and obese individuals. *Scientific Reports*, 10(1), 19417. <https://doi.org/10.1038/S41598-020-76474-8>
49. Kim, Y. I., Choi, W., Seo, M., Ka, S., & Park, J. (2025). Effect of exercise on the human gut microbiota in individuals with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physical Activity and Nutrition*, 29(2), 49–61. <https://doi.org/10.20463/PAN.2025.0014>
50. Kim, Y.-I., Choi, W., Seo, M., Ka, S., & Park, J. (2025). Effect of exercise on the human gut microbiota in individuals with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physical Activity and Nutrition*, 29(2), 49–61. <https://doi.org/10.20463/pan.2025.0014>
51. Knight, R., Vrbanac, A., Taylor, B. C., Aksenov, A., Callewaert, C., Debelius, J., Gonzalez, A., Kosciulek, T., McCall, L. I., McDonald, D., Melnik, A. V., Morton, J. T., Navas, J., Quinn, R. A., Sanders, J. G., Swafford, A. D., Thompson, L. R., Tripathi, A., Xu, Z. Z., ... Dorrestein, P. C. (2018). Best practices for analysing microbiomes. *Nature Reviews Microbiology* 2018 16:7, 16(7), 410–422. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0029-9>
52. Latorre, J., Lluch, A., Ortega, F. J., Gavalda-Navarro, A., Comas, F., Morón-Ros, S., Rodríguez, A., Becerril, S., Villarroya, F., Frühbeck, G., Ricart, W., Giralt, M., Fernández-Real, J. M., & Moreno-Navarrete, J. M. (2021). Adipose tissue knockdown of lysozyme reduces local inflammation and improves adipogenesis in high-fat diet-fed mice. *Pharmacological Research*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105486>
53. Lietzén, M. S., Guzzardi, M. A., Ojala, R., Hentilä, J., Heiskanen, M. A., Honkala, S. M., Lautamäki, R., Löyttyniemi, E., Kirjavainen, A. K., Rajander, J., Malm, T., Lahti, L., Rinne, J. O., Pietiläinen, K. H., Iozzo, P., & Hannukainen, J. C. (2024). Regular Exercise Training Induces More Changes on Intestinal Glucose Uptake from Blood and Microbiota Composition in Leaner Compared to Heavier Individuals in Monozygotic Twins Discordant for BMI. *Nutrients* , 16(20). <https://doi.org/10.3390/nu16203554>

54. Loeza Magaña, P., Quezada González, H. R., & Arias Vázquez, P. I. (2023). Actualidades de los efectos del ejercicio en la obesidad. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 35(3–4), 58–64. <https://doi.org/10.35366/115919>
55. Lopez, P., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., Bassanesi, R. N., Turella, D. J. P., & Rech, A. (2022). Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 23(5), e13428. <https://doi.org/10.1111/OBR.13428>;WGROU:STRING:PUBLICATION
56. Mageit, M., Alhabib, M. Y., Alshamrani, M., AlShahrani, A., AlShaalán, R., AlAnazi, H., Alharbi, W., AlObaid, A. S., & AlHarthi, S. A. (2025). The Association Between Physical Activity and Obesity: A Systematic Review. *Cureus*, 17(12), e99068. <https://doi.org/10.7759/CUREUS.99068>
57. Mahdieh, M. S., Maryam, J., Bitá, B., Neda, F., Motahare, M., Mahboobeh, B., Quinn LeBris, S., & Kalani Behrooz, S. (2023). A pilot study on the relationship between Lactobacillus, Bifidobacterium counts and inflammatory factors following exercise training. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 129(3), 778–787. <https://doi.org/10.1080/13813455.2021.1871763>
58. Meng, D., Ai, S., Spanos, M., Shi, X., Li, G., Cretoiu, D., Zhou, Q., & Xiao, J. (2023). Exercise and microbiome: From big data to therapy. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21, 5434–5445. <https://doi.org/10.1016/J.CSBJ.2023.10.034>;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER
59. Mezghani, N., Ammar, A., Boukhris, O., Abid, R., Hadadi, A., Alzahrani, T. M., Trabelsi, O., Boujelbane, M. A., Masmoudi, L., Ouergui, I., Jamoussi, K., Mnif, M., Mejdoub, H., Zmijewski, P., Glenn, J. M., Trabelsi, K., & Chtourou, H. (2022). The Impact of Exercise Training Intensity on Physiological Adaptations and Insulin Resistance in Women with Abdominal Obesity. *Healthcare 2022, Vol. 10*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE10122533>
60. Nalewajska, M., Lisak, M., Marchelek – Myśliwiec, M., Dziedziejko, V., & Pawlik, A. (2020). The role of gut microbiota in selected neuropsychiatric disorders. *Archives of Psychiatry and Psychotherapy*, 22(2), 36–44. <https://doi.org/10.12740/APP/121004>

61. Naveros Hernández, A., & Santana Betancor, A. (2025). *Efectos de un programa de entrenamiento concurrente sobre la composición corporal, la condición física, el perfil hormonal y la microbiota intestinal en mujeres sedentarias con sobrepeso y obesidad*. <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/12385>
62. OMS. (2021). Directrices de la OMS Sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios. *Directrices de La OMS Sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581972/>
63. OMS. (2024). *Actividad física*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
64. OPS. (n.d.). *Prevención de la obesidad - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. Retrieved June 17, 2025, from <https://www.paho.org/es/temas/prevencion-obesidad>
65. OPS. (2023, March 3). *La OPS insta a hacer frente a la obesidad, principal causa de enfermedades no transmisibles en las Américas - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2023-ops-insta-hacer-frente-obesidad-principal-causa-enfermedades-no-transmisibles>
66. OPS. (2024). *Más que una Cuestión de Peso - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/noticias/7-3-2024-mas-que-cuestion-peso>
67. Peña Beltrán, Ó. D. (2021). *EL EJERCICIO FÍSICO, UN FACTOR QUE MODIFICA LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA MICROBIOTA INTESTINAL*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/8a5a49b8-b0eb-4406-bfff-b0d566cc0cec/content>
68. Pleticosic-Ramírez, Y., Mecías Calvo, M., Navarro-Patón, R., & Calvo, M. M. (2024). Effects of physical exercise programs on body composition, physical fitness and quality of life in older people with overweight or obesity: a systematic review. In *Retos* (Vol. 56). <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>
69. Prasetyo, M., Andreas, S., Sunardi, D., Prihartono, J., Imanuel Setiawan, S., & Christian, A. (2022). Ultrasonographic measurement of abdominal and gluteal-femoral fat thickness as a predictor for android/gynoid ratio. *European Journal of Radiology*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2022.110387>

70. Quince, C., Walker, A. W., Simpson, J. T., Loman, N. J., & Segata, N. (2017). Shotgun metagenomics, from sampling to analysis. *Nature Biotechnology*, 35(9), 833–844. <https://doi.org/10.1038/NBT.3935>
71. Rehman, A., Ali, N., Tariq, M. R., Ali, S. W., Mushtaq, A., Safdar, W., & Yusuf, A. M. (2026). The Role of Gut Microbiome in Obesity and Weight Management: A Review of Current Evidence and Future Directions. In *Food Science and Nutrition* (Vol. 14, Number 4). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/fsn3.71801>
72. Reljic, D., Hermann, H. J., Dieterich, W., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2025). Exercise improves gut microbial metabolites in an intensity-dependent manner: a pooled analysis of randomized controlled trials. *Gut Microbes*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/19490976.2025.2579354>
73. Ribeiro, F. M., Silva, M. A., Lyssa, V., Marques, G., Lima, H. K., Franco, O. L., & Petriz, B. (2022). The molecular signaling of exercise and obesity in the microbiota-gut-brain axis. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 927170. <https://doi.org/10.3389/FENDO.2022.927170/FULL>
74. Rikken-Bueno, V., Del Toro-Arreola, S., Baltazar-Díaz, T. A., Vega-Magaña, A. N., Peña-Rodríguez, M., Castaño-Jiménez, P. A., Sánchez-Orozco, L. V., Vera-Cruz, J. M., & Bueno-Topete, M. R. (2024). Intestinal Dysbiosis in Subjects with Obesity from Western Mexico and Its Association with a Proinflammatory Profile and Disturbances of Folate (B9) and Carbohydrate Metabolism. *Metabolites*, 14(2), 121. <https://doi.org/10.3390/METABO14020121/S1>
75. Royo Fernández, D., & Guerrero Cano, D. (2024). *Efectos del entrenamiento HIIT y de fuerza en la microbiota de hombres con obesidad*. <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/10678>
76. Rubino, F., Cummings, D. E., Eckel, R. H., Cohen, R. V., Wilding, J. P. H., Brown, W. A., Stanford, F. C., Batterham, R. L., Farooqi, I. S., Farpour-Lambert, N. J., le Roux, C. W., Sattar, N., Baur, L. A., Morrison, K. M., Misra, A., Kadowaki, T., Tham, K. W., Sumithran, P., Garvey, W. T., ... Mingrone, G. (2025). Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 13(3), 221–262. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(24\)00316-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(24)00316-4)
77. Sarmiento Leon, V. de L., Prieto Fuenmayor, C. F., & Prieto Fuenmayor, C. F. (2024). Índice de Masa Corporal: Precisión para el diagnóstico y manejo de la Obesidad. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e366. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e366>

78. Sarmiento-Andrade, Y., Suárez, R., Quintero, B., Garrochamba, K., & Chapela, S. P. (2022). Gut microbiota and obesity: New insights. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1018212. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.1018212/FULL>
79. Schroeder, I. (2026). *TESINA Presentada para acceder al título de grado de la carrera de.*
80. Silva, J. S. C., Seguro, C. S., & Naves, M. M. V. (2022). Gut microbiota and physical exercise in obesity and diabetes – A systematic review. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 32(4), 863–877. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.01.023>
81. Silveira, E. A., Castro, M. C. R., Rezende, A. T. O., dos Santos Rodrigues, A. P., Delpino, F. M., Oliveira, E. S., Corgosinho, F. C., & de Oliveira, C. (2024). Body composition assessment in individuals with class II/III obesity: a narrative review. *BMC Nutrition* 2024 10:1, 10(1), 142-. <https://doi.org/10.1186/S40795-024-00913-2>
82. Snodgrass, J. L., & Velayudhan, B. T. (2026). Butyrate-Producing Bacteria as a Keystone Species of the Gut Microbiome: A Systemic Review of Dietary Impact on Gut–Brain and Host Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 27(3), 1289. <https://doi.org/10.3390/IJMS27031289/S1>
83. Soltani, S., Yazdanpanah, Z., Razmpoosh, E., Vasmehjani, A. A., Rostampour, K., Lotfi, M., Kaviani, M., Forbes, S. C., Baker, J. S., & Salehi-Abargouei, A. (2026). The Effect of Aerobic or Resistance Exercise Combined With a Low-Calorie Diet Versus Diet Alone on Cardiometabolic Outcomes in Adults with Overweight and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrition Reviews*, 84(4), 693–705. <https://doi.org/10.1093/NUTRIT/NUAF065>
84. Sommer, I., Teufer, B., Szelag, M., Nussbaumer-Streit, B., Titscher, V., Klerings, I., & Gartlehner, G. (2020). The performance of anthropometric tools to determine obesity: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports* 2020 10:1, 10(1), 12699-. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69498-7>
85. Sourij, C., Müller, A., Al-Baghdadi, A., Aziz, F., Tripolt, N. J., Pferschy, P. N., Andritz, E., Kojzar, H., Stadlbauer, V., Garcia, S. L., & Sourij, H. (2026). Safety and efficacy of intermittent fasting with or without exercise in people living with overweight or obesity and type 2 diabetes—The INTERFAST-3 study design. *Diabetic Medicine*, 43(7). <https://doi.org/10.1111/dme.70328>

86. Stroh, A. M., & Stanford, K. I. (2023). Exercise-induced regulation of adipose tissue. *Current Opinion in Genetics & Development*, 81, 102058. <https://doi.org/10.1016/J.GDE.2023.102058>
87. Teixeira, P. D. S., Ramos-Lobo, A. M., Tavares, M. R., Wasinski, F., Frazao, R., & Donato, J. (2021). Characterization of the onset of leptin effects on the regulation of energy balance. *The Journal of Endocrinology*, 249(3), 239–251. <https://doi.org/10.1530/JOE-20-0076>
88. THE LANCET Diabetes and Endocrinology. (2025, January). *Diagnóstico de la obesidad clínica*. <https://www.thelancet.com/infographics-do/clinical-obesity-25>
89. Torquati, L., Gajanand, T., Cox, E. R., Willis, C. R. G., Zaugg, J., Keating, S. E., & Coombes, J. S. (2023). Effects of exercise intensity on gut microbiome composition and function in people with type 2 diabetes. *European Journal of Sport Science*, 23(4), 530–541. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2035436>;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:15367290;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION
90. Verheggen, R. J. H. M., Konstanti, P., Smidt, H., Hermus, A. R. M. M., Thijssen, D. H. J., & Hopman, M. T. E. (2021). Eight-week exercise training in humans with obesity: Marked improvements in insulin sensitivity and modest changes in gut microbiome. *Obesity*, 29(10), 1615–1624. <https://doi.org/10.1002/oby.23252>
91. Wang, Y., Duan, C., Du, X., Zhu, Y., Wang, L., Hu, J., & Sun, Y. (2025). Vagus Nerve and Gut-Brain Communication. *Neuroscientist*, 31(3), 262–278. <https://doi.org/10.1177/10738584241259702>;WGROU:STRING:PUBLICATION
92. Wang, Y., Wu, J., Yao, J., Chen, J., Cheng, K. K. Y., Ho, M. Y. man, Lee, C. H., Lam, K. S. L., Tse, M. A., Panagiotou, G., & Xu, A. (2025). Gut microbiome-adipose crosstalk modulates soluble IL-6 receptor influencing exercise responsiveness in glycemic control and insulin sensitivity. *Cell Metabolism*, 37(12), 2323-2341.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2025.10.013>
93. Wegierska, A. E., Charitos, I. A., Topi, S., Potenza, M. A., Montagnani, M., & Santacroce, L. (2022). The Connection Between Physical Exercise and Gut Microbiota: Implications for Competitive Sports Athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, 52(10), 2355. <https://doi.org/10.1007/S40279-022-01696-X>
94. WHO. (2025, December 8). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

95. Wu, Y., Wang, Y., Zhang, Q., Yao, L., Ma, Z., & Chen, L. (2026). Gut microbiota: new links between exercise and disease. *Frontiers in Microbiology*, 17, 1746359. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2026.1746359/FULL>
96. Xu, C., Kong, L., Mou, T., Tang, A., Hu, S., & Lai, J. (2025). Vitamin B12 and Affective Disorders: A Focus on the Gut-Brain Axis. *Alpha Psychiatry*, 26(6), 49138. <https://doi.org/10.31083/AP49138>
97. Xu, J., Kitada, M., Ogura, Y., & Koya, D. (2021). Relationship Between Autophagy and Metabolic Syndrome Characteristics in the Pathogenesis of Atherosclerosis. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 641852. <https://doi.org/10.3389/FCELL.2021.641852>
98. Xu, L., Li, T., He, W., Cao, D., Wu, C., & Qin, L. (2023). Prevalence of sufficient physical activity among general adult population and sub-populations with chronic conditions or disability in the USA. *The European Journal of Public Health*, 33(5), 891. <https://doi.org/10.1093/EURPUB/CKAD132>
99. Zheng, C., Chen, X. K., Tian, X. Y., Ma, A. C. H., & Wong, S. H. S. (2022). Does the gut microbiota contribute to the antiobesity effect of exercise? A systematic review and meta-analysis. *Obesity*, 30(2), 407–423. <https://doi.org/10.1002/OBY.23345>;WEBSITE:WEBSITE:PERICLES;ISSUE:ISSUE:DOI
100. Zhou, A., Yuan, Y., Yang, M., Huang, Y., Li, X., Li, S., Yang, S., & Tang, B. (2022). Crosstalk Between the Gut Microbiota and Epithelial Cells Under Physiological and Infectious Conditions. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12, 832672. <https://doi.org/10.3389/FCIMB.2022.832672/FULL>
101. Zhuang, Z., Zhou, P., Wang, J., Lu, X., & Chen, Y. (2023). The Characteristics, Mechanisms and Therapeutics: Exploring the Role of Gut Microbiota in Obesity. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 16, 3691–3705. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S432344>