

PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS SOBRE EL DESARROLLO MOTOR HUMANO

**MÓNICA ESTHER CASTILLO GÓMEZ
JORGE ANDRÉS DÍAZ BERNAL
ROGER ELI TORRES VÁSQUEZ**



PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS SOBRE EL DESARROLLO MOTOR HUMANO

Mónica Esther Castillo Gómez
Universidad de Córdoba, Colombia

Jorge Andrés Díaz Bernal
Universidad de Córdoba, Colombia

Roger Eli Torres Vásquez
Universidad de Córdoba, Colombia



Sello Editorial FUNGADE

2025

Este libro es producto de investigación desarrollado por sus autores. Fue arbitrado bajo el sistema doble ciego por expertos en el área bajo la supervisión del Comité editorial de la RED GADE, a través de la EDITORIAL GADE, adscrito a FUNGADE, Colombia.

FUNDACIÓN DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA, DEPORTIVA Y EMPRESARIAL-FUNGADE

Fondo Editorial FUNGADE

<https://redgade.com/libros/>

Dirección: Calle 27a # 32-45. Barrio Villa

Andrea Corozal. Sucre. Colombia.

Email: presidenciaredgade@gmail.com

Coordinador: Jorge Andrés Díaz Bernal

Editor: Gilberto Javier Cabrera Trimiño



©2025 Perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano. Mónica Esther Castillo Gómez, Jorge Andrés Díaz Bernal, Roger Eli Torres Vásquez, Autores.

Primera edición

Versión digital

ISBN: 978-628-96893-3-4

Sello editorial: Fundación de Gestión Administración Deportiva y Empresarial

(978-958-53041)

Colección: Educación Física

Serie: GADE2025

Perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano. Mónica Esther Castillo Gómez, Jorge Andrés Díaz Bernal, Roger Eli Torres Vásquez, Autores. 1ª Edición. Digital- Corozal (Colombia). FUNDACIÓN DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA, DEPORTIVA Y EMPRESARIAL-FUNGADE, Fondo Editorial FUNGADE, 2025. 112 p. 24cm. ISBN: 978-628-96893-3-4

1. Educación física, 2. Dinámicas de la clase, 3. Desarrollo motor. 4. Desarrollo psicomotor



COMITÉ EDITORIAL FUNGADE

Ph.D. Valentín Molina Moreno. Universidad de Granada. España

Ph.D. Gabriela de Roia. Universidad de Flores. Argentina

Ph.D. Pedro Sarmento de Rebocho. Universidad de Oporto. Portugal

Ph.D. Javier Brazo Sayavera. Universidad de la República. Uruguay

Ph.D. Maira Vázquez Díaz. Universidad de Oriente. Cuba

Perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano

**FUNDACIÓN DE GESTIÓN,
ADMINISTRACIÓN DEPORTIVA Y
EMPRESARIAL
-FUNGADE-**



Ph.D. Gilberto Javier Cabrera Trimiño

EDITORIAL FUNGADE

Dr. Dg. Rudy Nelson Díaz Navarro

DIRECTOR DE DISEÑO GRÁFICO

ISBN: 978-628-96893-3-4

Índice

Prólogo

Introducción **1**

Pregunta de investigación 3

Objetivos de la investigación 3

Justificación 4

Metodología 5

Capítulo 1: Fundamentos Teóricos y Conceptuales del Desarrollo Motor **7**

1.1. Evolución del concepto de desarrollo motor 8

1.2. Principios del desarrollo motor (cefalocaudal, proximodistal, diferenciación e integración) 20

1.3. Modelos y teorías clásicas y contemporáneas (maturacionismo, conductismo, enfoque ecológico, dinámico, etc.) 24

1.4. Importancia del desarrollo motor en el contexto del desarrollo humano integral 25

Capítulo 2: Bases Neurobiológicas y Fisiológicas del Movimiento **28**

2.1. Desarrollo del sistema nervioso central y su relación con el control motor 29

2.2. Neuroplasticidad y ventanas de oportunidad 32

2.3. Sistemas sensoriomotores: integración de la información sensorial y motora 35

2.4. Factores genéticos y epigenéticos que influyen en el desarrollo motor 37

2.5. Evolución de la producción científica relacionada con el desarrollo motor en la década objeto de estudio. 38

2.6. Principales países a la vanguardia del desarrollo motor en la década estudiada. 40

2.7. Principales autores con más publicaciones científicas relacionadas con el desarrollo motor en la década estudiada. 41

2.8. Principales revistas científicas que más han publicado sobre desarrollo motor en la última década. 43

2.9. Principales instituciones que más publican sobre la temática objeto de estudio 44

2.10. Áreas científicas desde las que más se aportan publicaciones científicas en la última década. 45

Capítulo 3: Trayectoria del Desarrollo Motor a lo Largo del Ciclo Vital **47**

3.1. Hitos motores en la infancia, niñez, adolescencia, adultez y vejez 50

3.2. Cambios estructurales y funcionales en cada etapa	53
3.3. Influencia del entorno, la cultura y el contexto social	55
3.4. Desarrollo motor típico vs. atípico	57
Capítulo 4: Evaluación y Medición del Desarrollo Motor	59
4.1. Herramientas y métodos de evaluación cualitativa y cuantitativa	60
4.2. Tests estandarizados (Peabody, TGMD, MABC, etc.)	63
4.3. Importancia de la detección temprana de retrasos o alteraciones	65
4.4. Consideraciones éticas y prácticas en la investigación aplicada	67
Capítulo 5: Aplicaciones Prácticas y Perspectivas Futuras en el Estudio del Desarrollo Motor	70
5.1. Intervenciones educativas, terapéuticas y deportivas	72
5.2. Rol del desarrollo motor en la inclusión y la salud pública	74
5.3. Nuevas tecnologías aplicadas: sensores, inteligencia artificial, realidad virtual	75
5.4. Retos y oportunidades en la investigación interdisciplinaria	80
Conclusiones	82
Referencias	84
Evaluación por pares	94
Certificación de originalidad	99
Sobre los autores	100

Prólogo

Desde que damos nuestros primeros pasos hasta los movimientos más complejos que aprendemos a lo largo de la vida, el cuerpo nos habla. Nos dice cómo nos sentimos, nos conecta con el entorno, nos ayuda a explorar, a aprender y a expresarnos. El desarrollo motor humano no es simplemente una serie de habilidades físicas que vamos adquiriendo; es una manifestación profunda de lo que somos como seres integrales. Las distintas ciencias han intentado explicarlo desde muchos ángulos —biológico, psicológico, educativo, social y tecnológico—, y cada una ha aportado una pieza valiosa. Este ensayo busca reflexionar sobre esas miradas, reconociendo que solo desde un enfoque múltiple y humano podemos comprender cómo se forma y transforma nuestro movimiento a lo largo de la vida.

Desde el punto de vista biológico, nuestro desarrollo motor está profundamente ligado a cómo crece y madura nuestro cuerpo. El sistema nervioso, los músculos, los huesos... todo va tomando forma, y con ello, nuestras posibilidades de movernos. Los estudios científicos han demostrado que factores como una buena alimentación, el sueño, la estimulación adecuada e incluso el cariño recibido en la infancia impactan directamente en cómo aprendemos a movernos. Pero reducir el desarrollo motor a lo biológico sería perder de vista todo lo que lo rodea.

Es aquí donde la psicología aporta un enfoque valioso. ¿Qué nos motiva a movernos? ¿Cómo influyen nuestras emociones, nuestros temores, nuestras ganas? Aprender a caminar o montar bicicleta no es solo cuestión de músculo, también es cuestión de confianza, de ensayo y error, de acompañamiento. La mente y el cuerpo están en constante diálogo, y el movimiento es muchas veces el reflejo de ese equilibrio.

La educación, por su parte, tiene un papel esencial. En la escuela, en la recreación, en el juego, el movimiento se convierte en aprendizaje. A través de la educación física, por ejemplo, no solo se enseña a correr o a lanzar una pelota, sino que se promueven valores, se refuerza la autoestima, se forma el carácter. El docente que entiende esto no entrena cuerpos, forma personas. Y lo hace con estrategias que respetan el ritmo y la diversidad de cada estudiante.

Pero no todo se aprende de manera individual. Las condiciones sociales y culturales también marcan una gran diferencia. No todos los niños y niñas tienen las mismas oportunidades para moverse libremente, practicar deporte o simplemente jugar. La pobreza,

la violencia, los estereotipos de género o la falta de espacios adecuados influyen en cómo, cuándo y cuánto nos movemos. El desarrollo motor, entonces, no es neutro. Está atravesado por realidades que a veces potencian y otras limitan el potencial de las personas.

Por último, vivimos en una época donde la tecnología también ha entrado en escena. Hoy contamos con herramientas que permiten evaluar cómo se mueve una persona con gran precisión, diseñar programas personalizados o incluso usar videojuegos para estimular habilidades motrices. La ciencia aplicada está permitiendo que muchas personas —niños con dificultades, adultos mayores, deportistas o personas con discapacidad— puedan mejorar su calidad de vida gracias a intervenciones más precisas y humanas.

“Moverse es vivir”, y entender cómo se desarrolla nuestro movimiento es entender algo profundo sobre lo que somos. Las ciencias han hecho grandes aportes, pero lo más importante es no olvidar que detrás de cada teoría, de cada estudio, de cada dato, hay personas. Hay historias, contextos, emociones. Apostar por una visión integral del desarrollo motor humano es, en el fondo, una forma de reconocer nuestra complejidad y de trabajar por una sociedad donde todos y todas puedan moverse —y desarrollarse— en libertad, con dignidad y con sentido.

Este libro nace del deseo profundo de comprender el movimiento humano no solo como un fenómeno físico, sino como una expresión viva de nuestra historia, nuestra mente, nuestras emociones y nuestras realidades sociales. Cada capítulo ha sido pensado para tender puentes entre el conocimiento científico y la experiencia cotidiana del cuerpo en movimiento. Esperamos que estas páginas inviten a la reflexión, al diálogo y, sobre todo, a la acción comprometida con el desarrollo integral de las personas. Porque al final, estudiar el desarrollo motor humano es también una forma de cuidar la vida en todas sus etapas, de honrar la diversidad de nuestros cuerpos y de reconocer que, al movernos, también nos transformamos.

Ph.D. Rafael Antonio Martínez González
Universidad del Zulia, Venezuela

INTRODUCCIÓN

El desarrollo motor humano es un proceso complejo que abarca desde las primeras etapas de la vida hasta la adultez, incluyendo el aprendizaje de habilidades motoras, la coordinación y la movilidad. Este fenómeno no solo se limita a la adquisición de habilidades físicas, sino que también está profundamente influenciado por factores biológicos, psicológicos y sociales. En un mundo en constante cambio, entender las perspectivas científicas sobre este desarrollo se vuelve crucial para optimizar la educación física, la rehabilitación y el bienestar general de las personas.

El desarrollo motor humano es un proceso complejo que abarca desde el principio de la vida hasta la adultez y que implica la adquisición de diversos tipos de habilidades motoras, la coordinación y la movilidad. No afecta solo al dominio de las habilidades físicas, sino que está condicionado por múltiples factores biológicos, psicológicos y sociales. En un entorno de constante transformación, la comprensión de las aportaciones científicas al respecto se convierte en un componente vital para la optimización de la educación física, la rehabilitación y el bienestar personal de los individuos.

La infancia es una etapa crítica para el desarrollo motor. Durante estos años, los niños pasan por diversas fases que les permiten adquirir habilidades básicas como gatear, caminar y correr. Según estudios en psicología del desarrollo, la práctica de estas habilidades no solo mejora la coordinación y el equilibrio, sino que también está relacionada con el desarrollo cognitivo y emocional. Por ejemplo, un niño que juega al aire libre y participa en actividades físicas tiende a desarrollar habilidades sociales y una mayor autoestima. Por lo tanto, promover un entorno que favorezca el desarrollo motor en la infancia es esencial para un crecimiento integral.

El entorno en el que se desarrolla un individuo juega un papel fundamental en su desarrollo motor. Factores como el acceso a instalaciones deportivas, la calidad de la educación física y el apoyo familiar pueden influir significativamente en las habilidades motoras. Un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) destaca que los niños que crecen en entornos activos y saludables tienen más probabilidades de mantener un estilo de vida activo en la adultez. Esto resalta la necesidad de políticas públicas que fomenten la actividad física y el acceso a recursos que faciliten el desarrollo motor en todas las comunidades.

El desarrollo motor no se detiene en la infancia; es un proceso continuo que se extiende a lo largo de la vida. En la adultez, la rehabilitación de habilidades motoras se vuelve crucial, especialmente para aquellos que han sufrido lesiones o enfermedades. La terapia física y ocupacional se basa en principios del desarrollo motor para ayudar a las personas a recuperar su movilidad y funcionalidad. La implementación de enfoques basados en la ciencia del desarrollo motor puede acelerar la recuperación y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Por lo tanto, es imperativo que los profesionales de la salud comprendan estas teorías para ofrecer tratamientos más efectivos.

Algunos argumentan que la tecnología moderna, como los videojuegos y las plataformas digitales, puede obstaculizar el desarrollo motor al fomentar un estilo de vida sedentario. Sin embargo, es importante reconocer que la tecnología también puede ser utilizada como una herramienta para mejorar las habilidades motoras. Existen aplicaciones y dispositivos que promueven la actividad física y la coordinación, lo que demuestra que la tecnología puede complementar, en lugar de reemplazar, el desarrollo motor. La clave está en encontrar un equilibrio entre el tiempo de pantalla y la actividad física.

El desarrollo motor humano es un proceso complejo y multifacético que abarca diversas etapas de la vida. A continuación, se presentan las principales características que definen este desarrollo:

1. Etapas del desarrollo

- Infancia: Desde el nacimiento hasta los 2 años, donde se producen movimientos reflejos y habilidades motoras básicas.
- Niñez: De los 2 a los 12 años, caracterizada por la adquisición de habilidades motoras gruesas y finas.
- Adolescencia: De los 12 a los 18 años, donde se consolidan las habilidades motoras y se desarrollan nuevas competencias.
- Adultez: En esta etapa, el desarrollo motor se centra en el mantenimiento y la rehabilitación de habilidades.

2. Interacción de factores biológicos y ambientales

- Factores Biológicos: La genética, la salud y el desarrollo neurológico influyen en la capacidad motora.

- Factores Ambientales: El entorno social, la educación, la cultura y el acceso a instalaciones deportivas impactan el desarrollo motor.

3. Desarrollo de habilidades motoras

- Habilidades Motoras Gruesas: Implican movimientos grandes y coordinados, como correr, saltar y lanzar.
- Habilidades Motoras Finas: Se refieren a movimientos más precisos y controlados, como escribir, dibujar y manipular objetos pequeños.

4. Influencia del juego y la actividad física

- El juego es fundamental para el desarrollo motor, ya que permite a los niños explorar y practicar habilidades motoras en un entorno seguro.
- La actividad física regular contribuye a un desarrollo motor saludable y mejora la coordinación, el equilibrio y la fuerza.

5. Plasticidad y adaptación

- El desarrollo motor es altamente plástico, lo que significa que puede adaptarse a diferentes entornos y circunstancias.
- Las personas pueden mejorar sus habilidades motoras a cualquier edad, lo que resalta la importancia de la práctica y la intervención adecuada.

6. Relación con el desarrollo cognitivo y emocional

- Existe una conexión significativa entre el desarrollo motor y el desarrollo cognitivo; las habilidades motoras pueden influir en la capacidad de aprendizaje.
- Además, el desarrollo motor está relacionado con la autoestima y la confianza, afectando el bienestar emocional de los individuos.

7. Rehabilitación y mantenimiento

- La rehabilitación de habilidades motoras es esencial en casos de lesiones o enfermedades, utilizando enfoques basados en el desarrollo motor.
- La promoción de un estilo de vida activo en la adultez es crucial para mantener la funcionalidad y prevenir el deterioro motor.

El desarrollo motor humano es vital no solo para la movilidad y la autonomía, sino también para la salud física, mental y social. Comprender su importancia permite a educadores, profesionales de la salud y padres implementar estrategias efectivas que

promuevan un desarrollo motor saludable en todas las etapas de la vida. Esto no solo beneficia a los individuos, sino que también contribuye a una sociedad más activa y saludable.

También puede decirse que es un proceso crítico, puesto que no solo afecta la movilidad y la independencia, sino que además es crucial para la salud física, mental y social. La toma de conciencia de su significancia capacita a los educadores, los profesionales de la salud y los padres de familia a utilizar estrategias eficaces para asegurar el progreso motor apropiado durante grandes partes de la vida. Esto no solo favorece a cada individuo, sino que también ayuda a establecer una civilización más dinámica y sana.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado se hace necesario establecer el diseño de la investigación partiendo de la **Pregunta de investigación:** ¿Cuáles son las principales teorías científicas que explican el desarrollo motor humano? **Objetivo general:** analizar las perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano.

Objetivos específicos

- Revisar las teorías fundamentales que explican el desarrollo motor humano, incluyendo enfoques biológicos, psicológicos y socioculturales.
- Analizar la influencia de factores externos como la educación, el entorno social y las tecnologías emergentes en el desarrollo motor.
- Evaluar la efectividad de diferentes métodos de enseñanza y rehabilitación que se basan en estas teorías del desarrollo motor.
- Proponer recomendaciones prácticas para educadores, terapeutas y profesionales de la salud que deseen aplicar estos conocimientos en su trabajo diario.

Justificación

El estudio del desarrollo motor humano es esencial para entender cómo las personas adquieren y perfeccionan habilidades motoras a lo largo de su vida. A medida que la población envejece y las tasas de sedentarismo aumentan, se hace evidente la necesidad de estrategias efectivas para promover un desarrollo motor saludable en todas las etapas de la vida.

Las teorías y enfoques discutidos en este libro tienen aplicaciones prácticas en diversos campos, incluyendo la educación física, la terapia ocupacional y la rehabilitación.

Comprender cómo se desarrolla el motor humano permite a los profesionales diseñar programas más efectivos y personalizados que se adapten a las necesidades individuales de cada persona.

El impacto de este trabajo se extiende más allá de la academia. Al proporcionar una comprensión profunda del desarrollo motor, se espera que este libro contribuya a mejorar la calidad de vida de las personas, fomentando un enfoque más holístico en la educación y la salud. La aplicación de estos conocimientos puede llevar a la creación de entornos que no solo promuevan el desarrollo motor, sino que también impulsen el bienestar físico y mental de los individuos. A través de esta obra, se busca no solo informar, sino también inspirar a investigadores, educadores y profesionales de la salud a explorar y aplicar las perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano. La integración de estas teorías en la práctica diaria puede transformar la manera en que entendemos y promovemos el desarrollo motor en la sociedad actual.

Metodología

La presente obra se desarrolló bajo una perspectiva científico-académica de carácter cualitativo-descriptivo, orientada a consolidar un cuerpo de conocimientos actualizado, riguroso y accesible sobre el desarrollo motor humano desde diversas disciplinas, teorías y enfoques contemporáneos. La estructura metodológica empleada integró tres niveles de análisis: revisión teórica especializada, sistematización documental y análisis comparativo de estudios de caso.

Se adoptó un enfoque de investigación documental y bibliográfica, de tipo exploratorio y argumentativo, fundamentado en el análisis crítico de fuentes académicas de alto impacto. Asimismo, se incorporó la triangulación teórica con bases neurofisiológicas, genéticas, pedagógicas y socioculturales que explican el desarrollo motor a lo largo del ciclo vital.

Se realizó una revisión sistemática de literatura científica publicada entre 2010 y 2024, consultando bases de datos reconocidas como Scopus, PubMed, Web of Science, SciELO y Google Scholar. Los criterios de inclusión fueron:

- Publicaciones con revisión por pares.
- Estudios que aborden el desarrollo motor desde enfoques neurocientíficos, psicológicos, educativos o fisiológicos.
- Textos en español e inglés.

- Producción científica relevante de autores latinoamericanos para dar contexto regional al análisis.

La sistematización se apoyó en gestores bibliográficos como Mendeley y Zotero, clasificando las fuentes por categorías temáticas: neurodesarrollo, control motor, plasticidad, etapas del desarrollo, factores ambientales y epigenéticos, entre otros.

El contenido del libro se organizó en capítulos temáticos que abordan el desarrollo motor desde diferentes perspectivas científicas:

- Bases neurofisiológicas del movimiento humano.
- Etapas del desarrollo motor y ventanas de oportunidad.
- Influencias genéticas y epigenéticas.
- Neuroplasticidad y aprendizaje motor.
- Factores socioculturales y ambientales.
- Evaluación y estimulación motriz en contextos educativos.

Cada capítulo fue construido con base en:

- Análisis crítico de teorías y modelos existentes.
- Síntesis de hallazgos empíricos relevantes.
- Ejemplificación mediante estudios de caso o experiencias pedagógicas.
- Inclusión de gráficos, esquemas y tablas comparativas para facilitar la comprensión.

Para garantizar la rigurosidad científica, cada capítulo fue revisado por especialistas en neurociencias, motricidad humana y educación física. Además, se realizaron reuniones de revisión con un comité editorial compuesto por investigadores de instituciones educativas latinoamericanas, lo cual permitió ajustar el lenguaje técnico y contextualizar los contenidos.

Se analizaron 999 artículos científicos relacionados con el desarrollo motor desde 2014 a 2024. Para lo anterior se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: TÍTULO-ABS-CLAVE (humano Y motor Y desarrollo) Y AÑO PUB > 2013 Y AÑO PUB < 2025 Y (LIMITADO A (SUBJÁREA, "HEAL")) Y (LIMITADO A (DOCTYPE , "ar")) Y (LIMITADO, A (IDIOMA , "Inglés") O LIMITADO, A (IDIOMA , "Español")) Y (LIMITADO A (OA , "todos")).

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES DEL DESARROLLO MOTOR

El desarrollo motor es un proceso fundamental en la vida de los seres humanos, ya que influye en la capacidad de interactuar con el entorno y en el desarrollo de habilidades cognitivas y sociales. Este capítulo explora los fundamentos teóricos y conceptuales que sustentan el desarrollo motor, analizando las etapas, teorías y factores que intervienen en este proceso.

El desarrollo motor se divide generalmente en varias etapas, que van desde el control de los movimientos básicos hasta la adquisición de habilidades complejas. Según Newell (1986), estas etapas pueden clasificarse en: la etapa prenatal, donde se desarrollan las bases neuromusculares; la infancia, caracterizada por el desarrollo de habilidades motoras gruesas y finas; y la niñez y adolescencia, donde se perfeccionan las habilidades motoras y se introducen actividades deportivas. Cada etapa está marcada por hitos específicos que reflejan la maduración física y cognitiva del individuo (Gallahue & Ozmun, 2006).

Existen diversas teorías que explican el desarrollo motor, entre las que destacan la teoría del desarrollo psicomotor, que sugiere que este proceso está ligado a la maduración del sistema nervioso central (Gesell, 1928). Esta teoría enfatiza la importancia de la interacción entre el individuo y el entorno en la adquisición de habilidades motoras. Por otro lado, la teoría ecológica, propuesta por Gibson (1979), sostiene que el desarrollo motor es un proceso adaptativo que se produce a través de la interacción con el entorno, centrándose en cómo las características del entorno influyen en las acciones motoras. La teoría del aprendizaje motor se centra en cómo las experiencias y la práctica influyen en la adquisición de habilidades motoras, destacando la importancia de la retroalimentación en el aprendizaje y la mejora de las habilidades motoras (Schmidt, 1988).

El desarrollo motor no ocurre en un vacío, sino que está influenciado por una variedad de factores. Entre ellos, los factores biológicos incluyen la genética, el crecimiento físico y la maduración neurológica (Bouchard et al., 1997). Además, los factores ambientales, como la calidad del entorno en el que se desarrolla el niño, incluyendo la estimulación y el apoyo familiar, juegan un papel crucial en el desarrollo motor (Bronfenbrenner, 1979). Por último, los factores culturales también son significativos, ya que las normas y valores culturales

pueden influir en las oportunidades de práctica y en las expectativas sobre el desarrollo motor (Hofstede, 1980).

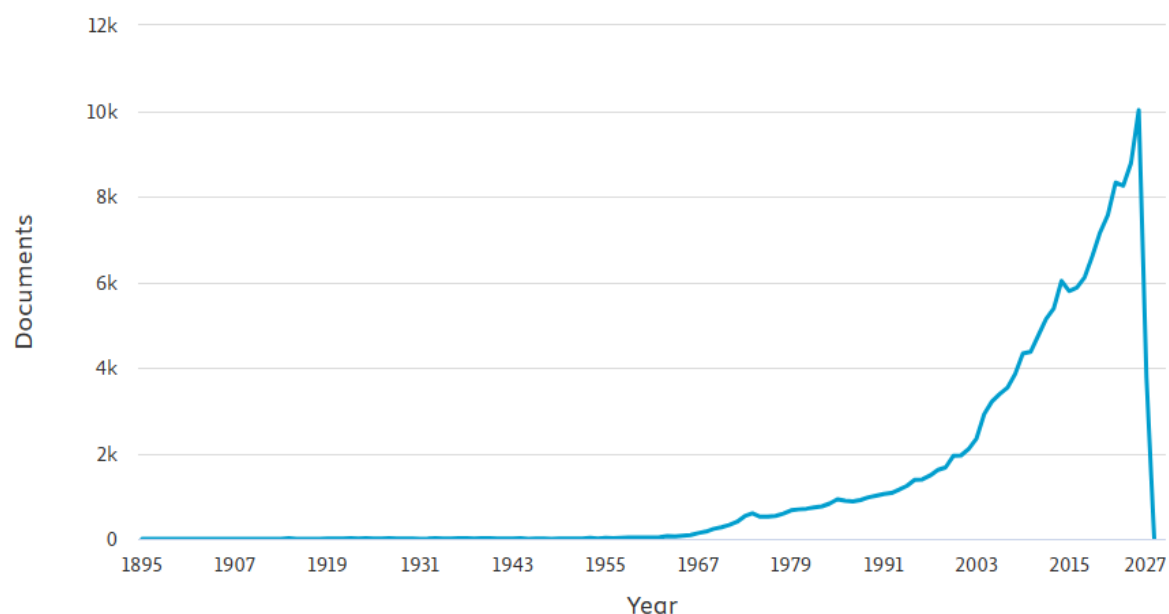
El desarrollo motor es un proceso complejo que se ve influenciado por múltiples factores teóricos y conceptuales. Comprender estos fundamentos es esencial para promover un desarrollo motor saludable en niños y adultos. La interacción entre las etapas del desarrollo, las teorías que explican el proceso y los factores que influyen en él proporciona un marco integral para el estudio y la práctica en este campo.

1.1. Evolución del concepto de desarrollo motor

El concepto de desarrollo motor ha evolucionado con el tiempo. Según la base de datos Scopus sus primeras publicaciones datan del año 1895 y es un tema que sigue en constante desarrollo hasta nuestros días. Es importante por tanto definir cuales han sido las principales características de esta evolución y como han incidido en el desarrollo motor humano y la investigación (Gráfico 1).

Gráfico 1.

Evolución del concepto de desarrollo motor



Fuente: Scopus 2025.

Teniendo en cuenta el gráfico anterior podemos dividir el desarrollo del concepto de desarrollo motor en cuatro (4) etapas fundamentales:

Etapas 1 (1895 – 1980): En esta etapa existieron algunas investigaciones relacionadas con el desarrollo motor. Una perspectiva del desarrollo mental que establece que cada etapa

depende de la historia natural y que, además, atribuye la imitación a un método de adaptación motora (Baldwin, 1895). Se describen las posibles maneras en que el bebé humano desarrolla el movimiento voluntario. En primer lugar, se sugiere que el bebé aprende a realizar los movimientos. En segundo lugar, se puede afirmar que la capacidad es hereditaria; y en tercer lugar, los movimientos podrían ser el resultado de una combinación de algún mecanismo heredado y aprendizaje (Kirkpatrick, 1899).

La primera posibilidad es insatisfactoria, ya que es improbable aprender una tarea tan compleja en uno o dos años. La segunda teoría, aunque contradice el sentido común, cuenta con numerosos datos que la respaldan. Sin embargo, es la tercera teoría la más defendida por psicólogos y fisiólogos. Según esta perspectiva, un bebé nace con ciertos instintos para realizar numerosos reflejos y movimientos impulsivos, que luego se combinan para dar lugar a diversos movimientos voluntarios. Esta perspectiva es la más correcta de las tres.

En esta etapa también se investigó si la fuerza del movimiento se percibe directamente o se infiere de la percepción de la extensión. Se pidió a cuatro sujetos que golpearan un objeto firme. Los factores de extensión y duración del golpe se midieron por separado de su fuerza. Se concluyó que la regulación de la fuerza del movimiento era una función independiente, al igual que la percepción de dicha fuerza (Woodworth, 1901).

En 1910 se presenta una medición sistemática de dos hermanos. Las mediciones fueron de peso, talla descalza, longitud de pierna completa, del muslo, de la porción inferior de la rodilla, de todo el brazo, del húmero y del antebrazo hasta la punta del pulgar. En el caso del niño mayor, se observaron aceleraciones en el crecimiento de ciertas partes, por ejemplo, del muslo, durante el período previo al desarrollo del gateo y la marcha; mientras que pareció haber un retraso en las mismas partes durante el desarrollo de esta coordinación (King, 1910). Se han sugerido datos más elaborados para estudiar la relación entre los períodos de retraso y aceleración y el desarrollo de las diversas coordinaciones motoras y mentales.

En 1915 se investigó el efecto facilitador e inhibidor de los impulsos musculares sucesivos y simultáneos en los movimientos de varios dedos de las manos derecha e izquierda. Tanto con la mano derecha como con la izquierda, los dos dedos de esa combinación golpean solo una cuarta parte de lo que golpean simultáneamente al mismo tiempo, de forma continua e individual. Se observó fatiga en todos los movimientos, excepto en la alternancia completa (Langfeldt, 1915). El índice de lateralidad diestra no fue el mismo

en todos los movimientos, ni tampoco fue siempre el mismo entre los diferentes pares de dedos simétricos. Las variaciones en la velocidad de golpeteo fueron menores en la mano izquierda.

En 1919 se revisa el trabajo sobre las leyes fonéticas, el desarrollo del lenguaje, la expresión del pensamiento, los cambios de significado y el lenguaje especial, desde la perspectiva de Delacroix. Se incluyen las contribuciones de Meillet a la convergencia del desarrollo lingüístico y los informes de Bradenburg sobre la investigación experimental de la relación entre el vocabulario y la inteligencia general (Faris, 1919). Se concluye que la capacidad lingüística y la motriz no coinciden con mucha precisión.

En 1931 surge un método denominado secuencial, que intenta determinar secuencias definidas de aparición de patrones de comportamiento correlacionados con la maduración de estructuras, independientemente de las escalas sociales, raciales e intelectuales de las que se seleccionan los sujetos. Esta técnica se ha empleado en un estudio sobre el papel de la maduración en bebés en el Instituto de Bienestar Infantil de Minnesota (Shirley, 1931). Tras analizar y responder a posibles críticas, el autor describe el desarrollo de una secuencia motora con cierto detalle. La secuencia se ajusta a ciertos principios conocidos del crecimiento, como la ley anatómica de la dirección del desarrollo.

Según Kasatkin y Levikova (1935). Los reflejos alimentarios condicionados, en respuesta a estímulos auditivos, aparecen en la primera mitad del segundo mes de vida del bebé. Existen tres etapas en el desarrollo de los reflejos auditivos condicionados: (a) la etapa de indiferencia, (b) la inhibición de movimientos y la aparición de los primeros signos de reacciones condicionadas; (c) la etapa de una reacción condicionada clara.

En la formación del reflejo auditivo condicionado, el papel principal lo desempeña la edad del niño y no el número de estímulos:

- Los movimientos de succión son el indicador más conveniente y sencillo de los reflejos alimentarios condicionados en los primeros tres meses de vida del niño.
- Entre los 2,5 y los 3,5 meses, el niño es capaz de diferenciar una diferencia tan pequeña como 11,5 tonos, según lo indicado por el método de los reflejos condicionados.
- A los 4 meses y 4 días La diferenciación asciende a 5½ tonos.

- Existen variaciones individuales considerables incluso en la formación de la diferenciación auditiva más simple.
- En su formación, la primera diferenciación formada pasa por las siguientes etapas: (a) ausencia de diferenciación; (b) etapa de diferenciación inestable; y (c) presencia de diferenciación.
- La diferenciación auditiva formada, aun siendo suficientemente estable, puede desaparecer bajo la influencia de ciertos factores externos e internos.
- La presencia de una diferenciación sugiere una complicación de las funciones cerebrales con la edad del niño.

Demostrar los cambios sucesivos en las actividades neuromusculares que culminan en el desarrollo de una marcha humana madura e integrada fue el propósito de algunas investigaciones en 1940. Se señaló que los cambios en las dimensiones anatómicas, así como la reorganización neuronal, pueden ser factores que afectan la expresión manifiesta de las funciones neuromusculares. En diversas funciones motoras, el inicio del funcionamiento cortical parece progresar en dirección cefalocaudal. Los criterios propuestos para la selección de las diversas fases de cada actividad han incorporado las características que indican el curso fundamental de desarrollo sin considerar las peculiaridades individuales (McGraw, 1940). Las variaciones individuales pueden significar diferencias temporales en el orden en que avanzan diversos aspectos de la función.

En 1955 se investiga la inervación, especialmente la inervación sensorial de la articulación de la rodilla y de los órganos motores que la rodean en la etapa temprana del embrión humano (Shimoda, 1955). Estos cuerpos se forman en contacto con el periostio de los huesos que participan en la formación de la articulación de la rodilla. Alrededor del fémur, presentan un desarrollo deficiente, pero en el periostio de la tibia y, en particular, del peroné, se encuentran en numerosos lugares. También se encuentran en pequeñas cantidades en la parte anterior de la rótula. Además, se encuentran en pequeñas cantidades en la cápsula articular de la fosa poplíteica y en cantidades mucho mayores en el tejido conectivo bien desarrollado que la rodea.

El desarrollo de las habilidades motoras se explica en términos de la organización perceptual. A medida que se desarrollan las habilidades, las Organizaciones Sucesivas de Percepción (OSP) permiten al operador aprovechar cada vez más la redundancia o

predictibilidad de sus señales de entrada. Se presenta un modelo de servomecanismo para describir cómo la predictibilidad de las señales de entrada podría hacerse más evidente para el operador humano mediante el uso de pantallas apropiadas (Krendel & McRuer, 1960). Se plantea la hipótesis de que esta organización externa de las señales de entrada, lograda mediante pantallas, es un modelo para la OSP efectiva que se logra a medida que se adquiere la habilidad. Se presenta evidencia experimental que respalda este modelo de OSP, extraída de la literatura sobre seguimiento manual.

Un sistema de control de relés de dos estados, en el que el sujeto controla la posición de un objetivo en continuo movimiento con dos teclas de respuesta, para comprobar la validez de los conceptos de organización jerárquica en el desarrollo de habilidades se desarrolló en 1966. A medida que avanza el entrenamiento en esta tarea, los sujetos tienden a desarrollar estrategias para mejorar su rendimiento, las cuales implican el control del efecto de una secuencia continua de respuestas, en lugar de la ejecución de cada respuesta como una unidad independiente (Pew, 1966). El análisis del tiempo entre respuestas revela dos modos distintivos de rendimiento, denominados modo de bucle abierto y modo de modulación. Ambos implican un control superior de la temporización de las secuencias de respuesta, pero lo logran de dos maneras diferentes.

En 1970 se presentan formulaciones teóricas sobre las dimensiones expresivas motora, ideacional y sensorio-perceptual. Estas dimensiones se definen como orientaciones generales hacia el mundo de los objetos, incluido el yo. Se describe el desarrollo del Test Sensorial Motorico Ideacional (MIST) como instrumento para la medición de las dimensiones (Stein & Lenrow, 1970). Tras el desarrollo del test, se derivaron ocho tipos de estilos expresivos que representan conjuntos homogéneos de puntuaciones de patrones en las tres dimensiones. Posteriormente, se estudió la validez de los estilos expresivos en relación con las clases de variables pertenecientes a la personalidad y factores cognitivos.

En 1975 se revisan los aspectos anatómicos y fisiológicos de un mecanismo de retroalimentación sensorial motora importante en la práctica de la terapia manipulativa osteopática (Becker, 1975). Se consideran el conjunto de neuronas motoras a nivel medular, la composición del llamado nervio motor, los tipos de órganos receptores musculares, articulares y tendinosos, y la estructura y función de los órganos tendinosos y husillos en relación con los cambios en el tono muscular y su mantenimiento. Se describe el papel de las

motoneuronas gamma en la alteración de la sensibilidad del huso muscular y la regulación del tono muscular, y se sugieren las aplicaciones prácticas del conocimiento de la actividad del huso a las técnicas de energía muscular de la terapia manipulativa para el alivio de la hipertonia.

En el desarrollo psicomotor durante el primer año de vida sugieren la necesidad de diferenciar cualitativa y cuantitativamente el retraso del desarrollo. Se distinguen dos variantes de retraso en el desarrollo psicomotor en niños durante el primer año de vida: una benigna inespecífica y una específica (Zhurba et al., 1980). En la primera, el retraso no se debe a un daño específico en el cerebro ni a su disfunción; es decir, la base de este retraso reside en un retraso en la maduración de las estructuras cerebrales y un desarrollo más lento de sus funciones, sin cambios cualitativos en el sistema nervioso. El retraso específico siempre se debe a un daño en las estructuras cerebrales y sus funciones. En esta variante, se observa una disfunción cerebral que se manifiesta en diversos síndromes neurológicos. Los autores explican las peculiaridades del retraso inespecífico y específico en diferentes etapas de la vida, ofrecen ejemplos de la diferenciación del retraso específico en cuanto a su gravedad y describen los principales síndromes neurológicos que lo caracterizan.

Etapas 2 (1981 – 2000)

La relación entre la capacidad motora perceptual de una muestra de niños con meningocele y variables seleccionadas características de esta discapacidad, que se cree afectan el rendimiento motor. Dichas variables fueron hidrocefalia, restricciones para la deambulación, hospitalización, infección del sistema nervioso central, problemas visuales y coeficiente intelectual (CI). Un análisis de regresión gradual explicó la relación de estas variables con las puntuaciones del factor de capacidad motora perceptual de los sujetos. En conjunto, las variables explicaron el 51% de la varianza dentro de las variables dependientes; el CI por sí solo representó el 32% y la hospitalización un 10% adicional. La contribución incremental de las variables restantes no fue estadísticamente significativa (Brunt, 1981).

En 1983 se utilizaron los siguientes índices para determinar el estado físico y la capacidad de trabajo: altura, peso corporal, medidas del tórax, capacidad vital, fuerza muscular y fuerza muscular de la mano, tiempo de reacción visomotora simple y complicada. Los resultados revelaron que el grupo de trabajadores, con una estancia de 3 años en Bulgaria, tuvo valores estadísticamente significativos y más altos de la mayoría de los índices en

comparación con los de los vietnamitas recién llegados. Los trabajadores vietnamitas presentaron valores inferiores en los índices de desarrollo físico (entre un 5% y un 25%) en comparación con los búlgaros, siendo la diferencia considerablemente menor en el grupo de mineros. Los futuros estudios longitudinales sobre el estado físico y la capacidad de trabajo de los trabajadores vietnamitas servirán de base para la elaboración de normas de carga física, levantamiento de pesas, entre otros (Ch'ong, 1983).

Las propiedades mecánicas de las diferentes estructuras del aparato locomotor cambian durante el crecimiento. Estudios experimentales han demostrado claramente que la estabilidad mecánica del cartílago en crecimiento se reduce durante la pubertad, principalmente en varones. El tejido óseo se vuelve más resistente a la fractura durante el crecimiento, mientras que la plasticidad ósea disminuye. La resistencia de los ligamentos también aumenta y su anclaje en los puntos de inserción se fortalece. La experiencia clínica demuestra que los síntomas de sobrecarga se presentan principalmente durante la pubertad y que se deben a la relativa debilidad del cartílago en crecimiento. La enfermedad de Scheuermann es un ejemplo típico en este sentido. Las formas menores de epifisiólisis de la articulación de la cadera parecen ser más frecuentes en atletas jóvenes, pero sus consecuencias no se han investigado a fondo actualmente. La sobrecarga parece ser poco frecuente en niños pequeños, pero sus huesos se fracturan con mayor facilidad que en los adolescentes. La resistencia de los ligamentos no es crítica hasta el final del crecimiento. Existe evidencia experimental y clínica de que una estructura específica por fase de crecimiento está en riesgo: el tejido óseo en el niño, el cartílago en el adolescente y los ligamentos en el adulto (Hefti & Morscher, 1985).

En 1987 se investigó la actividad de la unidad motora en el bíceps braquial de doce hombres durante contracciones concéntricas (CC) y excéntricas (EC) mediante histogramas de frecuencia-amplitud de pico intramuscular asistidos por computadora (ISAF) y análisis espectrales de potencia de frecuencia EMG de superficie. Se realizaron registros simultáneos de las señales EMG intramusculares y de superficie durante ambos tipos de contracciones con el ángulo de la articulación del codo variando de 30 a 150 grados en referencia a una posición completamente extendida (Moritani et al., 1987). Los resultados demostraron que la amplitud rms y la frecuencia de potencia media del EMG de superficie fueron significativamente mayores durante CC, particularmente en longitudes musculares más

cortas; p. ej., 259 frente a 131 μV ($p < 0,01$) y 102 frente a 91 Hz ($p < 0,05$). Los registros de picos intramusculares realizados a 45, 90 y 135 grados mostraron mayores actividades de la unidad motora (MU) durante CC junto con la presencia de MU con amplitud de pico relativamente grande.

Los propósitos de este estudio fueron: (a) investigar el rol del CI en el desempeño motor de niños derivados a una clínica de desarrollo motor diagnóstico y terapéutico; (b) identificar variables específicas que contribuyeron a la derivación de estudiantes; y (c) identificar variables canónicas derivadas como fuerzas causales más fundamentales en la naturaleza que las variables específicas realmente medidas. Las variables motoras bajo investigación consistieron en ítems de subprueba tomados del Fiorentino Reflex Text (FRT) y el Purdue Perceptual Motor Survey (PPMS). Todos los ítems de subprueba se administraron individualmente a 50 niños (M edad = 107 meses, M CI = 102) que fueron derivados para evaluaciones motoras clínicas (Gorman et al., 1990).

Se investigó el desarrollo temprano de la marcha en 25 lactantes normales nacidos a término y en 25 prematuros de bajo riesgo. Todos los sujetos fueron grabados en vídeo entre 3 y 4 semanas tras el inicio de la marcha independiente y de nuevo 4 meses después. El análisis de los vídeos se realizó según una lista predeterminada de ítems, con una puntuación semicuantitativa para cada uno. Los resultados indican amplias diferencias interindividuales en lactantes normales en cuanto a la marcha independiente. Varios ítems parecieron estar asociados de distintas maneras en distintos individuos. La edad de inicio, siempre que se considerara la edad corregida, no difirió entre lactantes prematuros y a término, ni tampoco sus patrones de marcha (Cioni et al., 1993). Se observaron asimetrías en la marcha con frecuencia en ambos grupos, relacionadas con asimetrías observables en el comportamiento locomotor previo a la marcha. El impacto de los dedos del pie se produjo con frecuencia al inicio de la marcha, pero no después de los 4 meses; en los lactantes prematuros, el patrón de impacto de los dedos del pie se correlacionó significativamente con ciertas características motoras observadas durante las primeras semanas de vida.

Un nuevo protocolo para la Observación Estructurada del Rendimiento Motor en Infantes, SOMP-I, diseñado para describir tanto el progreso como la calidad del rendimiento motor, fue evaluado con respecto a su capacidad para describir y discriminar entre el rendimiento motor observado en diferentes grupos de infantes (Persson & Strömberg, 1995).

La calidad del rendimiento motor, expresada como proporción de infantes con desviaciones, tipo de desviación y número total de desviaciones por infante, mostró muchas diferencias, especialmente entre los grupos I y III, respectivamente, y el grupo control. Así, el protocolo SOMP-I permite una evaluación detallada tanto del nivel de desarrollo motor como de la calidad del rendimiento motor, pero tiene una mejor capacidad discriminativa para este último.

La relación entre la capacidad rítmica, la estructura silábica en la producción de palabras simples y frases de dos palabras, y la capacidad lingüística general se evaluó en un grupo de 22 niños, de edades comprendidas entre los 4 y los 8 años, con dificultades moderadas de aprendizaje en ausencia de dificultades sensoriales, motoras o conductuales graves. Se predijo que la capacidad rítmica se correlacionaría significativamente tanto con la producción de sílabas como con el logro lingüístico general. Además, predijimos que aplaudir para resaltar el número y el ritmo de las sílabas mejoraría significativamente la producción de sílabas. (Jackson et al., 1997). Los resultados se discuten en términos de sus implicaciones teóricas para nuestra comprensión del desarrollo del lenguaje en niños con dificultades moderadas de aprendizaje y en términos de sus implicaciones prácticas para la terapia.

Estudios de neuroimagen y electrofisiológicos han demostrado que la acción ejecutada y la imagería motora activan sustratos neuronales comunes, lo que lleva a la hipótesis de que la preparación del movimiento y la imagería motora son procesos funcionalmente equivalentes. Este estudio probó aún más la hipótesis de equivalencia funcional al determinar si los patrones electrocorticales asociados con variaciones en los parámetros de control motor son similares durante acciones imaginadas y ejecutadas (Romero et al., 2000). Los potenciales relacionados con eventos (ERP) se registraron del área motora /premotora suplementaria (SMA/PMA; sitio FCz) y el área motora primaria (M1; sitios C3, C4) durante una tarea de contracción isométrica discreta, ejecutada e imaginada, mientras que la fuerza objetivo (TF; baja, moderada) y la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD; lenta, rápida) se variaron.

Etapa 3 (2001 – 2020)

Cuando los niños con discapacidad tienen dificultades con la comunicación escrita, los miembros de sus equipos educativos, incluyendo terapeutas ocupacionales y fisioterapeutas, suelen recomendar el uso de un procesador de textos (Handley-More, 2001). Otra de las

investigaciones importantes de este año fue la evolución a distancia de los recién nacidos prematuros nacidos antes de la vigésima novena semana de gestación: morbilidad, crecimiento y desarrollo durante los 2 primeros años de vida (Benítez et al., 2001).

El desarrollo motor en los niños muy prematuros difiere de forma importante del de los niños nacidos a término. La variabilidad es común, aunque las bases anatómicas y fisiológicas de dicha variabilidad suelen ser poco conocidas. Los patrones motores durante el primer año posnatal pueden depender de comportamientos aprendidos durante períodos, a menudo prolongados, de cuidados intensivos neonatales (Bracewell & Marlow, 2002). Las preferencias de uso de las manos de los bebés para agarrar objetos contribuyen al desarrollo de una preferencia de uso de las manos para manipular objetos (Hinojosa et al., 2003).

El desarrollo psicomotor de 71 niños nacidos de madres con epilepsia fue estudiado prospectivamente y comparado con aquellos de 99 controles emparejados por edad, nivel educativo materno y edad, y estatus socioeconómico. El retraso del crecimiento intrauterino desapareció antes de los 3 años. La evaluación a la edad de 1.5 años reveló que la exposición a convulsiones, dosis altas de fármacos antiepilépticos (FAE) en el útero y circunferencia de la cabeza pequeña al nacer afectaron las puntuaciones del cociente de desarrollo (DQ) de las habilidades motoras o lingüísticas o ambas (Hirano et al., 2004).

Este estudio presenta los resultados de una investigación basada en cuestionarios sobre el conocimiento acerca de la relación entre la actividad física y la salud entre adolescentes participantes en un programa comunitario de intervención de actividad física en São Paulo, Brasil. Se aplicaron métodos cualitativos (análisis de contenido inductivo) y cuantitativos para examinar las respuestas de los participantes a dos preguntas abiertas sobre los beneficios de la actividad física para la salud y los objetivos educativos de la intervención (Zieff et al., 2006).

Se sabe que la actividad física en niños es generalmente menor los fines de semana, pero no está claro si existen diferencias sistemáticas día a día a lo largo de la semana (Telford et al., 2009). Varios estudios han demostrado el potencial de los robots como herramientas de asistencia para actividades lúdicas. Mediante el uso de robots, los niños con discapacidades motoras pueden manipular objetos y participar en actividades lúdicas como sus compañeros con un desarrollo normal, teniendo así las mismas oportunidades de aprender habilidades cognitivas, sociales, motoras y lingüísticas. El uso de robots también puede

proporcionar una medida indirecta de las capacidades cognitivas de los niños con discapacidad al comparar su rendimiento con el de los niños con un desarrollo normal (Poletz et al., 2010).

Los robots se han utilizado ampliamente en rehabilitación. Entre sus diversas aplicaciones, se han desarrollado para asistir a niños con discapacidades motoras en el juego y las actividades académicas. Diversos estudios han demostrado la eficacia de estas herramientas robóticas, no solo para permitir que los niños participen activamente en las actividades, con un impacto directo en el desarrollo de sus habilidades cognitivas, sociales y lingüísticas, sino también como medio para evaluar la comprensión de los niños de conceptos cognitivos cuando no se pueden utilizar pruebas estándar debido a limitaciones físicas o lingüísticas (Cook et al., 2010).

Una revisión sistemática y meta-análisis de ensayos controlados aleatorios para determinar si la entrevista motivacional conduce a una mayor actividad física, aptitud cardiorrespiratoria o capacidad de ejercicio funcional en personas con condiciones de salud crónicas. Fuentes de datos: Siete bases de datos electrónicas (MEDLINE, PsychINFO, EMBASE, AMED, CINHALL, SPORTDiscus y el Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados) fueron buscadas desde el inicio hasta enero de 2014. Selección de ensayos: Dos revisores examinaron de forma independiente las publicaciones para su inclusión (O'Halloran et al., 2014).

Las habilidades motoras fundamentales (FMS) son importantes para la actividad física y el estado de peso saludable en los niños, pero no está claro qué factores de la primera infancia facilitan la habilidad motora posterior (Barnett et al., 2019). El área de investigación interdisciplinaria Tecnologías de Interacción Cognitiva (TIC) busca comprender y apoyar las interacciones entre usuarios humanos y otros elementos de los sistemas sociotécnicos. Razones importantes para el nuevo interés en la comprensión de las TIC en la psicología del deporte son el impresionante desarrollo de la robótica cognitiva y tecnologías avanzadas como los sistemas de realidad virtual o aumentada, las gafas cognitivas o los entornos neurotecnológicos (Strenger et al., 2020).

Etapas 4 (2021 – actualidad)

La estimulación transcraneal con corriente continua (tDCS) se ha aplicado en entrenamientos y competiciones, pero sus efectos sobre el rendimiento físico siguen siendo

en gran parte desconocidos. Este estudio tuvo como objetivo observar el efecto de la tDCS sobre la fuerza muscular y la activación de la rodilla (Lu et al., 2021). Determinar los valores actuales de la coordinación motora gruesa (CGM) de niños y niñas italianos entre 6 y 13 años de edad. Los objetivos secundarios fueron estudiar las diferencias de género y la tendencia de las cuatro subpruebas con las edades. Los resultados se compararon con las referencias propuestas por los autores de KTK y con búsquedas similares (Giuriato et al., 2021).

El Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC) se define como un retraso grave en el desarrollo perceptivo-motor y psicomotor que afecta a niños intelectualmente normales sin afecciones físicas, sensoriales ni neurológicas. Se describe como una deficiencia en el desarrollo de las habilidades motoras gruesas y finas que no se puede atribuir a la falta de educación general ni a la exposición a oportunidades equivalentes para desarrollar habilidades motoras como las de sus compañeros (Sujatha et al., 2022).

El factor más importante que influye significativamente en la salud y la esperanza de vida es la actividad física. Esta actividad es uno de los componentes principales de un estilo de vida saludable. Existe la creencia común de que la actividad física es uno de los elementos más importantes que determinan el buen funcionamiento del cuerpo humano. Llevar un estilo de vida activo tiene muchos beneficios. Los beneficios de la actividad física son evidentes. La actividad física sistemática es un potente estimulador biológico y uno de los principales determinantes de la salud física y mental humana (Czarnecki et al., 2022).

Los niños con diplegia espástica experimentan tonicidad, falta de control motor selectivo, estabilidad postural subnormal y desarrollo motor retrasado. La rizotomía dorsal selectiva seguida de fisioterapia es un procedimiento permanente destinado a aliviar la hipertonía. Explorar la eficacia de la rizotomía dorsal selectiva (SDR) seguida de un entrenamiento físico en la función motora gruesa (GMF), el equilibrio funcional, la capacidad de caminar, el control motor selectivo (SMC) y el costo energético de la marcha (ECW) de niños ambulantes con diplegia espástica (Abd-Elmonem et al., 2023).

Las intervenciones en actividad física para niños con TEA (Trastorno del Espectro Autista) siguen siendo un desafío para los educadores por las siguientes razones: primero, el procesamiento de la información, una base esencial para la práctica física, es un impedimento persistente para esta población debido a los déficits sensoriales asociados con esta condición.

Segundo, su reticencia a involucrarse y participar en la actividad física debido a comportamientos desafiantes (Touali et al., 2024).

El desarrollo de la motricidad gruesa durante la infancia es crucial para moldear movimientos más complejos y sentar las bases para la actividad física, y posteriormente, para una salud y un bienestar a lo largo de la vida. El rendimiento en motricidad mejora a lo largo del desarrollo, y las mayores mejoras se producen durante la infancia. Comprender la relación entre el desarrollo de la motricidad gruesa es esencial para fundamentar las prácticas educativas y de intervención (Vagnetti et al., 2025).

1.2. Principios del desarrollo motor (cefalocaudal, proximodistal, diferenciación e integración)

El desarrollo motor es un proceso fundamental en la vida de los seres humanos, que se refiere a la adquisición de habilidades físicas y motoras a lo largo de la infancia y la niñez. Este proceso está guiado por varios principios, entre los cuales destacan el principio cefalocaudal, el principio proximodistal, la diferenciación y la integración. Estos principios no solo son esenciales para comprender cómo se desarrolla el movimiento en los niños, sino que también son fundamentales para diseñar intervenciones adecuadas en el ámbito educativo y terapéutico.

1.2.1. Principio Cefalocaudal

El principio cefalocaudal se refiere al desarrollo que ocurre desde la cabeza hacia los pies. Esto significa que los bebés desarrollan control y fuerza en la cabeza y el cuello antes de poder controlar sus extremidades inferiores. Según Papalia y Martorell (2019), "los infantes generalmente levantan la cabeza antes de poder sentarse y, posteriormente, caminan antes de poder correr" (p. 145). Este patrón de desarrollo resalta la importancia de la madurez neurológica y muscular en la adquisición de habilidades motoras.

El desarrollo motor en los seres humanos es un proceso complejo que sigue patrones específicos a medida que los individuos crecen. Uno de los principios más fundamentales en este proceso es el principio cefalocaudal, que se refiere a la secuencia de desarrollo que ocurre desde la cabeza hacia los pies. Este principio no solo es esencial para entender cómo los bebés adquieren habilidades motoras, sino que también tiene implicaciones significativas en la educación y el cuidado infantil. A través de este ensayo, se argumentará que el principio

cefalocaudal es crucial para el desarrollo motor, ya que establece las bases para el control corporal, la coordinación y la independencia en los movimientos (Figura 1).

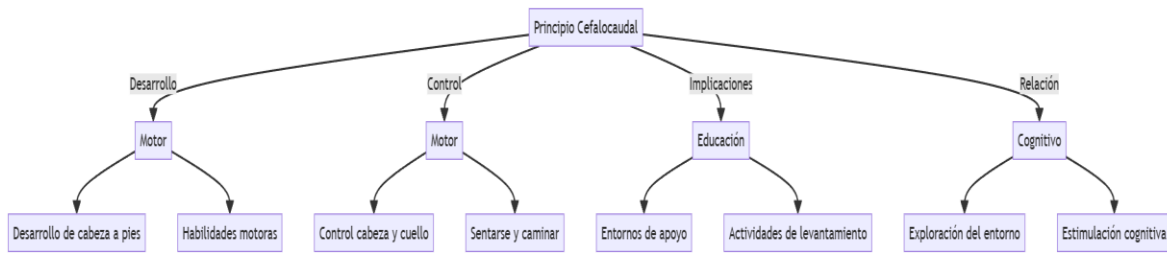


Figura 1. Principio cefalocaudal. Fuente: Los autores.

El principio cefalocaudal establece que los bebés desarrollan primero el control y la fuerza en la cabeza y el cuello antes de poder controlar sus extremidades inferiores. Según Papalia y Martorell (2019), "los infantes generalmente levantan la cabeza antes de poder sentarse y, posteriormente, caminan antes de poder correr" (p. 145). Este patrón de desarrollo es indicativo de una madurez neurológica y muscular que es necesaria para la adquisición de habilidades motoras más complejas. Por ejemplo, un bebé que puede sostener su cabeza erguida está en una mejor posición para desarrollar habilidades como sentarse y gatear, lo que a su vez le permitirá caminar con confianza.

Entender el principio cefalocaudal tiene importantes implicaciones en el ámbito educativo y en el cuidado infantil. Los educadores y cuidadores pueden utilizar este conocimiento para crear entornos que apoyen el desarrollo motor de los niños. Por ejemplo, proporcionar actividades que fomenten el levantamiento de la cabeza y el fortalecimiento del cuello puede facilitar el desarrollo de habilidades posteriores, como sentarse y gatear (Berk, 2020). Además, reconocer que cada niño se desarrolla a su propio ritmo puede ayudar a evitar comparaciones poco realistas entre los niños y a fomentar un enfoque más personalizado en el aprendizaje y el desarrollo.

El principio cefalocaudal también está relacionado con el desarrollo cognitivo. A medida que los bebés adquieren control sobre su cuerpo, también comienzan a explorar su entorno de manera más efectiva. Esto les permite interactuar con objetos y personas, lo que a su vez estimula su desarrollo cognitivo. Según Gallahue y Ozmun (2012), "la capacidad de moverse y explorar el entorno es fundamental para el aprendizaje y la comprensión del mundo que rodea al niño" (p. 78). Por lo tanto, el desarrollo motor cefalocaudal no solo es

un aspecto físico, sino que también está intrínsecamente vinculado al desarrollo intelectual y emocional del niño.

1.2.2. Principio Proximodistal

Por otro lado, el principio proximodistal indica que el desarrollo motor avanza desde el centro del cuerpo hacia las extremidades. Es decir, los movimientos del tronco se desarrollan antes que los movimientos de los brazos y las manos. Este principio se puede observar en la forma en que los bebés aprenden a mover sus brazos antes de desarrollar la habilidad de agarrar objetos con precisión (Berk, 2020). La secuencia de desarrollo proximodistal es crucial, ya que permite a los niños adquirir habilidades motoras finas a medida que fortalecen sus habilidades motoras gruesas.

El desarrollo motor humano es un proceso fascinante que sigue patrones específicos a medida que los individuos crecen y se desarrollan. Uno de los principios más relevantes en este contexto es el principio proximodistal, que establece que el desarrollo motor avanza desde el centro del cuerpo hacia las extremidades. Este principio no solo es fundamental para entender cómo los niños adquieren habilidades motoras, sino que también tiene implicaciones significativas en la educación y el cuidado infantil. En este ensayo, se argumentará que el principio proximodistal es crucial para el desarrollo motor, ya que sienta las bases para la coordinación, el control y la independencia en los movimientos (Figura 2).

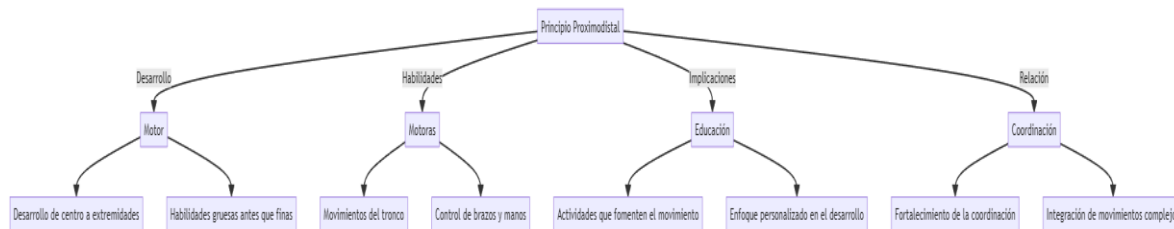


Figura 2. Principio proximodistal. Fuente: Elaboración de los autores.

El principio proximodistal sugiere que los movimientos del tronco se desarrollan antes que los movimientos de los brazos y las manos. Según Berk (2020), "los infantes generalmente aprenden a mover sus brazos y piernas antes de que puedan controlar sus dedos y manos" (p. 112). Este patrón de desarrollo es esencial, ya que permite a los niños fortalecer sus habilidades motoras gruesas, como rodar, sentarse y gatear, antes de avanzar a habilidades más finas, como agarrar y manipular objetos. La secuencia de desarrollo proximodistal enfatiza la importancia de la madurez física y neurológica en la adquisición de habilidades motoras.

Comprender el principio proximodistal tiene importantes repercusiones en el ámbito educativo y en el cuidado infantil. Los educadores y cuidadores pueden utilizar este conocimiento para diseñar actividades que promuevan el desarrollo motor adecuado. Por ejemplo, actividades que fomenten el movimiento del tronco, como rodar o jugar en posiciones de barriga, pueden facilitar el desarrollo de habilidades motoras más complejas (Haywood & Getchell, 2019). Además, reconocer que cada niño se desarrolla a su propio ritmo puede ayudar a evitar comparaciones poco realistas entre los niños y a fomentar un enfoque más personalizado en el aprendizaje y el desarrollo.

El principio proximodistal también está estrechamente relacionado con el desarrollo de la coordinación. A medida que los niños fortalecen sus habilidades motoras gruesas, como sentarse y gatear, comienzan a desarrollar la coordinación necesaria para realizar movimientos más complejos. Por ejemplo, al aprender a caminar, un niño necesita integrar el movimiento de sus piernas y brazos, lo que requiere un alto grado de coordinación (Gallahue & Ozmun, 2012). Este desarrollo progresivo de la coordinación es fundamental para la realización de actividades físicas más avanzadas y para la autonomía en el movimiento.

1.2.3. Diferenciación e Integración

La diferenciación se refiere al proceso mediante el cual las habilidades motoras se vuelven más específicas y complejas a medida que el niño crece. Por ejemplo, al principio, un niño puede realizar un movimiento general de agarre, pero con el tiempo, aprenderá a utilizar diferentes tipos de agarres para distintos objetos (Haywood & Getchell, 2019). Por su parte, la integración implica la coordinación de diferentes habilidades motoras para realizar tareas más complejas. Por ejemplo, al aprender a montar en bicicleta, un niño debe integrar habilidades como equilibrarse, pedalear y dirigir (Gallahue & Ozmun, 2012). Estos procesos son esenciales para el desarrollo de habilidades motoras avanzadas y la autonomía en la actividad física.

Los principios del desarrollo motor cefalo-caudal, proximodistal, diferenciación e integración— son fundamentales para entender cómo los niños adquieren habilidades motoras a lo largo de su crecimiento. Estos principios no solo reflejan un patrón de desarrollo natural, sino que también tienen implicaciones importantes en la educación y la intervención

terapéutica. Conocer y aplicar estos principios puede ayudar a educadores y padres a fomentar un ambiente que promueva el desarrollo motor saludable y adecuado en los niños.

1.3. Modelos y teorías clásicas y contemporáneas (maturacionismo, conductismo, enfoque ecológico, dinámico, etc.).

El estudio del desarrollo humano ha sido objeto de diversas teorías y modelos a lo largo del tiempo. Entre estos, se destacan el maturacionismo, el conductismo, el enfoque ecológico y el enfoque dinámico. Cada uno de estos modelos ofrece una perspectiva única sobre cómo se produce el desarrollo y qué factores influyen en él. Este ensayo argumentará que, aunque cada teoría tiene sus méritos, una comprensión integral del desarrollo humano requiere la integración de múltiples enfoques, ya que ninguno de ellos puede explicar completamente la complejidad del crecimiento humano.

El maturacionismo, propuesto por Arnold Gesell, sostiene que el desarrollo humano sigue un patrón biológico predeterminado. Según Gesell (1940), "el desarrollo sigue un curso específico que es inherente a la naturaleza del organismo". Este enfoque enfatiza la importancia de la herencia genética y el desarrollo físico, sugiriendo que las habilidades motoras y cognitivas surgen en etapas predecibles. Sin embargo, esta teoría ha sido criticada por subestimar el impacto del entorno en el desarrollo. La investigación contemporánea ha demostrado que factores ambientales, como la educación y la cultura, también juegan un papel crucial en el desarrollo humano (Berk, 2020).

El conductismo, asociado con figuras como B.F. Skinner y John Watson, se centra en el aprendizaje a través de la interacción con el entorno. Skinner (1953) argumentó que "el comportamiento es moldeado por refuerzos y castigos". Este enfoque ha sido fundamental en la educación y la modificación del comportamiento, ya que enfatiza la observación y la medición de conductas. Sin embargo, el conductismo ha sido criticado por su enfoque reduccionista, que ignora los procesos cognitivos internos y la influencia de factores emocionales y sociales en el desarrollo humano (Bandura, 1977).

El enfoque ecológico, propuesto por Urie Bronfenbrenner, amplía la comprensión del desarrollo humano al considerar múltiples contextos en los que se desarrolla un individuo. Bronfenbrenner (1979) introdujo el concepto de "sistemas ecológicos", que incluye el microsistema, mesosistema, exosistema y macrosistema. Este enfoque resalta la interconexión entre el individuo y su entorno, subrayando que el desarrollo es influenciado

por factores sociales, culturales y económicos. Sin embargo, algunos críticos argumentan que este enfoque puede ser demasiado amplio y carecer de un enfoque específico en las etapas del desarrollo.

El enfoque dinámico, representado por autores como Esther Thelen y Linda Smith, propone que el desarrollo es un proceso en constante cambio y adaptación. Según Thelen y Smith (1994), "el desarrollo motor es el resultado de la interacción entre el organismo y su entorno". Este enfoque destaca la plasticidad del desarrollo humano y su capacidad para adaptarse a diferentes circunstancias. A pesar de sus contribuciones, algunos críticos señalan que este enfoque puede ser difícil de aplicar en contextos de investigación debido a su complejidad.

La diversidad de teorías y modelos en el estudio del desarrollo humano sugiere que una comprensión completa requiere la integración de múltiples enfoques. Cada teoría aporta valiosas perspectivas que pueden enriquecer nuestra comprensión del desarrollo. Por ejemplo, el maduracionismo proporciona una base biológica, el conductismo ofrece herramientas para el aprendizaje, el enfoque ecológico destaca la importancia del contexto y el enfoque dinámico resalta la adaptabilidad del individuo (Figura 3).

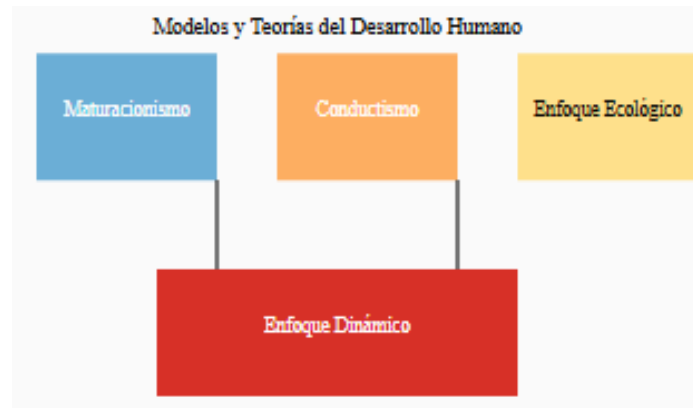


Figura 3. Modelos y teorías del desarrollo humano. Fuente: Elaboración de los autores.

1.4. Importancia del desarrollo motor en el contexto del desarrollo humano integral

El desarrollo motor es un aspecto fundamental del crecimiento humano que influye en diversas áreas del desarrollo integral, incluyendo el cognitivo, emocional y social. A medida que los individuos adquieren habilidades motoras, no solo mejoran su capacidad para interactuar con el entorno, sino que también desarrollan competencias que son esenciales para su bienestar general. Este ensayo argumentará que el desarrollo motor es crucial para el

desarrollo humano integral, ya que fomenta la autonomía, la autoestima y la interacción social.

El desarrollo motor permite a los individuos adquirir habilidades que son esenciales para la independencia. Desde los primeros pasos de un niño hasta la habilidad de realizar actividades cotidianas como vestirse o alimentarse, el desarrollo motor es fundamental para la autonomía. Según Piaget (1952), "la acción motriz es la base de la inteligencia", lo que sugiere que las habilidades motoras son esenciales para el desarrollo cognitivo. La capacidad de moverse y explorar el entorno no solo promueve la independencia, sino que también fortalece la autoeficacia, es decir, la creencia en la propia capacidad para realizar tareas y enfrentar desafíos (Bandura, 1997).

El desarrollo motor no solo se limita a la adquisición de habilidades físicas, sino que también tiene un impacto significativo en el desarrollo cognitivo. La exploración activa del entorno a través del movimiento permite a los niños aprender sobre su mundo, desarrollar habilidades de resolución de problemas y mejorar su capacidad de atención. Según una investigación realizada por Adolph y Franchak (2017), el movimiento y la cognición están intrínsecamente relacionados, lo que indica que el desarrollo motor puede facilitar el aprendizaje y la comprensión. Además, las actividades motoras estimulan la formación de conexiones neuronales, lo que contribuye al desarrollo cognitivo a largo plazo.

El desarrollo motor también juega un papel crucial en la interacción social y el desarrollo emocional. A medida que los niños adquieren habilidades motoras, se vuelven más capaces de participar en juegos y actividades grupales, lo que fomenta la socialización y el desarrollo de habilidades interpersonales. Según Pellegrini y Gustafson (2005), "el juego motor es una forma fundamental de interacción social en la infancia". La capacidad de participar en actividades físicas con otros no solo mejora las habilidades sociales, sino que también contribuye al desarrollo emocional al permitir a los niños expresar sus emociones y establecer relaciones significativas (Figura 4).

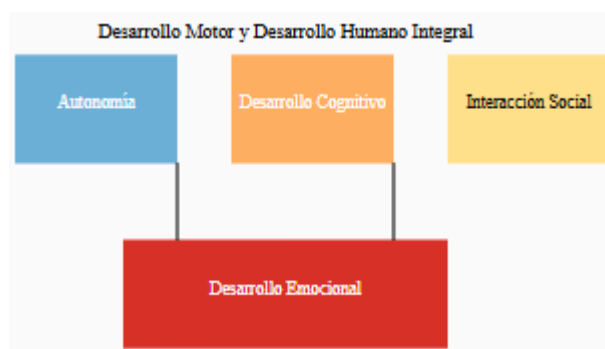


Figura 4. Desarrollo motor y desarrollo humano integral. Fuente: Los autores.

El desarrollo motor es un componente esencial del desarrollo humano integral. No solo permite la adquisición de habilidades físicas que fomentan la autonomía, sino que también tiene un impacto significativo en el desarrollo cognitivo, social y emocional. La integración de actividades motoras en la educación y el cuidado infantil es crucial para promover un desarrollo equilibrado y saludable. Por lo tanto, es fundamental reconocer la importancia del desarrollo motor en el contexto del desarrollo humano integral.

CAPÍTULO 2

BASES NEUROBIOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DEL MOVIMIENTO

Moverse es algo tan cotidiano que rara vez pensamos en lo que realmente implica. Caminar, levantar una taza o incluso mantenernos en pie son acciones que damos por sentadas, pero detrás de cada una de ellas hay un trabajo impresionante de coordinación entre el cerebro, los músculos, los nervios y otros sistemas del cuerpo. Para quienes estudiamos disciplinas relacionadas con la salud, el deporte o la rehabilitación, entender cómo funciona el movimiento a nivel neurobiológico y fisiológico no es un simple dato técnico: es una herramienta esencial para acompañar a las personas en su bienestar, recuperación o mejora del rendimiento. En este ensayo, quiero argumentar por qué conocer estas bases no solo es importante desde lo académico, sino también desde lo humano y profesional.

El cerebro y el sistema nervioso son los grandes directores de orquesta del movimiento. En él se planifica cada paso, cada gesto y cada esfuerzo físico que hacemos. La corteza motora, el cerebelo, la médula espinal y otras estructuras se comunican constantemente para que nuestros movimientos sean fluidos, equilibrados y precisos. Cuando algo en esta red falla —como ocurre con enfermedades neurológicas como el Parkinson o tras un accidente cerebrovascular—, las consecuencias en la movilidad pueden ser muy severas. Por eso, quienes trabajamos con el cuerpo en movimiento necesitamos conocer bien este sistema para poder actuar con comprensión, empatía y eficacia.

Los músculos, los huesos, el sistema respiratorio y el corazón también tienen un papel esencial. Cuando un músculo se contrae, no lo hace por sí solo: necesita oxígeno, energía y una señal que le indique cuándo activarse. Todo eso depende de procesos fisiológicos muy bien organizados. Conocerlos nos ayuda a entender por qué una persona se fatiga, cómo prevenir lesiones o cómo ayudarla a recuperar la fuerza tras una operación o una enfermedad.

El cuerpo tiene una capacidad sorprendente para adaptarse: eso es lo que conocemos como neuroplasticidad. Esta habilidad nos permite aprender a andar en bicicleta, a bailar o a reeducar el movimiento tras una lesión. Como futuros profesionales, este concepto es clave porque nos muestra que el cuerpo humano no es rígido ni definitivo; al contrario, siempre está cambiando, aprendiendo y reorganizándose. Desde la fisioterapia hasta el deporte de alto rendimiento, conocer cómo estimular esa plasticidad nos permite ayudar a otros a mejorar su calidad de vida.

También contamos con herramientas científicas como la electromiografía o el análisis biomecánico que nos permiten estudiar los movimientos con precisión. Lejos de ser solo tecnología, estos instrumentos son puentes entre la teoría y la práctica, y nos permiten ver con claridad lo que muchas veces el ojo no puede captar.

Comprender las bases neurobiológicas y fisiológicas del movimiento va mucho más allá de pasar un examen o cumplir con un programa académico. Se trata de prepararnos para acompañar a otros seres humanos en su camino hacia la salud, la autonomía o la excelencia física. Se trata de mirar el cuerpo no como una máquina, sino como un sistema vivo, sensible y adaptable. Por eso, integrar estos conocimientos en nuestra formación universitaria no solo nos hace más competentes, sino también más conscientes del privilegio que es movernos... y del compromiso que implica ayudar a otros a lograrlo.

2.1. Desarrollo del sistema nervioso central y su relación con el control motor

El movimiento humano es el resultado de un complejo entramado de procesos fisiológicos, cognitivos y neuromusculares que permiten la interacción con el entorno de forma coordinada, eficiente y adaptativa. En el centro de este entramado se encuentra el sistema nervioso central (SNC), cuya maduración progresiva condiciona la adquisición, regulación y ejecución de las habilidades motoras a lo largo de la vida. Comprender cómo se desarrolla el SNC y cómo se articula con el control motor es fundamental no solo para las ciencias del movimiento, sino también para disciplinas como la neuroeducación, la rehabilitación, la psicología del desarrollo y la educación física. Este ensayo argumenta que el desarrollo funcional y estructural del SNC es la base esencial del control motor, y que su conocimiento profundo permite optimizar prácticas educativas, terapéuticas y deportivas orientadas al desarrollo humano integral.

El SNC se compone del encéfalo y la médula espinal, estructuras que se forman en etapas tempranas del desarrollo embrionario. Durante las primeras semanas de gestación, la placa neural da origen al tubo neural, del cual emergen el cerebro anterior, medio y posterior (Kandel et al., 2013). A lo largo del desarrollo postnatal, el SNC experimenta procesos de mielinización, sinaptogénesis y poda sináptica, que determinan su funcionalidad.

La mielinización permite una conducción más rápida del impulso nervioso y ocurre de forma jerárquica: las regiones involucradas en funciones básicas maduran primero, seguidas por aquellas asociadas al control motor fino y funciones cognitivas superiores (Kolb & Whishaw, 2015). Este proceso continúa hasta la adultez temprana, lo que explica la evolución progresiva de las capacidades motoras en la infancia y adolescencia (Figura 5).

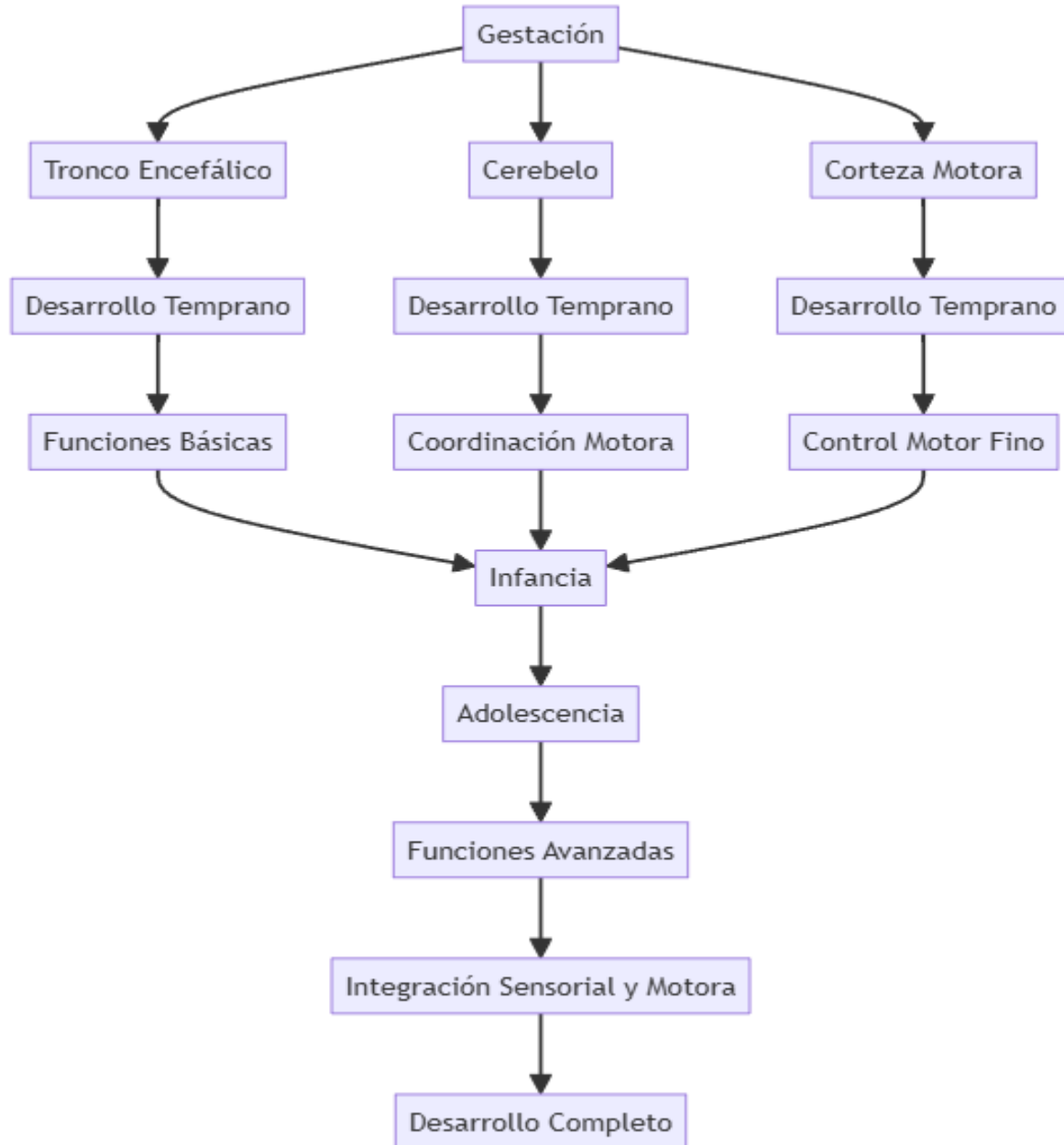


Figura 5. Diagrama del desarrollo del SNC por regiones (tronco encefálico, cerebelo, corteza motora) desde la gestación hasta la adolescencia. Fuente: Basado en Kolb & Whishaw (2015).

El control motor implica la habilidad de planificar, ejecutar y regular movimientos voluntarios de forma precisa. Este proceso depende de la integridad estructural y funcional del SNC, especialmente de áreas como la corteza motora primaria, los ganglios basales, el cerebelo y la médula espinal (Shumway-Cook & Woollacott, 2017). La corteza motora participa en la planificación del movimiento, los ganglios basales en la selección de patrones motores adecuados, y el cerebelo en la coordinación y ajuste fino del movimiento.

Durante la infancia, la maduración de estas estructuras se refleja en la evolución de habilidades motoras gruesas y finas. Estudios longitudinales han demostrado que las etapas del desarrollo motor —como el sostén cefálico, el gateo o la marcha— están directamente relacionadas con el grado de maduración cortical y subcortical (Adolph & Hoch, 2019).

Las neuroimágenes han permitido observar que en etapas tempranas de la vida existe una alta plasticidad cerebral, lo que favorece la recuperación de funciones motoras ante lesiones o intervenciones tempranas (Stiles et al., 2015). Esto subraya la importancia de ambientes enriquecidos en estimulación motriz, especialmente durante la llamada "ventana crítica" del desarrollo neurológico.

Entender la relación entre el SNC y el control motor permite diseñar estrategias más efectivas en distintos contextos. En educación, por ejemplo, permite ajustar el tipo y nivel de complejidad de las tareas motrices al estadio de desarrollo neurológico del estudiante (Gallahue et al., 2012). En el ámbito clínico, la rehabilitación neuromotora se basa precisamente en estimular zonas cerebrales específicas mediante ejercicios motores repetitivos y funcionales, aprovechando la neuroplasticidad.

De igual forma, el conocimiento del desarrollo del SNC ha permitido crear tecnologías aplicadas al control motor, como interfaces cerebro-computador, estimulación magnética transcraneal y prótesis neurocontroladas, que muestran resultados prometedores para personas con daño neurológico.

El desarrollo del sistema nervioso central constituye el cimiento biológico y funcional del control motor humano. A través de un proceso dinámico, progresivo y altamente sensible al entorno, el SNC estructura la capacidad del ser humano para moverse con intención, adaptarse al ambiente y construir experiencias de aprendizaje motor. La integración de conocimientos provenientes de la neurociencia, la psicología del desarrollo y las ciencias del ejercicio físico no solo enriquece nuestra comprensión del movimiento, sino que permite

diseñar intervenciones más humanizadas, oportunas y eficaces. Estudiar la relación entre SNC y control motor no es únicamente una tarea científica; es una herramienta para mejorar la calidad de vida de las personas desde la primera infancia hasta la vejez (Figura 6).

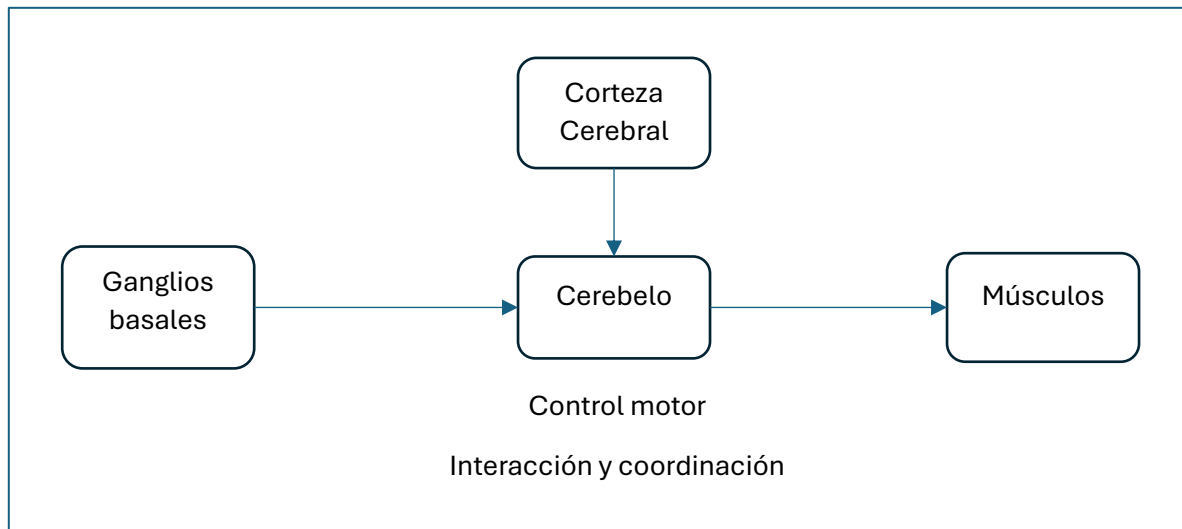


Figura 6. Representación esquemática del circuito motor desde la corteza cerebral hasta los músculos, destacando el papel del cerebelo y ganglios basales. Fuente: Basado en Shumway-Cook & Woollacott (2017).

2.2. Neuroplasticidad y ventanas de oportunidad

La comprensión del desarrollo cerebral humano ha sido transformada por el estudio de la neuroplasticidad, la capacidad del sistema nervioso para reorganizarse estructural y funcionalmente a lo largo de la vida. Este fenómeno es especialmente relevante durante las denominadas “ventanas de oportunidad”, periodos críticos en los que el cerebro es más sensible a los estímulos externos y por lo tanto más apto para adquirir ciertas habilidades. Analizar la relación entre neuroplasticidad y ventanas de oportunidad permite fundamentar científicamente prácticas educativas, terapéuticas y de salud pública orientadas al desarrollo óptimo de las capacidades humanas.

La neuroplasticidad es la capacidad del sistema nervioso para cambiar su estructura y función en respuesta a la experiencia, el aprendizaje o el daño (Kolb & Gibb, 2011). Contrario a la visión tradicional que consideraba el cerebro como un órgano estático en la adultez, investigaciones actuales han demostrado que la reorganización neuronal puede ocurrir incluso en edades avanzadas, aunque con menor intensidad. En niños, sin embargo, la plasticidad sináptica alcanza su mayor expresión, facilitando procesos como la adquisición del lenguaje, la motricidad o el razonamiento abstracto (Huttenlocher, 2002).

Los cambios plásticos incluyen la creación de nuevas conexiones sinápticas (sinaptogénesis), la eliminación de sinapsis ineficientes (poda sináptica) y, en algunos casos, la neurogénesis (nacimiento de nuevas neuronas), especialmente en regiones como el hipocampo (Gage, 2002).

Las ventanas de oportunidad son periodos temporales en el desarrollo en los que el cerebro está especialmente receptivo a determinados tipos de estímulos. Durante estos periodos, las experiencias ambientales tienen un impacto más profundo y duradero en la organización funcional del cerebro (Knudsen, 2004). Un ejemplo clásico es el desarrollo del lenguaje: si un niño no es expuesto a estímulos lingüísticos adecuados en los primeros años de vida, puede presentar déficits permanentes, como se observó en casos de privación extrema (Lenneberg, 1967).

En el ámbito motor, las ventanas críticas permiten establecer habilidades fundamentales como el equilibrio, la coordinación y la locomoción. De hecho, investigaciones en neurociencia aplicada al deporte y la educación física han identificado momentos sensibles entre los 0 y 7 años para el desarrollo de la motricidad gruesa, y entre los 7 y 12 años para habilidades específicas como el ritmo o la precisión (Thomas & Nelson, 2005).

La neuroplasticidad es el mecanismo que permite aprovechar las ventanas de oportunidad. Cuando un estímulo adecuado se presenta durante una ventana crítica, se refuerzan las conexiones sinápticas relacionadas con dicha experiencia, consolidando circuitos neuronales específicos. Por ejemplo, estudios de Dehaene et al. (2010) sobre la alfabetización muestran cómo la exposición temprana a la lectura modifica la arquitectura cortical del lóbulo occipitotemporal, creando lo que se conoce como el “área visual de la palabra”. Sin embargo, si la estimulación se retrasa más allá del periodo sensible, los cambios cerebrales serán menos eficientes o incluso imposibles. Es por esto que políticas públicas en salud, educación y nutrición infantil deben centrarse en maximizar estas ventanas críticas (Shonkoff & Phillips, 2000).

Desde una perspectiva educativa, conocer la existencia de ventanas de oportunidad permite diseñar currículos sensibles al desarrollo neurobiológico, donde se prioricen actividades específicas según la edad y madurez del niño. Por ejemplo, la enseñanza de una

segunda lengua antes de los 7 años puede generar bilingüismo funcional con mayor facilidad que en la adolescencia (Kuhl, 2010).

En el ámbito terapéutico, la neuroplasticidad ofrece esperanza para la rehabilitación de funciones perdidas, especialmente si la intervención se realiza durante periodos sensibles. En niños con parálisis cerebral, por ejemplo, terapias intensivas tempranas han demostrado promover la reorganización cortical y mejorar significativamente la función motora (Eyre et al., 2007).

La neuroplasticidad y las ventanas de oportunidad son pilares esenciales para comprender el desarrollo humano. El cerebro no es un órgano estático, sino dinámico, capaz de transformarse en función de las experiencias. Esta capacidad, sin embargo, no es ilimitada ni uniforme: existen periodos críticos en los que ciertas experiencias son fundamentales para el desarrollo óptimo. Reconocer estos principios permite fundamentar intervenciones educativas, clínicas y sociales basadas en evidencia científica, promoviendo el potencial humano desde las primeras etapas de la vida (Tabla 1).

Tabla 1.

La neuroplasticidad y las ventanas de oportunidad son pilares esenciales para comprender el desarrollo humano.

Concepto	Definición	Etapas clave	Implicaciones para el desarrollo	Ejemplos
Neuroplasticidad	Capacidad del sistema nervioso para cambiar su estructura y función en respuesta a la experiencia y el entorno.	Desde la gestación hasta la adultez.	Facilita el aprendizaje, recuperación de lesiones y adaptación a nuevos contextos o estímulos.	Reorganización cortical tras daño cerebral, aprendizaje de habilidades motoras o cognitivas.
Ventanas de oportunidad	Períodos sensibles en los que el cerebro está especialmente receptivo a ciertos estímulos.	Infancia temprana y adolescencia.	Estimulación adecuada en estos periodos optimiza el desarrollo; si se pierde, es difícil compensarlo después.	Aprendizaje del lenguaje antes de los 5 años, desarrollo visual adecuado en los primeros meses.
Interrelación	La neuroplasticidad permite que las ventanas de oportunidad se traduzcan en desarrollo estructural y funcional.	Críticas: 0-3 años / Sensibles: 6-12 años	Durante las ventanas, la plasticidad es máxima; fuera de ellas, persiste, pero con menor intensidad.	Entrenamiento musical o bilingüismo desde la infancia tiene más impacto que comenzar en la adultez.

Aplicaciones educativas y terapéuticas	Diseño de programas de estimulación temprana, intervención oportuna ante dificultades del desarrollo.	Primera infancia, escolaridad inicial	Optimiza la maduración cerebral y habilidades cognitivas, emocionales y motoras.	Programas de neurorehabilitación en niños con trastornos del desarrollo.
---	---	---------------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración de los autores.

2.3. Sistemas sensoriomotores: integración de la información sensorial y motora

El movimiento humano es el resultado de una compleja interacción entre múltiples sistemas del cuerpo, siendo los sistemas sensoriomotores la clave para lograr una ejecución precisa, coordinada y adaptativa. Estos sistemas integran continuamente señales provenientes del entorno (sensoriales) con comandos generados internamente (motores), permitiendo al individuo actuar y adaptarse dinámicamente. La comprensión de estos mecanismos es fundamental tanto en el ámbito clínico como educativo y deportivo (Kandel et al., 2013).

El sistema sensoriomotor se compone de estructuras que recolectan información sensorial (visual, táctil, propioceptiva, vestibular, auditiva) y estructuras que ejecutan el movimiento (músculos esqueléticos) bajo el control del sistema nervioso central (SNC). La interacción recíproca entre estos subsistemas garantiza la ejecución fluida de acciones motoras (Tabla 2).

Tabla 2.

Fundamentos del sistema sensoriomotor

Sistema Sensorial	Tipo de información procesada	Relevancia motora
Visual	Localización espacial, movimiento, color	Guía de movimientos dirigidos visualmente
Propioceptivo	Posición y movimiento de músculos y articulaciones	Coordinación fina, control postural
Vestibular	Movimiento de la cabeza, equilibrio	Estabilidad postural y orientación espacial
Somatosensorial	Tacto, presión, temperatura, dolor	Ajustes motores finos, manipulación de objetos

Fuente: Basado en Bear et al. (2020).

La corteza parietal posterior, el cerebelo, los ganglios basales y la corteza motora forman un circuito funcional clave para transformar la información sensorial en acciones motoras planificadas (Purves et al., 2019). Esta integración ocurre en múltiples niveles:

- A nivel espinal, los reflejos permiten respuestas automáticas (ej. reflejo de retirada).

- A nivel subcortical, el cerebelo ajusta el movimiento en tiempo real.
- A nivel cortical, se planifican acciones voluntarias complejas.

Una característica esencial de los sistemas sensoriomotores es su plasticidad, es decir, la capacidad de reorganizarse tras la experiencia o el daño. Esta propiedad es evidente en procesos como el aprendizaje motor y la rehabilitación neurológica (Tabla 3).

Por ejemplo, un niño que aprende a andar en bicicleta mejora su equilibrio y coordinación a través de la integración de señales vestibulares, visuales y propioceptivas. Estas habilidades pueden afianzarse mediante la práctica y el refuerzo sensorial adecuado (Shumway-Cook & Woollacott, 2017).

Tabla 3.

Plasticidad y aprendizaje sensoriomotor

Etapas	Procesos implicados	Adaptaciones sensoriomotoras
Infancia	Exploración, imitación	Formación de esquemas motores básicos
Adolescencia	Refinamiento, automatización	Mejora en coordinación y precisión
Adulthood	Adaptación a contextos variables	Estrategias compensatorias
Envejecimiento	Declive sensorial y motor	Dependencia de retroalimentación visual

Fuente: Basado en Gabbard (2018).

La integración sensoriomotora no solo es vital para las funciones básicas del cuerpo, sino que también influye directamente en la adquisición de habilidades académicas y deportivas. Trastornos como el trastorno del desarrollo de la coordinación (TDC) o el autismo implican disfunciones en esta integración (Zwicker et al., 2012).

En el contexto deportivo, los atletas desarrollan altos niveles de integración sensoriomotora, permitiéndoles anticipar, ajustar y ejecutar acciones con precisión milimétrica. En la educación, programas de estimulación sensorial y motriz pueden potenciar el aprendizaje, especialmente en la primera infancia (Gabbard, 2018).

La integración sensoriomotora es una función fundamental del sistema nervioso que permite al ser humano interactuar efectivamente con su entorno. Su comprensión no solo aporta al conocimiento del funcionamiento cerebral, sino que es esencial para diseñar estrategias de intervención educativa, clínica y deportiva. La plasticidad de estos sistemas representa una oportunidad para optimizar el desarrollo humano a lo largo de la vida.

2.4. Factores genéticos y epigenéticos que influyen en el desarrollo motor

El desarrollo motor humano no es un proceso uniforme ni exclusivamente determinado por el entorno. Por el contrario, surge de una interacción compleja entre la genética, la epigenética y los estímulos ambientales (Berchtold & Cotman, 2009). Las diferencias individuales en habilidades motoras —como el equilibrio, la coordinación o la fuerza— están profundamente influenciadas por marcadores genéticos y modificaciones epigenéticas que regulan la expresión de genes involucrados en la maduración neuromuscular y el control motor.

Los genes contienen la información codificada necesaria para la formación de estructuras y funciones neuromusculares. Genes como ACTN3, BDNF, MSTN o IGF1 participan en el desarrollo de fibras musculares, la plasticidad sináptica y el crecimiento neuronal (MacArthur et al., 2007), (Tabla 4).

Tabla 4.

Genes relevantes para el control motor y su expresión en el sistema neuromuscular

Gen	Función	Implicación en el desarrollo motor
<i>ACTN3</i>	Codifica una proteína estructural del músculo rápido	Asociado a fuerza explosiva y velocidad
<i>BDNF</i>	Neurotrofina clave en la plasticidad sináptica	Influye en el aprendizaje motor
<i>IGF1</i>	Promotor del crecimiento celular y desarrollo muscular	Relacionado con la hipertrofia y maduración motora
<i>MSTN</i>	Regula negativamente el crecimiento muscular	Su inhibición puede mejorar el rendimiento motor

Fuente: Basado en Current Opinion in Physiology, 2019.

La epigenética estudia los cambios heredables en la expresión génica sin alterar la secuencia de ADN. Factores como la nutrición, el ejercicio, el estrés o el contacto físico pueden activar o silenciar genes a través de mecanismos como (Tabla 5):

- Metilación del ADN
- Modificación de histonas
- ARN no codificantes

Estas modificaciones afectan directamente el desarrollo motor al influir en la mielinización, la neurogénesis y la regulación del tono muscular (Kundakovic & Champagne, 2015).

Tabla 5.

Influencia epigenética sobre rutas motoras durante la infancia

Mecanismo epigenético	Influencia sobre el desarrollo motor	Ejemplo práctico
Metilación del ADN	Puede suprimir genes relacionados con el crecimiento neuronal	Estrés prenatal afecta coordinación en la infancia
Modificación de histonas	Cambia la accesibilidad a genes estructurales del músculo	Nutrición rica en colina mejora el tono muscular
MicroARNs (miRNAs)	Regulan la expresión de genes motores en fases específicas del desarrollo	miR-206 promueve la regeneración muscular

Fuente: Basado en Wu & Sinclair. (2019).

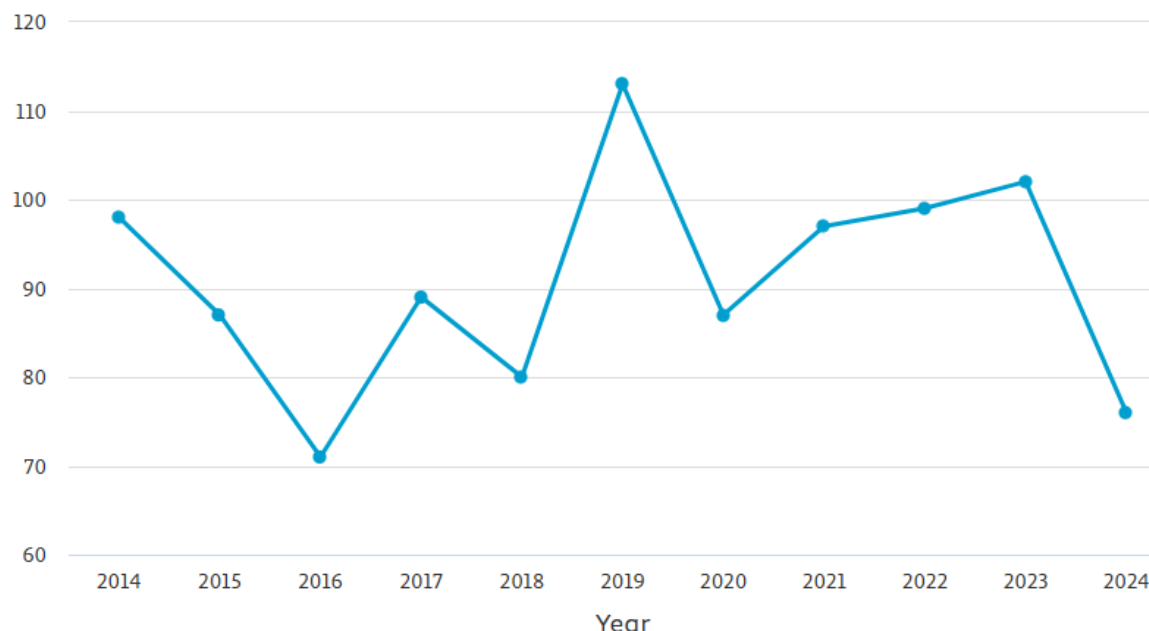
El desarrollo motor humano es el resultado de una compleja interacción entre genes, mecanismos epigenéticos y el ambiente. Comprender esta relación no solo permite explicar las diferencias individuales en el desempeño físico, sino que abre la puerta a intervenciones más precisas, humanas y efectivas en todos los contextos del desarrollo. Apostar por un entorno enriquecido desde la infancia es clave para que la biología encuentre su mejor expresión.

2.5. Evolución de la producción científica relacionada con el desarrollo motor en la década objeto de estudio.

El gráfico 1 presenta la evolución de un indicador cuantitativo relacionado con el desarrollo motor humano durante el periodo comprendido entre los años 2014 y 2024. A lo largo de esta década, se evidencia una tendencia claramente oscilante, caracterizada por importantes fluctuaciones en los valores anuales. Esta variabilidad sugiere que el desarrollo motor, o bien algún aspecto relacionado como la producción científica, la inversión en programas educativos o el rendimiento motor en poblaciones específicas, ha sido inestable, posiblemente como resultado de factores sociales, políticos y sanitarios que influyen en su evolución.

Gráfico 1.

Evolución de la producción científica relacionada con el desarrollo motor en la década objeto de estudio.



Fuente: Scopus 2025.

Uno de los puntos más bajos del gráfico se observa en el año 2016, con un valor cercano a los 71 puntos. Este descenso podría reflejar un período de desinversión en políticas públicas o en iniciativas institucionales relacionadas con la motricidad humana, así como una posible disminución del interés científico o educativo en esta área. Sin embargo, en 2019 se evidencia un pico significativo, alcanzando aproximadamente los 114 puntos. Este aumento repentino puede interpretarse como el resultado de estrategias exitosas implementadas en ese periodo, como la aplicación de programas de estimulación motriz, el fortalecimiento curricular de la educación física o un aumento en la producción investigativa sobre el desarrollo motor.

La llegada de la pandemia por COVID-19 en 2020 marca un retroceso importante, evidenciado en una nueva caída del indicador. Esta disminución es coherente con el contexto global de restricciones a la movilidad, el cierre de instituciones educativas y la suspensión de actividades físicas en contextos escolares y comunitarios, lo cual afectó negativamente el desarrollo motor, especialmente en niños y adolescentes. A partir de 2021 se observa una recuperación paulatina, con valores que se estabilizan ligeramente durante 2022 y 2023,

posiblemente debido a la reactivación de actividades presenciales, la adaptación de nuevas estrategias educativas y la incorporación de tecnologías para el fomento del movimiento.

En 2024 se produce una nueva y abrupta caída que retorna los valores a niveles similares a los de 2016. Este retroceso podría estar vinculado a factores como el desfinanciamiento de programas, el debilitamiento de políticas públicas sostenibles o la pérdida de continuidad en proyectos científicos y pedagógicos relacionados con la motricidad humana. En resumen, el gráfico evidencia la necesidad de fortalecer y sostener en el tiempo las estrategias de promoción del desarrollo motor desde una perspectiva multidisciplinar, articulada con políticas educativas, sanitarias y sociales que garanticen el bienestar integral de las poblaciones en todas las etapas del ciclo vital.

2.6. Principales países a la vanguardia del desarrollo motor en la década estudiada.

El análisis del gráfico 2 revela que Estados Unidos lidera ampliamente la producción científica sobre desarrollo motor, con casi 400 documentos, lo cual representa una hegemonía en la generación de conocimiento en este campo. Esta posición dominante podría explicarse por su infraestructura académica consolidada, la financiación robusta para la investigación en ciencias del movimiento y el gran número de universidades e institutos especializados en neurociencias, educación física y rehabilitación. Le sigue el Reino Unido, con una cantidad considerablemente menor (alrededor de 150 documentos), aunque igualmente destacada, reflejando una fuerte tradición investigativa y académica en ciencias del comportamiento y el desarrollo humano.

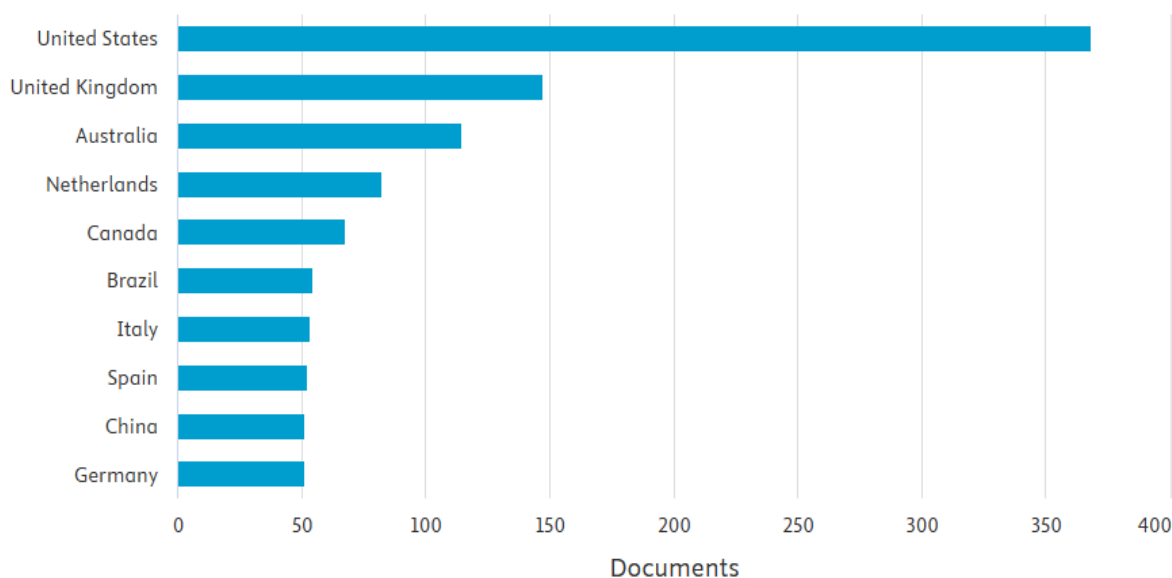
Australia, Países Bajos y Canadá ocupan posiciones intermedias, lo que indica un compromiso significativo con el estudio del desarrollo motor, posiblemente vinculado a políticas educativas y de salud pública que promueven la actividad física y la intervención temprana en la infancia. En el grupo inferior, países como Brasil, Italia, España, China y Alemania muestran niveles más modestos de producción, aunque importantes para entender la perspectiva global. En el caso de Brasil, su aparición en el ranking destaca el creciente interés de América Latina por este campo, aunque se evidencia una brecha considerable frente a los países anglosajones.

La ausencia de países como Colombia, México u otras naciones latinoamericanas subraya la necesidad de fortalecer las capacidades investigativas en la región, promoviendo

redes internacionales de colaboración, inversión en ciencia y formación de investigadores especializados en motricidad humana. En resumen, el gráfico refleja un desbalance en la producción científica mundial sobre desarrollo motor, dominado por países desarrollados, lo que plantea desafíos importantes para la equidad en el acceso y generación de conocimiento en esta área clave del desarrollo humano.

Gráfico 2.

Principales países a la vanguardia del desarrollo motor en la década estudiada



Fuente: Scopus 2025.

2.7. Principales autores con más publicaciones científicas relacionadas con el desarrollo motor en la década estudiada.

El gráfico 3 ilustra a los principales autores que más han contribuido con publicaciones en el campo del desarrollo motor humano, medido por la cantidad de documentos indexados. Esta información es clave para identificar a los referentes académicos y científicos en esta área de estudio.

En primer lugar, se destaca Barnett, L.M., quien lidera el ranking con un total de 16 publicaciones, consolidándose como una figura central en la investigación del desarrollo motor. Su prolífica producción sugiere una trayectoria consistente en temas relacionados con la evaluación, intervención y promoción del desarrollo motriz, especialmente en la infancia. A continuación, con una producción similar de 10 documentos cada uno, se encuentran Goffman, L. y Lenoir, M., lo que indica su participación activa en la generación de conocimiento en esta área.

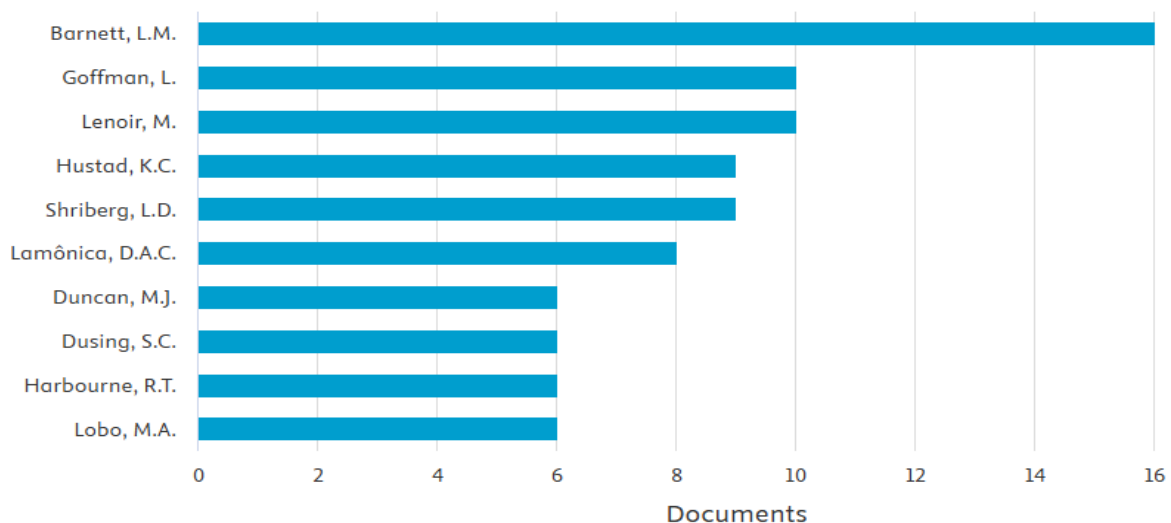
Les siguen autores como Hustad, K.C. y Shriberg, L.D., ambos con 9 publicaciones, quienes posiblemente aborden enfoques específicos como el desarrollo motor en relación con el lenguaje o la intervención en trastornos del neurodesarrollo. Asimismo, Lamônica, D.A.C. aparece como una figura relevante con 8 documentos, destacando la participación de investigadores latinoamericanos, particularmente de Brasil, en este campo emergente.

El grupo de autores conformado por Duncan, M.J., Dusing, S.C., Harbourne, R.T. y Lobo, M.A. completa el top con 7 documentos cada uno. Estos investigadores han centrado su trabajo en el análisis del desarrollo motor en diferentes contextos, como la educación física, la fisioterapia pediátrica o las ciencias del movimiento humano.

Este gráfico no solo permite identificar a los expertos más activos en el ámbito científico, sino que también es una guía estratégica para establecer colaboraciones académicas, revisar literatura de referencia y diseñar marcos teóricos actualizados en futuras investigaciones o propuestas de intervención en desarrollo motor. Además, evidencia la concentración del conocimiento en ciertos líderes de opinión, lo que puede ser una oportunidad para fomentar nuevas voces y perspectivas, especialmente desde regiones como América Latina o África, actualmente subrepresentadas.

Gráfico 3.

Principales autores con más publicaciones científicas relacionadas con el desarrollo motor en la década estudiada



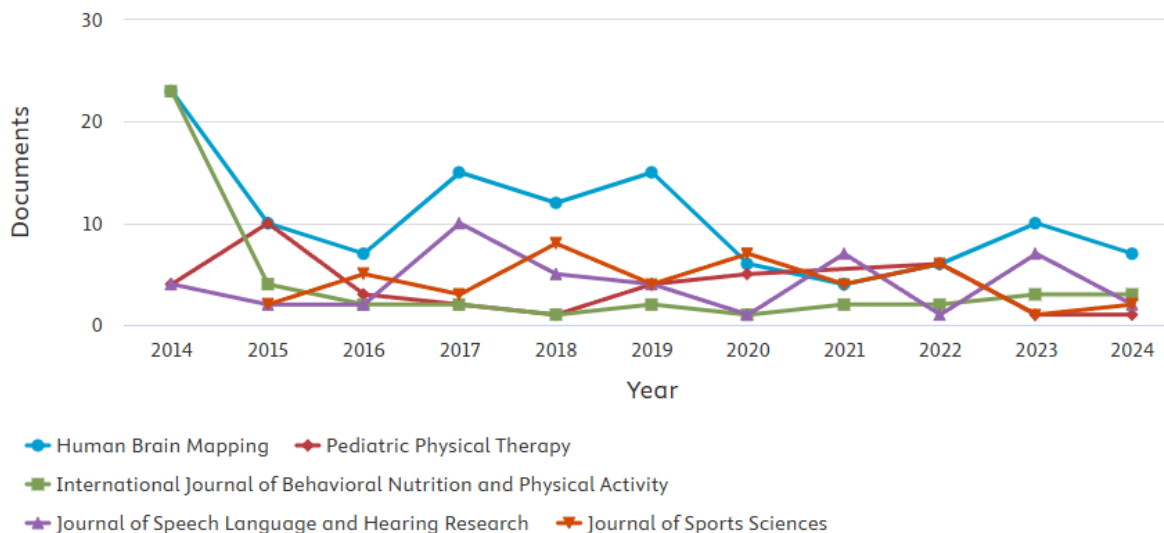
Fuente: Scopus 2025.

2.8. Principales revistas científicas que más han publicado sobre desarrollo motor en la última década.

Analizando el gráfico 4, se pueden observar varias tendencias en cuanto a las principales revistas científicas que han publicado sobre desarrollo motor en la última década.

Gráfico 4.

Principales revistas científicas que más han publicado sobre desarrollo motor en la última década



Fuente: Scopus 2025.

Se aprecia una considerable fluctuación en el número de publicaciones por revista a lo largo de los años, con picos y valles en diferentes momentos. Algunas revistas, como "Human Brain Mapping" y "Pediatric Physical Therapy", muestran una mayor estabilidad en el número de publicaciones en comparación con otras.

Las revistas que han publicado más consistentemente sobre este tema son "Human Brain Mapping", "Pediatric Physical Therapy" y "International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity". Estas parecen ser las más activas en el campo del desarrollo motor durante el período analizado.

En los últimos años, se observa un aumento en las publicaciones de la revista "Journal of Sports Sciences", lo cual sugiere una tendencia emergente en este ámbito. Asimismo, la revista "Journal of Speech Language and Hearing Research" también muestra un incremento en sus publicaciones relacionadas con el desarrollo motor.

Cabe destacar que cada revista parece tener un enfoque ligeramente diferente, abarcando aspectos como neuroimagen, terapia física pediátrica, nutrición y actividad física, y lenguaje/audición. Esta diversidad de enfoques refleja la multidisciplinariedad inherente al estudio del desarrollo motor.

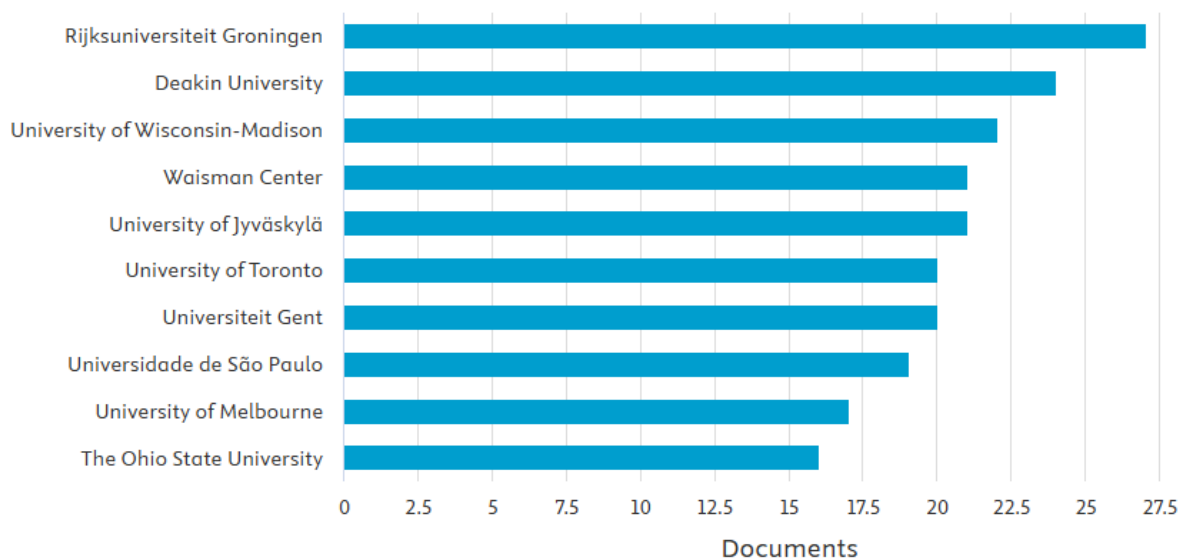
El gráfico muestra la evolución de la actividad de publicación de las principales revistas científicas en el campo del desarrollo motor durante la última década, destacando las revistas más activas y las tendencias emergentes en este ámbito de investigación.

2.9. Principales instituciones que más publican sobre la temática objeto de estudio.

El gráfico 5 muestra una amplia variación en el número de documentos publicados por las diferentes universidades representadas en el campo del desarrollo motor.

Gráfico 5.

Principales instituciones que más publican sobre la temática objeto de estudio



Fuente: Scopus 2025.

En la parte superior del gráfico, se destacan la Rijksuniversiteit Groningen y la Deakin University con el mayor número de publicaciones. Estas dos instituciones parecen ser los principales centros de actividad de publicación en este ámbito. Justo detrás, la University of Wisconsin-Madison también presenta una cantidad considerable de documentos publicados.

Otras universidades como la University of Jyväskylä, la University of Toronto y la Universiteit Gent muestran una actividad de publicación más moderada en comparación con los líderes. Mientras tanto, instituciones como la Universidade de São Paulo, la University

of Melbourne y The Ohio State University tienen un número relativamente bajo de publicaciones en el período analizado.

Esta distribución heterogénea de la actividad de publicación sugiere que podría haber áreas de especialización entre las diferentes universidades, lo que explicaría las diferencias en el volumen de producción científica. Sin embargo, sin más información, no se puede determinar con certeza cuáles podrían ser esas áreas específicas de enfoque.

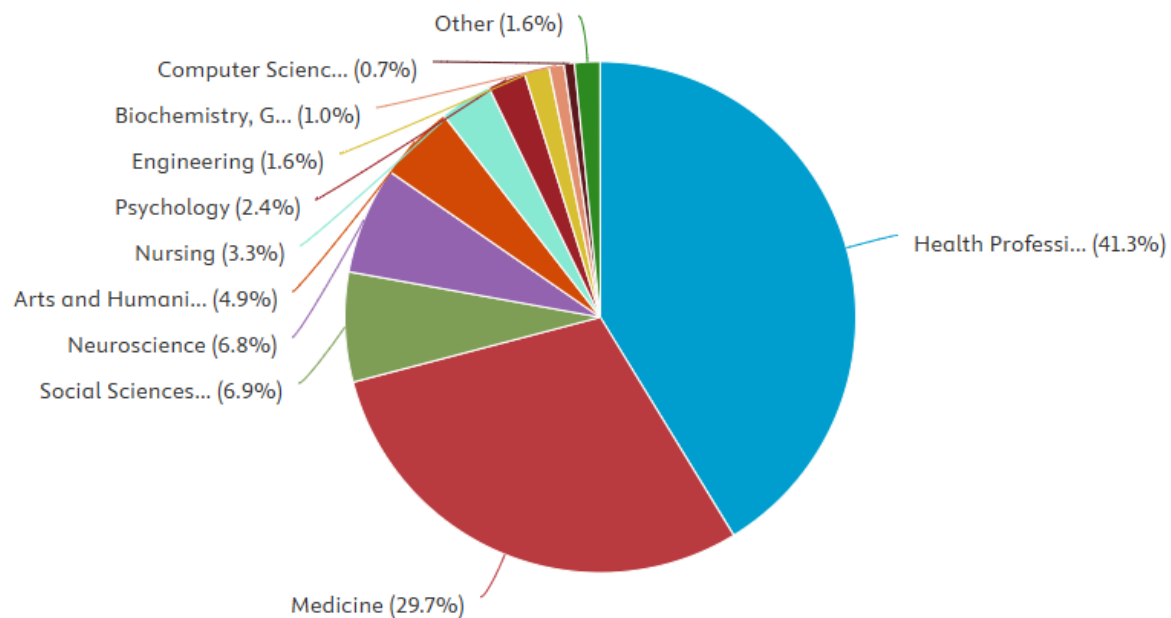
El gráfico refleja una concentración de la actividad de publicación en un pequeño grupo de universidades líderes, mientras que el resto de instituciones presentan una producción científica más dispersa en el campo del desarrollo motor.

2.10. Áreas científicas desde las que más se aportan publicaciones científicas en la última década.

El gráfico 6 muestra la distribución de diferentes áreas de estudio en una población determinada.

Gráfico 6.

Áreas científicas desde las que más se aportan publicaciones científicas en la última década.



Fuente: Scopus 2025.

El área más grande corresponde a "Health Professi..." que representa el 41.3% del total. Esto indica que la salud y las profesiones relacionadas son el campo predominante en esta población.

La segunda área más grande es "Medicine" con un 29.7%, lo que sugiere que los estudios médicos también tienen una presencia significativa. Otras áreas destacadas incluyen "Social Sciences..." con 6.9%, "Neuroscience" con 6.8% y "Arts and Humani..." con 4.9%.

Las áreas más pequeñas son "Nursing" con 3.3%, "Psychology" con 2.4%, "Engineering" con 1.6%, "Biochemistry, G..." con 1.0%, "Computer Scienc..." con 0.7% y "Other" con 1.6%. Esto indica que estas disciplinas tienen una representación más reducida en comparación con las principales.

El gráfico refleja que el campo de la salud y la medicina son los dominantes en esta población, mientras que otras áreas como las ciencias sociales, las artes y las humanidades, y las neurociencias también tienen una presencia significativa, aunque en menor medida.

CAPÍTULO 3

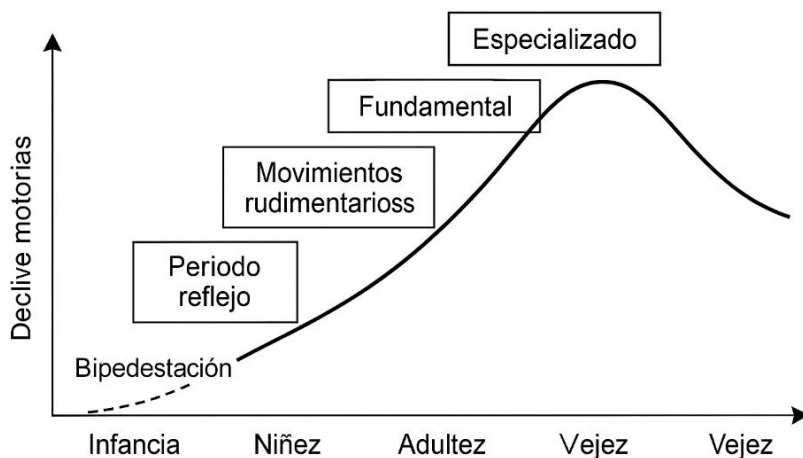
TRAYECTORIA DEL DESARROLLO MOTOR A LO LARGO DEL CICLO VITAL

El desarrollo motor humano constituye un proceso dinámico y continuo que se extiende desde la gestación hasta la vejez, influenciado por factores biológicos, psicológicos, ambientales y socioculturales. Comprender la trayectoria del desarrollo motor a lo largo del ciclo vital es esencial para identificar ventanas de oportunidad para la intervención, promover estilos de vida activos y prevenir el deterioro funcional. Esta evolución no sigue una línea recta, sino que se caracteriza por fases de adquisición, estabilización y declive motor, sujetas a la interacción entre la maduración del sistema nervioso y las experiencias motrices del individuo (Gallahue, Ozmun & Goodway, 2012).

El desarrollo motor puede entenderse como una sucesión de cambios sistemáticos en las habilidades motrices que permiten al ser humano interactuar con su entorno. Según Clark y Metcalfe (2002), la trayectoria motora se compone de cinco etapas generales: el período reflejo, el de movimientos rudimentarios, el fundamental, el especializado y el de declive motor (Gráfico 7).

Gráfico 7.

Trayectoria del desarrollo motor a lo largo del ciclo vital



Fuente: Adaptado de Clark y Metcalfe (2002).

En la infancia, el desarrollo motor está fuertemente vinculado a la maduración del sistema nervioso central, especialmente de estructuras como la corteza motora, el cerebelo y los ganglios basales (Adolph & Franchak, 2017). Durante esta etapa, los reflejos primitivos dan paso a movimientos voluntarios y coordinados, facilitando habilidades como sentarse, gatear y caminar.

Durante la niñez, se observan avances significativos en la coordinación, la precisión y la ejecución de habilidades motoras gruesas y finas. Este proceso se ve favorecido por el aumento del control cortical y la mielinización de vías motoras (Payne & Isaacs, 2020). La práctica sistemática de actividades físicas y deportivas contribuye a la especialización motora y al desarrollo de patrones de movimiento eficientes (Tabla 6).

Tabla 6.

Hitos motores relevantes en la infancia y niñez

Etapas	Edad aproximada	Hitos motores
Infancia temprana	0–2 años	Control cefálico, sedestación, bipedestación, marcha
Infancia media	3–6 años	Correr, lanzar, saltar, equilibrio dinámico
Niñez tardía	7–11 años	Coordinación ojo-mano, velocidad de reacción, precisión

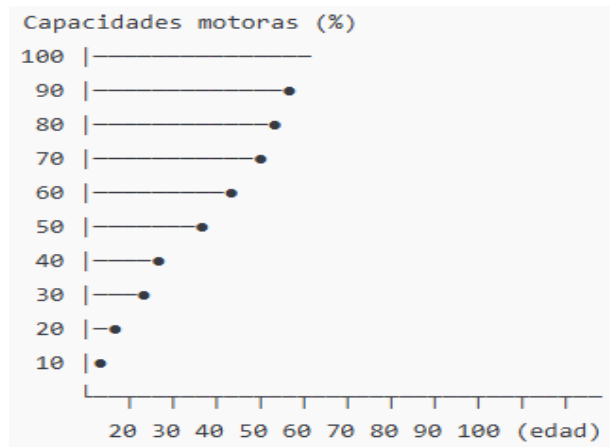
Fuente: Adaptado de Gallahue et al. (2012).

En la adolescencia, la pubertad introduce variaciones en la fuerza, estatura, peso y composición corporal, que pueden afectar transitoriamente el desempeño motor. Es común que los adolescentes experimenten una "incoordinación temporal", producto del estirón puberal (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004).

Durante la adultez joven y media, el desarrollo motor alcanza una etapa de estabilidad. Las habilidades especializadas se mantienen con poca variación si el individuo se mantiene físicamente activo. Sin embargo, hacia la adultez tardía y la vejez, comienzan a evidenciarse signos de deterioro neuromuscular, como la sarcopenia, la pérdida de equilibrio y la reducción de la velocidad de movimiento (Spirduso, Francis & MacRae, 2005), (Gráfico 8).

Gráfico 8.

Declive motor relacionado con la edad



Fuente: Elaboración propia con base en Spirduso et al. (2005).

El declive motor no es uniforme, y puede ser mitigado mediante intervenciones específicas, como el entrenamiento de fuerza, el ejercicio cardiovascular, y la estimulación motora sensorial (Booth et al., 2012). La neuroplasticidad persiste en el envejecimiento, permitiendo la mejora funcional incluso en adultos mayores.

Diversos factores afectan la trayectoria del desarrollo motor (Tabla 7). Estos incluyen:

- Genéticos y epigenéticos: influyen en el tono muscular, la velocidad de reacción y el crecimiento óseo (Fraga & Esteller, 2007).
- Ambientales: como el acceso a oportunidades de juego, la estimulación sensorial, y el nivel socioeconómico (Bronfenbrenner & Morris, 2006).
- Socioculturales: las normas de género, las creencias culturales y el apoyo familiar modulan la práctica y adquisición de habilidades motoras (Haywood & Getchell, 2020).

Tabla 7.

Principales factores que inciden en la trayectoria motora

Categoría	Ejemplos
Biológicos	Maduración neurológica, genética, salud prenatal
Ambientales	Espacios de juego, escolarización, clima
Psicosociales	Motivación, autoestima, entorno familiar
Culturales	Costumbres, prácticas deportivas, género

Fuente: Elaboración de los autores.

La trayectoria del desarrollo motor es un proceso continuo, complejo y multifactorial que abarca desde los primeros movimientos intrauterinos hasta los cambios regresivos en la vejez. Comprender sus etapas y factores moduladores permite diseñar estrategias de intervención personalizadas para potenciar el aprendizaje motor, la autonomía funcional y la calidad de vida en cada fase del ciclo vital. La educación física, la neurorehabilitación y la promoción de la actividad física adaptada deben integrarse como pilares en la gestión del desarrollo motor saludable a lo largo de la vida.

3.1. Hitos motores en la infancia, niñez, adolescencia, adultez y vejez

El desarrollo motor humano representa un eje fundamental del crecimiento integral, ya que condiciona la interacción del individuo con su entorno físico y social. A lo largo del ciclo vital, se manifiestan distintos hitos motores que marcan progresos o retrocesos significativos en la funcionalidad corporal. Estos hitos, entendidos como logros observables en el control del movimiento, responden a un entramado complejo de factores biológicos, psicológicos y ambientales (Gallahue, Ozmun & Goodway, 2012). En este apartado se analizan los principales hitos motores que caracterizan las distintas etapas de la vida: infancia, niñez, adolescencia, adultez y vejez, con el objetivo de comprender su secuencia, variabilidad y significancia adaptativa (Tabla 8).

Tabla 8.

Hitos motores representativos según etapa del ciclo vital

Etapas	Edad aproximada	Hitos motores representativos
Infancia	0–2 años	Sostén cefálico, sedestación, bipedestación, marcha
Niñez	3–11 años	Correr, saltar, lanzar, atrapar, trepar, equilibrio
Adolescencia	12–18 años	Especialización motriz, aumento de fuerza y velocidad
Adultez	20–60 años	Mantenimiento funcional, máximo rendimiento físico
Vejez	>60 años	Declive en fuerza, equilibrio y coordinación

Fuente: Elaboración propia basada en Gallahue et al. (2012) y Spirduso et al. (2005).

3.1.1. Hitos motores en la infancia

La infancia constituye una etapa crítica donde se sientan las bases del desarrollo motor. Desde el nacimiento hasta los dos años, se observan progresos desde reflejos innatos hasta

movimientos voluntarios y coordinados. Entre los principales hitos destacan el control cefálico (aprox. 2 meses), la sedestación sin apoyo (6-7 meses), la bipedestación (9-10 meses) y la marcha independiente (12-15 meses) (Adolph & Franchak, 2017).

Estos hitos reflejan la maduración del sistema nervioso central, especialmente de estructuras como el cerebelo y la corteza motora. Además, la estimulación ambiental, como el "tummy time" o el juego libre en el suelo, es clave para favorecer el desarrollo motor autónomo (Campos et al., 2000).

3.1.2. Hitos motores en la niñez

Durante la niñez (de los 3 a los 11 años), el desarrollo motor se orienta hacia el perfeccionamiento de habilidades locomotoras, manipulativas y posturales, conocidas como habilidades motoras fundamentales. Entre los hitos se incluyen: correr con coordinación, lanzar y atrapar objetos, saltar con ambos pies, trepar, montar bicicleta y mantener el equilibrio dinámico (Haywood & Getchell, 2020).

Esta etapa es particularmente sensible para el aprendizaje de patrones motores estables, ya que el cuerpo está en constante adaptación al crecimiento, pero sin los cambios hormonales abruptos de la pubertad. La motricidad se ve favorecida por la escolarización y la participación en actividades físicas estructuradas, que contribuyen al desarrollo de la competencia motriz percibida (Robinson et al., 2015).

3.1.3. Hitos motores en la adolescencia

En la adolescencia (aprox. 12 a 18 años), los hitos motores están marcados por el afianzamiento de habilidades especializadas, como parte de una mayor exigencia física, deportiva y social. El desarrollo de la fuerza muscular, la velocidad, la agilidad y la coordinación neuromuscular permiten ejecutar movimientos más complejos y eficientes (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004).

No obstante, durante el "estirón puberal" puede aparecer una disminución temporal del control motor, lo que se traduce en movimientos descoordinados y torpes. Esto se debe a un desfase entre el crecimiento óseo, muscular y neurológico. La participación constante en actividades físicas durante esta etapa ayuda a mantener y mejorar la competencia motriz, así como la salud mental y emocional (Strong et al., 2005).

3.1.4. Hitos motores en la adultez

En la adultez temprana y media (20 a 60 años), el desempeño motor se caracteriza por una relativa estabilidad. Se mantienen las capacidades adquiridas, aunque el entrenamiento físico se convierte en un factor determinante para conservar la fuerza, el equilibrio, la resistencia y la flexibilidad (Spirduto, Francis & MacRae, 2005). Algunos hitos destacados incluyen el máximo rendimiento físico en la tercera década y el inicio de declives sutiles a partir de los 40 años.

La adultez también es el período en el que se pueden consolidar rutinas de actividad física que promuevan un envejecimiento saludable. La pérdida progresiva de masa muscular (sarcopenia) puede atenuarse significativamente con ejercicios de resistencia y fuerza (Booth et al., 2012).

3.1.5. Hitos motores en la vejez

La vejez (60 años en adelante) está asociada con un declive funcional progresivo, reflejado en la pérdida de fuerza, equilibrio, velocidad de reacción y coordinación. Los hitos motores en esta etapa incluyen dificultades para levantarse de una silla sin apoyo, caminar sin ayuda, subir escaleras o mantener la estabilidad en superficies irregulares (Woollacott & Shumway-Cook, 2002).

Sin embargo, es importante subrayar que el envejecimiento no implica una pérdida inevitable e irreversible de la función motora. La práctica regular de actividad física adaptada permite preservar habilidades esenciales para la autonomía y la calidad de vida, retrasando la aparición de la fragilidad (Nelson et al., 2007).

Los hitos motores son manifestaciones tangibles del desarrollo neuromuscular y funcional del ser humano a lo largo del ciclo vital. Su análisis permite entender cómo se estructura el aprendizaje motor, identificar periodos críticos o sensibles, y establecer estrategias de promoción de la salud a través del movimiento. La estimulación temprana, el acceso a la actividad física y el mantenimiento de estilos de vida activos son factores determinantes para optimizar el rendimiento motor en todas las etapas y prevenir la dependencia funcional en la vejez. Desde una perspectiva integradora, la educación física, la rehabilitación y las políticas públicas deben actuar en sinergia para garantizar el derecho al movimiento como expresión de bienestar y autonomía.

3.2. Cambios estructurales y funcionales en cada etapa

El movimiento humano no es un fenómeno estático, sino un proceso dinámico y adaptativo que evoluciona desde el nacimiento hasta la vejez. El desarrollo motor se encuentra intrínsecamente relacionado con transformaciones estructurales del cuerpo y con cambios funcionales en la manera en que se controla y ejecuta el movimiento. Comprender esta relación permite una visión integral de la maduración, estabilidad y declive motriz a lo largo del ciclo vital. En este contexto, la figura 7 “Cambios estructurales y funcionales vinculados al desarrollo motor en el ciclo vital” proporciona una síntesis visual de las principales modificaciones que impactan la motricidad en distintas etapas del desarrollo humano.

Etapa	Cambios estructurales	Cambios funcionales
Infancia	• Mielinización progresiva del SNC • Desarrollo de la musculatura proximal • Incremento del peso y longitud corporal	• Adquisición del control postural • Emergencia de patrones locomotores • Transición de reflejos a movimientos voluntarios
Niñez	• Refinamiento de conexiones neuronales • Crecimiento óseo constante • Mejora de la proporción cabeza-torso-extremidades	• Mejora de la coordinación intersegmentaria • Consolidación de habilidades especializadas
Adolescencia	• Pico de crecimiento (estirón puberal) • Aumento de masa muscular y densidad ósea • Cambios hormonales (testosterona, estró-	• Mantenimiento del rendimiento motor si hay actividad física regular • Disminución progresiva de la velocidad de reacción sin entrenamiento
Vejez	• Sarcopenia (pérdida de masa muscular) • Disminución de densidad ósea y talla • Degeneración articular y neuronal	• Reducción de fuerza, equilibrio y coordinación • Aumento del riesgo de caídas • Lento procesamiento motor y mayor fatiga

Figura 7. Cambios estructurales y funcionales vinculados al desarrollo motor en el ciclo vital. Fuente: Elaboración propia basada en Gallahue et al. (2012), Malina et al. (2004), Spirduso et al. (2005), y Haywood & Getchell (2020).

Durante la infancia, los cambios estructurales se centran en el desarrollo del sistema nervioso central (SNC), particularmente en la mielinización progresiva, que mejora la velocidad de transmisión nerviosa y permite el surgimiento de movimientos voluntarios controlados (Adolph & Franchak, 2017). Este proceso, junto con el incremento del peso corporal y la consolidación de la musculatura proximal, sienta las bases para el control postural, la emergencia de patrones locomotores básicos y la transición desde los reflejos primitivos hacia acciones dirigidas.

Estos avances funcionales no se producen de forma aislada, sino que requieren de un entorno rico en estimulación sensorial y oportunidades de movimiento libre. La plasticidad cerebral en esta etapa es particularmente elevada, lo que convierte la infancia en una “ventana de oportunidad” para intervenciones que optimicen el desarrollo motor (Campos et al., 2000).

La niñez se caracteriza por un crecimiento estructural más estable, donde se destacan el crecimiento óseo continuo, el refinamiento sináptico y una mejor proporción corporal entre cabeza, torso y extremidades. Estos cambios permiten un mayor equilibrio estructural y eficiencia biomecánica, lo que facilita la adquisición de habilidades motoras fundamentales como correr, saltar, lanzar y atrapar (Gallahue, Ozmun & Goodway, 2012).

Desde el punto de vista funcional, se observa una mejora significativa en la coordinación intersegmentaria y en la consolidación de habilidades motrices especializadas. Es en esta etapa donde la práctica motriz intencionada, como la participación en deportes o juegos reglados, juega un papel esencial para el perfeccionamiento técnico del movimiento (Haywood & Getchell, 2020).

En la adolescencia, el cuerpo atraviesa un proceso de reorganización profunda, con cambios estructurales como el estirón puberal, el aumento de masa muscular y densidad ósea, y la influencia de hormonas sexuales como la testosterona y los estrógenos (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Estos cambios crean una nueva morfología corporal que requiere reajustes neuromotores.

Funcionalmente, la adolescencia permite el máximo potencial físico, aunque muchas veces se acompaña de una etapa de incoordinación temporal debido a la rapidez del crecimiento. No obstante, si existe una práctica sistemática, puede observarse un alto rendimiento motor, especialmente en habilidades complejas o deportivas.

La adultez representa un período de relativa estabilidad estructural, donde el cuerpo alcanza su forma y tamaño óptimos. Sin embargo, a partir de los 30-40 años, comienzan a manifestarse cambios graduales como la pérdida de elasticidad muscular y una leve disminución de la densidad ósea (Spirduto, Francis & MacRae, 2005).

Desde el plano funcional, se mantiene un rendimiento motor elevado, siempre y cuando exista una rutina de actividad física. La velocidad de reacción y la capacidad de recuperación disminuyen si no hay entrenamiento regular, lo que demuestra que el mantenimiento funcional en la adultez no depende tanto de la biología como del comportamiento.

La vejez implica cambios estructurales regresivos como la sarcopenia, la disminución de la talla y la degeneración articular y neuronal. Estos factores comprometen la integridad del aparato locomotor y generan una mayor vulnerabilidad frente a lesiones, caídas o pérdida de autonomía (Woollacott & Shumway-Cook, 2002).

A nivel funcional, se observa una reducción en fuerza, equilibrio, coordinación y velocidad de procesamiento motor. Sin embargo, la investigación ha demostrado que la actividad física adaptada es capaz de ralentizar estos efectos, mejorar la funcionalidad diaria y preservar la independencia durante más tiempo (Nelson et al., 2007).

3.3. Influencia del entorno, la cultura y el contexto social

El desarrollo motor humano no es solo producto de la maduración biológica, sino también resultado de una compleja interacción con el entorno físico, cultural y social en el que se desenvuelve el individuo. Desde la primera infancia hasta la vejez, la forma en que las personas se mueven, aprende habilidades motoras y conservan su funcionalidad está mediada por factores externos que pueden facilitar o limitar su evolución. En este sentido, resulta imprescindible analizar cómo el entorno físico, la cultura y el contexto social influyen en la trayectoria motora del ser humano, considerando las diferentes etapas del ciclo vital.

El entorno físico comprende tanto las condiciones naturales (clima, geografía, espacio disponible) como los recursos artificiales (infraestructura, equipamiento, accesibilidad). En la infancia, por ejemplo, el acceso a espacios amplios y seguros para el juego libre favorece la exploración corporal, la locomoción y la coordinación visuomotriz (Tremblay et al., 2015). Por el contrario, la urbanización excesiva, la inseguridad y el sedentarismo tecnológico limitan la estimulación motriz en edades tempranas.

Durante la niñez y la adolescencia, el entorno escolar y comunitario puede ofrecer oportunidades clave para el desarrollo de habilidades motoras especializadas a través de la educación física, el deporte y el juego reglado (Stodden et al., 2008). Asimismo, en la adultez y la vejez, un entorno que favorezca la movilidad, como parques accesibles, ciclovías, rampas o instalaciones para actividad física, contribuye a mantener la funcionalidad y prevenir el deterioro motor.

La cultura influye poderosamente en la forma en que se valora, estimula y regula el movimiento en las distintas etapas del desarrollo. Existen prácticas culturales que promueven o inhiben ciertas habilidades motrices. Por ejemplo, en algunas culturas africanas o asiáticas,

se estimula tempranamente la bipedestación y la marcha mediante porteo activo o ejercicios tradicionales (Super & Harkness, 1986). En contraste, en otros contextos, se tiende a sobreproteger al niño, retrasando la independencia motriz.

Asimismo, la cultura moldea las expectativas de género en la motricidad, promoviendo, por ejemplo, la fuerza y la competitividad en niños varones, mientras que se espera delicadeza y pasividad en niñas, lo cual limita el acceso igualitario a experiencias motrices diversificadas (Thomas & French, 1985).

En la vejez, las creencias culturales sobre el envejecimiento también influyen. En sociedades donde la vejez es vista como etapa pasiva y limitada, los adultos mayores tienden a adoptar comportamientos sedentarios. Por el contrario, culturas que promueven la actividad física en la vejez, como en ciertos países escandinavos o asiáticos, muestran mejores índices de funcionalidad y menor dependencia (Chodzko-Zajko et al., 2009).

El contexto social incluye las relaciones interpersonales y las condiciones económicas, educativas y políticas que rodean al individuo. En la infancia, el nivel educativo y actitud de los cuidadores es fundamental. Padres activos y conscientes del valor del movimiento suelen propiciar ambientes motrices ricos, mientras que la negligencia o el desconocimiento puede conducir a retrasos en el desarrollo motor (Bronfenbrenner & Morris, 2006).

En la adolescencia y adultez, el apoyo social y la pertenencia a grupos deportivos o recreativos favorece la adherencia a prácticas físicas, mientras que entornos marcados por el estrés, la inseguridad o la pobreza pueden restringir las oportunidades motrices (Bailey et al., 2009).

La vejez, es una etapa especialmente vulnerable a los condicionantes sociales. El aislamiento, la pobreza o la falta de políticas públicas inclusivas pueden acelerar el deterioro motor. En cambio, comunidades con redes de apoyo, programas de actividad física para mayores y cultura de envejecimiento activo permiten prolongar la funcionalidad e independencia motriz (Nelson et al., 2007).

El desarrollo motor no puede entenderse de forma aislada del entorno en el que se produce. A lo largo del ciclo vital, el entorno físico, la cultura y el contexto social ejercen una influencia determinante sobre las oportunidades de movimiento, el aprendizaje de habilidades y el mantenimiento de la funcionalidad. Una perspectiva biopsicosocial que integre estos factores es esencial para promover políticas públicas inclusivas, estrategias

educativas efectivas y programas de intervención motriz que respeten las diferencias contextuales y culturales. El derecho al movimiento debe ser reconocido como un derecho humano fundamental, sustentado en condiciones equitativas para todas las personas en todas las etapas de su vida.

3.4. Desarrollo motor típico vs. Atípico

El desarrollo motor constituye una dimensión esencial del crecimiento humano, ya que posibilita la exploración del entorno, la comunicación y la autonomía funcional. Aunque existe una secuencia esperada en la adquisición de habilidades motrices, no todos los individuos transitan este proceso de la misma manera. En este contexto, se hace necesario diferenciar entre desarrollo motor típico, que sigue un curso predecible en tiempo y forma, y desarrollo motor atípico, que se caracteriza por desviaciones significativas en la secuencia, velocidad o calidad de las habilidades motoras (Gallahue, Ozmun & Goodway, 2012). Este ensayo examina las características de ambos tipos de desarrollo, sus causas principales, manifestaciones clínicas y la importancia de la detección temprana e intervención.

El desarrollo motor típico hace referencia al proceso secuencial y organizado por el cual los individuos adquieren habilidades motrices desde el nacimiento hasta la adultez, de acuerdo con parámetros de referencia evolutiva. Este desarrollo está influenciado por la maduración del sistema nervioso central, el crecimiento corporal y la estimulación ambiental (Haywood & Getchell, 2020).

A pesar de seguir una secuencia general –control cefálico, sedestación, bipedestación, marcha, etc.–, existe una variabilidad individual normal en cuanto a la edad de adquisición, que no necesariamente implica patología. Lo relevante es que el desarrollo avance de manera progresiva y funcional. La práctica, la repetición y la motivación son factores clave en la consolidación de habilidades motoras en contextos típicos (Adolph & Robinson, 2015).

Por contraste, el desarrollo motor atípico se define como una alteración significativa en el patrón esperado de adquisición de habilidades motoras, ya sea por retraso, desorganización, disminución de calidad o ausencia de ciertos hitos (Blank et al., 2019). Este tipo de desarrollo puede estar asociado a condiciones neurológicas, genéticas, musculoesqueléticas o ambientales adversas.

Algunas de las formas más comunes de desarrollo motor atípico incluyen:

- Retraso motor global: el niño adquiere los hitos con varios meses de diferencia respecto a lo esperado.
- Trastorno del desarrollo de la coordinación (TDC): hay torpeza motriz persistente que interfiere con la vida diaria (Zwicker et al., 2012).
- Parálisis cerebral: daño neurológico no progresivo que afecta el tono, la postura y el movimiento.
- Síndrome de Down: asociado a hipotonía, laxitud ligamentosa y retraso en la marcha y coordinación.

Estas condiciones no solo afectan el aspecto motor, sino que tienen repercusiones en la interacción social, el juego, la autonomía y el aprendizaje académico.

Uno de los pilares más importantes en la atención del desarrollo motor atípico es la detección precoz. Los primeros años de vida son fundamentales por la alta neuroplasticidad del sistema nervioso, lo cual permite mejores resultados con intervenciones tempranas (Shonkoff & Phillips, 2000).

La intervención debe ser individualizada y multidisciplinar, incluyendo fisioterapia, terapia ocupacional, estimulación sensorial y, cuando sea necesario, apoyo psicológico y educativo. La participación activa de la familia y el entorno escolar es también esencial para generalizar los aprendizajes motores a contextos naturales (Case-Smith & O'Brien, 2015).

Además, es importante considerar que el desarrollo atípico no implica una imposibilidad absoluta de alcanzar funcionalidad. Muchos niños con dificultades motoras pueden mejorar significativamente sus habilidades con los apoyos adecuados, desarrollando estrategias compensatorias que les permitan la participación social.

El análisis comparativo entre el desarrollo motor típico y atípico permite comprender mejor la diversidad del proceso madurativo humano. Mientras que el desarrollo típico sigue trayectorias relativamente previsibles, el desarrollo atípico evidencia la necesidad de comprensión, diagnóstico diferencial e intervención temprana. Reconocer estas diferencias no solo facilita la inclusión educativa y social, sino que también permite diseñar programas que valoren las capacidades individuales. Desde un enfoque humanista y funcional, todos los niños y niñas, independientemente de sus trayectorias, tienen derecho a explorar, moverse y desarrollarse en entornos que respeten sus tiempos y potencialidades.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN Y MEDICIÓN DEL DESARROLLO MOTOR

La evaluación y medición del desarrollo motor constituyen procesos fundamentales en el ámbito de las ciencias del movimiento humano, la educación física, la fisioterapia y la psicomotricidad. Estas prácticas permiten comprender la evolución de las habilidades motrices desde la infancia hasta la adultez, identificar posibles desviaciones del desarrollo típico y diseñar intervenciones oportunas y efectivas. Sin embargo, es necesario debatir críticamente los enfoques, métodos y criterios que sustentan estas prácticas, pues una medición inadecuada puede conducir a diagnósticos erróneos o a intervenciones ineficaces.

Es esencial diferenciar entre evaluación y medición. La medición implica la obtención de datos cuantitativos a partir de pruebas estandarizadas, como el tiempo en una carrera de velocidad o la cantidad de repeticiones en un salto. Por su parte, la evaluación abarca un proceso más amplio, que incluye la interpretación cualitativa de los resultados, considerando el contexto, las características individuales y las condiciones del entorno (Gallahue & Ozmun, 2006). Esta distinción es clave para evitar una visión reduccionista del desarrollo motor, que se limite a números sin considerar la complejidad del fenómeno.

Los instrumentos más utilizados para la medición del desarrollo motor, como la Test of Gross Motor Development (TGMD-3), el Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT-2), o la Escala de Desarrollo Psicomotor de la Primera Infancia de Haizea-Llevant, han demostrado confiabilidad y validez en diversos contextos. No obstante, su aplicación requiere una adecuada capacitación y un conocimiento profundo del desarrollo motor típico y atípico. Además, estos instrumentos deben ser culturalmente sensibles, ya que las habilidades motoras pueden variar según las prácticas sociales, las condiciones del entorno y las oportunidades de movimiento que ofrece cada contexto (Causgrove Dunn et al., 2021).

Un aspecto problemático de la medición del desarrollo motor es su frecuente uso con fines comparativos y normativos. Si bien las normas de desarrollo permiten ubicar a un niño dentro de un percentil poblacional, también pueden generar etiquetas o juicios que no consideran las diferencias individuales. Esto es especialmente preocupante en poblaciones con necesidades educativas especiales o en contextos socioeconómicos vulnerables, donde el acceso a oportunidades motrices puede estar restringido (Haywood & Getchell, 2020). En

este sentido, la evaluación debe orientarse no solo a diagnosticar, sino a comprender y potenciar el desarrollo motor en función de las posibilidades reales de cada persona.

La evaluación formativa y continua del desarrollo motor cobra relevancia en los entornos escolares y terapéuticos. Evaluar no debe ser solo un acto puntual, sino un proceso sistemático que permita monitorear los avances, identificar dificultades emergentes y adaptar las estrategias pedagógicas o de intervención. Esto implica una visión dinámica del desarrollo motor, entendiendo que este no es lineal, sino que está sujeto a múltiples factores como la motivación, la maduración neurológica, la estimulación del entorno y la experiencia práctica (Payne & Isaacs, 2016).

Es crucial promover una evaluación ética y humanizada del desarrollo motor. Esto significa respetar la dignidad de cada individuo evaluado, evitar etiquetas limitantes y considerar a la persona en su totalidad: no solo como un cuerpo que se mueve, sino como un ser en desarrollo que siente, piensa, se relaciona y se transforma. Como afirman Goodway et al. (2019), “la competencia motriz debe evaluarse no solo en función de estándares técnicos, sino considerando el contexto ecológico, afectivo y social del sujeto”.

La evaluación y medición del desarrollo motor son herramientas esenciales para comprender, acompañar y potenciar el crecimiento humano. Sin embargo, estas prácticas deben sustentarse en enfoques integrales, éticos y contextualizados, que superen la mera cuantificación y promuevan una verdadera comprensión del movimiento como expresión de vida. En este desafío, educadores, investigadores y profesionales del movimiento humano tienen la responsabilidad de renovar constantemente sus métodos y criterios, para que la evaluación sea un medio de inclusión, desarrollo y bienestar.

4.1. Herramientas y métodos de evaluación cualitativa y cuantitativa

La evaluación del desarrollo motor ha evolucionado desde enfoques meramente clínicos hacia modelos más integrales que permiten entender las trayectorias motrices de individuos en diversas etapas del ciclo vital. En este proceso, las herramientas y métodos de evaluación cualitativa y cuantitativa han emergido como estrategias complementarias, cada una con enfoques, alcances y limitaciones particulares. La adecuada combinación de ambas puede ofrecer una visión más rica y contextualizada del desarrollo motor humano.

4.1.1. Fundamentos de los métodos cuantitativos y cualitativos en la evaluación motriz.

La evaluación cuantitativa se basa en la obtención de datos objetivos y mensurables a través de pruebas estandarizadas, cronómetros, dinamómetros, sensores de movimiento o software de análisis biomecánico. Estos métodos permiten determinar con precisión variables como el tiempo de reacción, la velocidad de ejecución, la fuerza muscular, la coordinación visomotriz o la estabilidad postural (Gallahue & Ozmun, 2006). Este enfoque resulta especialmente útil en contextos donde se requiere una comparación normativa o el seguimiento de cambios longitudinales.

La evaluación cualitativa busca interpretar aspectos más subjetivos y contextuales del comportamiento motor, como la fluidez del movimiento, el estilo personal, la adecuación a las condiciones del entorno o la calidad del desempeño. Herramientas como listas de cotejo, escalas de observación, diarios de campo o grabaciones audiovisuales permiten analizar los patrones motrices desde una perspectiva holística (Payne & Isaacs, 2016). Esta estrategia es especialmente valiosa en la educación física, la psicomotricidad y la atención a la diversidad funcional.

Para comprender mejor las diferencias y potencialidades de cada enfoque, se presenta a continuación una tabla comparativa (Tabla 9):

Tabla 9.

Comparación entre enfoques

Aspectos	Evaluación Cuantitativa	Evaluación Cualitativa
Objetivo	Medir y comparar rendimientos	Comprender la calidad del desempeño
Tipo de datos	Números, puntuaciones, tiempos	Descripciones, narrativas, registros observacionales
Instrumentos frecuentes	TGMD-3, BOT-2, cronómetro, sensores	Escalas cualitativas, rúbricas, vídeos, diarios de campo
Validez científica	Alta replicabilidad y confiabilidad	Alta profundidad contextual, pero menos replicable
Aplicación	Deporte, investigación experimental	Educación, psicomotricidad, inclusión
Limitaciones	Reducción del fenómeno a cifras aisladas	Subjetividad, posible sesgo del observador
Ventaja principal	Permite comparación objetiva con estándares normativos	Brinda comprensión integral de la ejecución

Fuente: Elaboración propia con base en Gallahue & Ozmun (2006), Haywood & Getchell (2020) y Payne & Isaacs (2016).

4.1.2. Herramientas más utilizadas en ambos enfoques

Entre las herramientas cuantitativas más reconocidas se encuentran:

- TGMD-3 (Test of Gross Motor Development): evalúa habilidades locomotoras y de control de objetos en niños.
- BOT-2 (Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency): útil para evaluar precisión, agilidad y coordinación.
- MABC-2 (Movement Assessment Battery for Children): ampliamente utilizada para diagnosticar Trastornos del Desarrollo de la Coordinación.

Por el lado cualitativo, herramientas como las siguientes ganan relevancia:

- Escalas de observación como la de Cools et al. (2009) para evaluar habilidades motoras básicas en educación física.
- Rúbricas de desempeño adaptadas al contexto escolar o terapéutico.
- Análisis de video con codificación etnográfica, útil en estudios de caso o intervenciones personalizadas.
- Reflexión crítica sobre la complementariedad metodológica

Una mirada integradora reconoce que ambas aproximaciones no deben estar en oposición, sino que deben considerarse complementarias y sinérgicas. En la práctica educativa o clínica, medir no basta: también es necesario interpretar. Por ejemplo, un niño puede tener una baja puntuación en una prueba de equilibrio, pero un análisis cualitativo puede revelar que dicha ejecución se ve afectada por ansiedad o falta de motivación, aspectos que no son capturados por el dato numérico (Goodway et al., 2019).

En este sentido, la evaluación multimétodo representa una de las prácticas más recomendables en la actualidad. Esta estrategia permite triangular datos, aumentar la validez del diagnóstico y tomar decisiones más informadas sobre intervenciones pedagógicas o terapéuticas (Causgrove Dunn et al., 2021). Además, favorece una visión más humanizada y contextualizada del sujeto evaluado, superando la objetivación excesiva del rendimiento motor.

La evaluación del desarrollo motor no puede limitarse a una única forma de mirar el movimiento. Tanto los métodos cuantitativos como los cualitativos aportan herramientas valiosas para comprender la complejidad del desarrollo motor en distintas etapas del ciclo vital. Su articulación permite no solo diagnosticar con mayor precisión, sino también diseñar

intervenciones más éticas, contextualizadas y efectivas. En un mundo cada vez más diverso e interconectado, el reto no es elegir entre cifras o narrativas, sino construir puentes metodológicos que favorezcan una evaluación verdaderamente significativa.

4.2. Tests estandarizados (Peabody, TGMD, MABC, etc.)

La evaluación del desarrollo motor constituye un pilar fundamental en la detección temprana de alteraciones, la planificación de intervenciones educativas y terapéuticas, y el seguimiento de trayectorias motrices en niños, adolescentes y adultos. En este escenario, los tests estandarizados han ganado protagonismo como herramientas objetivas, fiables y comparables, capaces de proporcionar datos cuantificables sobre las habilidades motoras gruesas y finas. Sin embargo, su uso requiere una mirada crítica y contextualizada que permita superar la simple aplicación mecánica de protocolos.

Los tests estandarizados permiten evaluar habilidades motrices de forma sistemática mediante procedimientos validados que garantizan comparabilidad interindividual e intraindividual. Estas pruebas han sido desarrolladas a partir de normativas poblacionales, lo que permite ubicar al evaluado dentro de un percentil, facilitando así el diagnóstico de retrasos o dificultades motoras (Gallahue & Ozmun, 2006). Su uso es frecuente en entornos clínicos, escolares, deportivos y de investigación.

La estandarización no implica neutralidad. Todo instrumento refleja los valores, contextos y objetivos para los que fue diseñado. Por ello, es fundamental considerar aspectos como la validez cultural, la adecuación al contexto educativo y la capacidad de los profesionales para aplicar e interpretar los resultados (Haywood & Getchell, 2020).

A continuación, se presentan algunas de las pruebas estandarizadas más utilizadas a nivel internacional para evaluar el desarrollo motor en población infantil y adolescente, junto con sus principales características (Tabla 10).

Tabla 10.

Comparación de pruebas estandarizadas en desarrollo motor

Test	Edad objetivo	Componentes evaluados	Ámbito de aplicación	Ventajas
Peabody (PDMS-2)	0-6 años	Motricidad gruesa, fina e integración visomotriz	Clínico, terapéutico, educativo	Evaluación precoz; alta fiabilidad
TGMD-3	3-10 años	Habilidades locomotoras y de control de objetos	Educación física, investigación	Rápido, fácil de aplicar y con validez ecológica

MABC-2	3-16 años	Destreza manual, puntería, equilibrio estático y dinámico	Diagnóstico de TDC, orientación pedagógica	Sensible a trastornos del desarrollo
BOT-2	4-21 años	Coordinación bilateral, agilidad, fuerza, precisión motora	Escolar, clínico, deportivo	Aplicación más amplia en edad y habilidad
Körperkoordinationstest (KTK)	5-14 años	Coordinación dinámica general	Escolar, psicomotricidad	No requiere habilidades técnicas específicas

Fuente: Adaptado de Cools et al. (2009), Goodway et al. (2019), y Robinson et al. (2015).

A continuación, se incluye una figura conceptual que agrupa los principales tests en función de su foco motriz (grueso vs. fino), aplicabilidad clínica o educativa, y rango de edad (Figura 8).

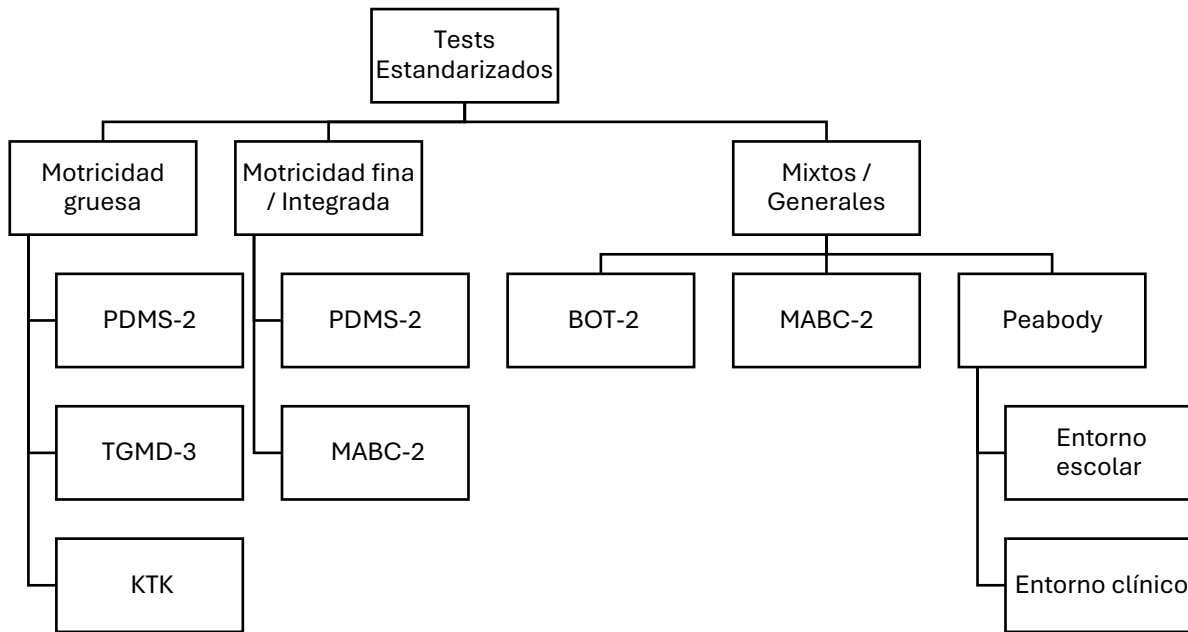


Figura 8. Clasificación funcional de tests estandarizados para evaluar el desarrollo motor. Fuente: Elaboración propia de los autores.

Pese a sus virtudes, los tests estandarizados no deben asumirse como la única vía válida para evaluar el desarrollo motor. Diversos autores advierten que la excesiva dependencia de pruebas normativas puede generar sesgos diagnósticos, especialmente en contextos donde los estándares poblacionales no se corresponden con las realidades culturales o socioeconómicas del evaluado (Causgrove Dunn et al., 2021).

Además, estos instrumentos no capturan dimensiones cualitativas del movimiento, como el estilo personal, la expresividad corporal o la motivación intrínseca, aspectos

fundamentales en el desarrollo integral. Por ello, se recomienda articular los tests estandarizados con estrategias cualitativas como la observación sistemática, el análisis de video o las entrevistas con padres y docentes (Payne & Isaacs, 2016).

En contextos escolares, la aplicación de tests como el TGMD-3 puede ofrecer datos útiles para adaptar el currículo de educación física, identificar necesidades específicas de apoyo y fomentar el desarrollo de competencias motrices básicas. En el ámbito clínico, pruebas como el MABC-2 o el PDMS-2 resultan valiosas para establecer planes de intervención terapéutica individualizados.

Los tests estandarizados constituyen herramientas valiosas para la evaluación objetiva del desarrollo motor. Su validez, confiabilidad y utilidad diagnóstica los convierten en aliados fundamentales en los campos educativo, terapéutico y deportivo. No obstante, su uso debe estar acompañado de una lectura crítica y contextualizada, así como de metodologías complementarias que permitan comprender la complejidad del movimiento humano. Solo así se logrará una evaluación verdaderamente significativa, ética y orientada al desarrollo integral.

4.3. Importancia de la detección temprana de retrasos o alteraciones

El desarrollo motor es un proceso fundamental del crecimiento humano que refleja la maduración neurológica, la interacción con el entorno y la progresiva adquisición de habilidades funcionales. Detectar de forma temprana los retrasos o alteraciones en este proceso no solo es clave para intervenir oportunamente, sino también para evitar consecuencias a largo plazo en el desarrollo físico, cognitivo, emocional y social. Desde un enfoque biopsicosocial, la detección precoz se convierte en un acto preventivo, ético y estratégico para garantizar el bienestar integral durante el ciclo vital.

Los primeros años de vida representan una ventana de oportunidad única para el desarrollo motor, debido a la alta plasticidad cerebral en la infancia (Kolb & Gibb, 2017). En esta etapa, las neuronas establecen conexiones sinápticas con rapidez, y las experiencias motrices influyen directamente en la organización funcional del sistema nervioso. Cualquier alteración no identificada a tiempo puede generar desajustes persistentes en el esquema corporal, la coordinación, el equilibrio, la postura o el control del movimiento (Payne & Isaacs, 2016).

Según Gallahue y Ozmun (2006), las alteraciones más comunes incluyen dificultades en la coordinación motora, torpeza, debilidad muscular, problemas de equilibrio o retrasos en hitos como sentarse, gatear o caminar. Si estas condiciones no son abordadas a tiempo, pueden comprometer la participación del niño en actividades escolares, deportivas y sociales.

La siguiente tabla resume los principales beneficios de detectar precozmente los retrasos o alteraciones motrices (Tabla 11):

Tabla 11.

Beneficios de la detección temprana del retraso motor

Dimensión	Beneficios de la detección temprana
Neurobiológica	Aprovecha la plasticidad cerebral para reorganizar circuitos motores afectados.
Psicológica	Reduce el impacto emocional de la frustración al mejorar la autoeficacia del niño.
Social	Facilita la integración escolar y la participación en juegos cooperativos.
Educativa	Permite adaptar los contenidos motrices en educación física o recreación.
Terapéutica	Optimiza la eficacia de programas de intervención fisioterapéutica o psicomotriz.
Familiar	Empodera a los cuidadores con pautas de estimulación adecuadas en el hogar.

Fuente: Elaboración propia con base en Causgrove Dunn et al. (2021) y Haywood & Getchell (2020).

Entre las estrategias más eficaces para la detección temprana se encuentran los tests estandarizados como el PDMS-2, el MABC-2 o el Denver II. Estos instrumentos permiten identificar patrones atípicos de desarrollo, comparar con normas poblacionales y orientar hacia una evaluación más profunda (Goodway et al., 2019). Además, la observación sistemática en entornos escolares, consultas pediátricas o sesiones de juego estructurado puede revelar señales de alerta que no son visibles en contextos clínicos.

Por ejemplo, un niño de 4 años que evita subir escaleras, corre con desequilibrio o presenta agarres ineficaces para escribir puede estar mostrando indicadores tempranos de trastorno del desarrollo de la coordinación (TDC). Si esta condición se detecta antes de los 6 años, las intervenciones basadas en ejercicios funcionales, neuroeducación o integración sensorial pueden mejorar significativamente su desempeño (Zwicker et al., 2012).

La detección temprana no solo tiene implicaciones clínicas, sino también sociales y pedagógicas. Un niño que no puede participar en actividades físicas por retrasos motores

puede experimentar exclusión, baja autoestima y menor rendimiento académico (Haywood & Getchell, 2020). Por ello, los docentes, cuidadores y profesionales de la salud deben trabajar coordinadamente, promoviendo una cultura de atención temprana, sin estigmas ni etiquetas.

Además, en contextos rurales o con baja cobertura en salud, es urgente implementar programas comunitarios de detección precoz, empoderando a agentes educativos y familias para reconocer signos de alerta y activar rutas de derivación.

La detección temprana de alteraciones en el desarrollo motor es una acción prioritaria para garantizar el desarrollo integral en la infancia. Al identificar a tiempo los signos de alerta y activar intervenciones personalizadas, se potencia la neuroplasticidad, se previenen secuelas funcionales y se favorece la inclusión social. Por tanto, es imperativo que las instituciones educativas, de salud y familia trabajen de forma articulada, implementando herramientas confiables, accesibles y contextualizadas. Solo así se construye una atención verdaderamente oportuna, equitativa y transformadora.

4.4. Consideraciones éticas y prácticas en la investigación aplicada

La investigación aplicada en el campo del desarrollo motor tiene como objetivo resolver problemas reales que afectan a niños, adolescentes, adultos mayores y personas con condiciones motrices específicas. A diferencia de la investigación básica, que se orienta a la generación de conocimiento teórico, la investigación aplicada busca transformar prácticas, diseñar intervenciones y mejorar la calidad de vida de los individuos. No obstante, esta labor exige una profunda reflexión ética y práctica, ya que implica la participación de seres humanos, muchos de ellos en situación de vulnerabilidad. En este sentido, actuar con responsabilidad ética no es solo un requisito legal, sino un imperativo moral y científico.

Uno de los principios fundamentales de toda investigación con personas es el respeto por la dignidad humana, consagrado en códigos internacionales como la Declaración de Helsinki (WMA, 2013) o las normas del Comité de Ética del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS, 2016). En el caso del desarrollo motor, donde se trabaja frecuentemente con niños pequeños, personas con discapacidad, adultos mayores o pacientes con patologías neurológicas, la protección de derechos debe ser aún más rigurosa (Haywood & Getchell, 2020).

Esto implica obtener consentimiento informado de padres, cuidadores o representantes legales, garantizar la voluntariedad de la participación, proteger la confidencialidad de los datos, y minimizar todo tipo de riesgos físicos o emocionales. Además, se debe evitar cualquier forma de explotación, discriminación o daño, incluso cuando el estudio tenga una intención benéfica (Goodway et al., 2019).

Más allá del marco ético, la investigación aplicada en desarrollo motor debe enfrentar desafíos prácticos que comprometen la validez, aplicabilidad y sostenibilidad de los resultados. Entre ellos, destacan:

- Diseño metodológico sensible al contexto: los instrumentos y procedimientos deben adaptarse a la realidad cultural, educativa y socioeconómica de los participantes (Payne & Isaacs, 2016).
- Formación y sensibilidad del investigador: quien aplica tests o realiza observaciones debe poseer no solo competencia técnica, sino también empatía y capacidad de comunicación.
- Acceso e inclusión: muchos estudios excluyen sin justificación a niños con discapacidad, minorías étnicas o poblaciones rurales, lo cual empobrece la validez ecológica del conocimiento generado (Causgrove Dunn et al., 2021).
- Vinculación con las comunidades: una buena práctica es incluir a docentes, terapeutas y familias como colaboradores en el proceso de investigación, favoreciendo el enfoque participativo.
- Retroalimentación e impacto: los resultados no deben quedarse en publicaciones académicas, sino regresar a quienes participaron y traducirse en mejoras concretas en la práctica educativa o clínica.

La ética en investigación no debe limitarse al cumplimiento formal de normas, sino que debe formar parte del compromiso social del investigador. En contextos como la educación física, la terapia ocupacional o la fisioterapia, donde los resultados pueden tener un impacto directo en la calidad de vida de las personas, actuar con ética implica también asegurarse de que la investigación sea útil, accesible y comprensible para quienes más la necesitan.

Como señala Robinson et al. (2015), “el verdadero valor de la investigación aplicada en motricidad humana no reside en el número de publicaciones, sino en su capacidad para generar cambio social, educativo y sanitario”. Por tanto, los investigadores deben desarrollar

habilidades para dialogar con múltiples actores, adaptar sus métodos a realidades complejas y rendir cuentas a las comunidades con las que trabajan.

Las consideraciones éticas y prácticas en la investigación aplicada al desarrollo motor son esenciales para garantizar la integridad del proceso científico, proteger a los participantes y generar conocimientos relevantes. Una investigación sin ética puede ser técnicamente perfecta, pero moralmente inaceptable; del mismo modo, una investigación sin aplicación práctica pierde su razón de ser en campos orientados al bienestar humano. Por tanto, el futuro de la investigación en desarrollo motor debe articular ciencia, compromiso social y sensibilidad humana, poniendo siempre en el centro a la persona en movimiento (Tabla 12).

Tabla 12.

Principios éticos y desafíos prácticos en investigación aplicada

Aspectos	Consideración ética/práctica	Acciones recomendadas
Respeto por la persona	Consentimiento informado, privacidad, voluntariedad	Formularios claros, sesiones informativas, confidencialidad
Justicia e inclusión	Equidad en el acceso a la participación	Evitar exclusiones injustificadas, adaptar materiales
Beneficencia	Minimizar riesgos, maximizar beneficios	Evaluación previa de riesgos; diseño de intervenciones seguras
Validez contextual	Relevancia cultural, lingüística y funcional	Traducir pruebas, validar en poblaciones locales
Impacto social	Aplicación real de los hallazgos	Divulgación en escuelas, hospitales o comunidades

Fuente: Elaboración propia con base en CIOMS (2016), Payne & Isaacs (2016), y Gallahue & Ozmun (2006).

CAPÍTULO 5

APLICACIONES PRÁCTICAS Y PERSPECTIVAS FUTURAS EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO MOTOR

El estudio del desarrollo motor ha dejado de ser una disciplina confinada a la observación del crecimiento infantil para convertirse en un campo multidisciplinario con profundas implicaciones en la educación, la salud, el deporte, la neurorehabilitación y la tecnología. La comprensión del movimiento humano como un proceso dinámico, influenciado por factores biológicos, ambientales y socioculturales, ha permitido ampliar las aplicaciones prácticas del conocimiento motor y proyectar nuevos horizontes hacia la intervención, la prevención y la mejora de la calidad de vida en todas las etapas del ciclo vital.

Una de las aplicaciones más consolidadas del estudio del desarrollo motor se encuentra en el ámbito educativo, particularmente en la educación física infantil. Las investigaciones han demostrado que la competencia motriz durante la infancia está estrechamente relacionada con la autoestima, la participación social y el rendimiento académico (Robinson et al., 2015). Programas escolares bien estructurados, basados en la evaluación del desarrollo motor, permiten diseñar actividades ajustadas al nivel de cada niño y prevenir dificultades futuras.

En el ámbito clínico y terapéutico, los hallazgos en neurodesarrollo han sido fundamentales para diseñar intervenciones en poblaciones con alteraciones motoras como la parálisis cerebral, el trastorno del desarrollo de la coordinación (TDC) o el espectro autista. El uso de herramientas como la terapia basada en tareas, la fisioterapia neuroevolutiva y los programas de integración sensorial ha mostrado eficacia cuando se implementan a edades tempranas (Causgrove Dunn et al., 2021).

En el campo deportivo, la evaluación del desarrollo motor es clave para la detección del talento temprano, el diseño de programas de iniciación deportiva y la prevención de lesiones. La aplicación de principios de control motor y aprendizaje motor permite optimizar el rendimiento de atletas desde edades infantiles hasta la élite profesional (Payne & Isaacs, 2016).

La tecnología también ha contribuido con herramientas innovadoras como sensores inerciales, plataformas de fuerza, análisis de movimiento por video y aplicaciones móviles

que permiten realizar evaluaciones precisas, incluso en contextos remotos o escolares con recursos limitados (Haywood & Getchell, 2020).

Mirando hacia el futuro, las perspectivas del estudio del desarrollo motor apuntan a una mayor integración interdisciplinaria. La neurociencia, por ejemplo, aporta hallazgos sobre la plasticidad cerebral y el rol de la experiencia motriz en la organización cortical, abriendo nuevas vías para la rehabilitación y el aprendizaje (Kolb & Gibb, 2017). La genética y la epigenética comienzan a identificar marcadores que predisponen a ciertos patrones motrices o a dificultades en el control postural y locomotor.

La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático ya se están aplicando al análisis del movimiento para detectar patrones de disfunción o predecir rendimientos deportivos. En educación, las plataformas adaptativas podrían personalizar experiencias de aprendizaje motor en tiempo real, ajustándose a la evolución del niño (Brian et al., 2021).

También se proyecta una creciente necesidad de evaluar el desarrollo motor en adultos mayores, en el marco del envejecimiento saludable. Las caídas, la sarcopenia y los síndromes de inmovilidad pueden prevenirse o ralentizarse si se monitorean y estimulan las habilidades motrices desde edades intermedias, incluso mediante videojuegos activos o entornos virtuales.

Entre los desafíos futuros se destacan:

- Universalizar el acceso a la evaluación y estimulación motora, especialmente en zonas rurales o vulnerables.
- Crear bancos de datos longitudinales internacionales que permitan comprender las trayectorias motrices a lo largo de la vida.
- Estudiar el impacto de la digitalización temprana (uso de pantallas, reducción del juego libre) en el desarrollo motor infantil.
- Desarrollar políticas públicas integrales que reconozcan el desarrollo motor como un derecho y un determinante clave de la salud.

El estudio del desarrollo motor tiene aplicaciones prácticas cada vez más amplias y relevantes en la educación, la salud, el deporte y la tecnología. Al mismo tiempo, enfrenta nuevos desafíos en un mundo caracterizado por el envejecimiento poblacional, la digitalización y la necesidad de inclusión. Las perspectivas futuras apuntan a una ciencia más interdisciplinaria, personalizada y centrada en el bienestar. Comprender el movimiento como

una expresión integral de la vida humana es clave para construir sociedades más activas, saludables y equitativas.

5.1. Intervenciones educativas, terapéuticas y deportivas

El desarrollo motor constituye un pilar esencial en el crecimiento humano, no solo desde el punto de vista funcional, sino también como expresión de autonomía, interacción social y bienestar integral. Por ello, las intervenciones educativas, terapéuticas y deportivas que buscan estimular, recuperar o perfeccionar el movimiento humano deben ser diseñadas desde un enfoque interdisciplinario, centrado en la persona, adaptado al contexto y fundamentado en la evidencia científica. Cada ámbito de intervención aporta herramientas específicas, pero su impacto se potencia cuando se integran en función de las necesidades particulares del individuo.

Enfoque educativo: formar desde el movimiento

La escuela constituye un escenario clave para el desarrollo de las habilidades motrices fundamentales, ya que es donde niños y niñas adquieren competencias locomotoras, manipulativas y posturales básicas. Desde la educación física, la recreación y la psicomotricidad se pueden implementar intervenciones que estimulen no solo el movimiento, sino también la autoestima, la cooperación y la percepción corporal (Gallahue & Ozmun, 2006).

Programas como el “Modelo de competencia motriz” o el enfoque basado en el juego activo han demostrado ser eficaces para mejorar la coordinación, la agilidad y la motivación hacia la actividad física (Robinson et al., 2015). Además, la atención a la diversidad motriz en el aula, mediante estrategias de inclusión y adaptación curricular, permite prevenir exclusiones y promover una cultura de equidad.

Enfoque terapéutico: recuperar la funcionalidad

En el ámbito terapéutico, las intervenciones motrices se orientan a mejorar el desempeño funcional en personas con trastornos del neurodesarrollo, lesiones neurológicas o déficits musculoesqueléticos. Profesionales como fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y psicomotricistas emplean métodos como:

- La neurorehabilitación motora basada en tareas significativas.
- La integración sensorial para modular respuestas motoras en población con TEA.

- El concepto Bobath o Vojta, aplicados en parálisis cerebral o hipotonía (Zwicker et al., 2012).
- La intervención temprana, en este contexto, es determinante para aprovechar la plasticidad cerebral, generar aprendizajes funcionales y fomentar la participación en la vida cotidiana (Kolb & Gibb, 2017).

Enfoque deportivo: optimizar el rendimiento

Desde una perspectiva deportiva, las intervenciones en desarrollo motor se centran en potenciar habilidades específicas, mejorar el rendimiento y prevenir lesiones. En edades tempranas, los programas multideportivos y de iniciación motriz favorecen la consolidación de patrones motores fundamentales que servirán de base para la especialización futura (Haywood & Getchell, 2020).

La detección temprana del talento, la evaluación del control postural, la coordinación intermuscular y la planificación de cargas según la maduración biológica son prácticas clave en academias deportivas y clubes. Sin embargo, es fundamental evitar la hipercompetencia y el entrenamiento excesivo, ya que pueden afectar negativamente el desarrollo integral (Payne & Isaacs, 2016).

Si bien cada enfoque tiene su propio campo de acción, los desafíos actuales exigen una mirada integradora. Por ejemplo, un niño con dificultades motoras puede beneficiarse simultáneamente de un programa terapéutico con fisioterapia, una intervención educativa adaptada y una participación recreativa en deportes. Esta sinergia entre ámbitos promueve un desarrollo más completo, humano y contextualizado.

Además, las tecnologías emergentes como la realidad virtual, los videojuegos activos, las apps de seguimiento motor o los sistemas de captura de movimiento ofrecen nuevas oportunidades para intervenir de manera atractiva, precisa y personalizada (Brian et al., 2021).

Las intervenciones educativas, terapéuticas y deportivas en el desarrollo motor son pilares complementarios de una estrategia integral para promover la salud, la funcionalidad y la participación social. Lejos de ser compartimentos estancos, estas disciplinas deben dialogar, compartir conocimientos y coordinar esfuerzos para responder a las múltiples realidades de las personas en movimiento. Solo así será posible diseñar entornos más

accesibles, inclusivos y promotores del potencial humano a través del cuerpo y el movimiento (Tabla 13).

Tabla 13.

Características de las intervenciones por ámbito

Ámbito	Objetivo principal	Técnicas empleadas	Población destinataria
Educativo	Desarrollar habilidades motrices básicas y valores	Juegos, circuitos, actividades dirigidas, adaptaciones	Niños/as en edad escolar, con y sin necesidades especiales
Terapéutico	Recuperar o mejorar funciones motoras específicas	Terapias neuromotoras, estimulación sensorial, tareas funcionales	Personas con TDC, parálisis cerebral, daño neurológico
Deportivo	Optimizar el rendimiento y prevenir lesiones	Entrenamientos planificados, evaluaciones biomecánicas	Atletas infantiles, juveniles y de alto rendimiento

Fuente: Elaboración propia basada en Gallahue & Ozmun (2006), Goodway et al. (2019), y Zwicker et al. (2012).

5.2. Rol del desarrollo motor en la inclusión y la salud pública

Desde la salud pública, el desarrollo motor debe ser considerado un determinante de salud. La evidencia científica ha demostrado que una competencia motriz adecuada en la infancia se relaciona con mayor actividad física, menor riesgo de enfermedades crónicas, mejor salud mental y envejecimiento activo (Robinson et al., 2015).

Además, la promoción de la actividad motriz no solo previene la inactividad física — considerada por la OMS como el cuarto factor de riesgo de mortalidad global—, sino que también reduce la carga económica de enfermedades no transmisibles como la obesidad, la diabetes tipo 2 o la depresión (OMS, 2018).

La falta de oportunidades motrices en entornos escolares, urbanos o rurales desfavorecidos constituye una forma de desigualdad estructural. Por eso, integrar el desarrollo motor en las estrategias de salud pública significa diseñar políticas que aseguren el acceso a la actividad física, el juego libre, la educación física de calidad y servicios de intervención oportuna (Haywood & Getchell, 2020).

Pese a la evidencia, persisten múltiples barreras para integrar el desarrollo motor en los planes de inclusión y salud pública: falta de formación en los docentes, escasos recursos terapéuticos en zonas rurales, brechas en el acceso a espacios seguros para el juego, y políticas educativas que priorizan lo académico sobre lo corporal.

No obstante, las oportunidades son crecientes: iniciativas globales como la estrategia de actividad física de la OMS, las políticas de inclusión educativa y los programas intersectoriales entre salud, deporte y educación permiten pensar en un futuro donde el desarrollo motor sea un derecho garantizado para todas las personas, sin importar su condición física, cognitiva, social o cultural.

El desarrollo motor es un factor clave para lograr sociedades más inclusivas, saludables y equitativas. Su promoción no debe ser vista como un asunto exclusivo del ámbito deportivo o terapéutico, sino como una responsabilidad social y un eje de las políticas públicas. Asegurar que todos los cuerpos puedan moverse, aprender y participar activamente desde la infancia hasta la vejez no solo mejora la calidad de vida individual, sino que fortalece la cohesión social y reduce desigualdades. En definitiva, poner en movimiento a las personas es también poner en movimiento a las comunidades hacia un horizonte más justo (Tabla 14).

Tabla 14.

Articulación del desarrollo motor con la inclusión y la salud pública

Dimensión	Conexión con el desarrollo motor	Implicaciones prácticas
Inclusión educativa	Favorece la participación de niños con y sin discapacidad en entornos comunes	Adaptación curricular, juego inclusivo, formación docente
Equidad social	Disminuye la exclusión por barreras físicas o de acceso a actividades motrices	Espacios accesibles, políticas públicas inclusivas
Salud física	Previene obesidad, enfermedades cardiovasculares, sarcopenia, caídas	Promoción de actividad física desde la infancia
Salud mental	Mejora la autoestima, reduce ansiedad y estrés	Intervenciones comunitarias basadas en el movimiento
Salud pública preventiva	Disminuye costos en salud a largo plazo	Políticas de educación física universal, espacios recreativos seguros

Fuente: Elaboración propia con base en OMS (2018), Robinson et al. (2015), y Goodway et al. (2019).

5.3. Nuevas tecnologías aplicadas: sensores, inteligencia artificial, realidad virtual

El avance de la tecnología ha transformado profundamente la manera en que se analiza, estimula y rehabilita el desarrollo motor humano. Herramientas como los sensores de movimiento, la inteligencia artificial (IA) y la realidad virtual (RV) están revolucionando tanto la investigación como la práctica educativa, terapéutica y deportiva. Estas tecnologías

no solo permiten una medición más precisa del desempeño motor, sino que además promueven la personalización de las intervenciones, el acceso remoto a terapias y la gamificación del aprendizaje. En este contexto, integrar la tecnología al estudio del desarrollo motor no es una opción futurista, sino una necesidad contemporánea para lograr mayor efectividad, inclusión y equidad.

Los sensores inerciales (IMU), los acelerómetros, giroscopios y plataformas de fuerza han abierto una nueva era en la cuantificación objetiva del movimiento. A través de ellos, es posible registrar parámetros cinemáticos como la aceleración, velocidad angular, desplazamiento y equilibrio en tiempo real y en entornos naturales, fuera del laboratorio (Payne & Isaacs, 2016).

Estos dispositivos permiten realizar evaluaciones funcionales en niños, adultos mayores o personas con discapacidad sin necesidad de equipos voluminosos ni costosos. Su aplicación ha sido particularmente útil en la detección temprana de alteraciones en la marcha, desequilibrios posturales o déficit en la coordinación, tanto en contextos escolares como clínicos (Haywood & Getchell, 2020). Además, integrados con apps móviles, ofrecen una herramienta accesible para el seguimiento del progreso y la retroalimentación personalizada.

La inteligencia artificial (IA) está redefiniendo los métodos de análisis del comportamiento motor al permitir el procesamiento de grandes volúmenes de datos de forma rápida, eficiente y con capacidad de aprendizaje automatizado. A través de algoritmos de machine learning, la IA puede identificar patrones motrices típicos y atípicos, anticipar riesgos de deterioro motor, y recomendar intervenciones ajustadas al perfil individual (Brian et al., 2021).

Por ejemplo, en programas de educación física o fisioterapia, se han desarrollado sistemas que detectan movimientos incorrectos en tiempo real, sugiriendo correcciones posturales automáticas o adaptando el nivel de dificultad de los ejercicios. En investigación, la IA permite mejorar la precisión diagnóstica, reducir la subjetividad en la observación y realizar análisis longitudinales de trayectorias motrices con fines preventivos o terapéuticos.

Además, su integración en robots sociales o dispositivos de asistencia inteligente está abriendo posibilidades en la rehabilitación motora de personas con parálisis, Parkinson, accidentes cerebrovasculares o trastornos del espectro autista.

La realidad virtual (RV) representa otra herramienta transformadora en el campo del desarrollo motor, al ofrecer entornos interactivos, controlados y motivantes para el aprendizaje y la rehabilitación. A través de gafas VR o pantallas envolventes, los usuarios pueden interactuar con escenarios simulados que estimulan el movimiento, la coordinación y el equilibrio, generando retroalimentación inmediata.

Uno de los principales aportes de la RV es su capacidad para incrementar la motivación y la adherencia a las intervenciones, especialmente en niños y adolescentes. En el ámbito terapéutico, se ha demostrado que la RV mejora significativamente el equilibrio en personas con daño neurológico, estimula la plasticidad cerebral y permite transferencias funcionales al entorno real (Zwicker et al., 2012).

La realidad aumentada (RA), una variante menos inmersiva pero más accesible, permite integrar elementos digitales sobre el entorno físico, facilitando el entrenamiento de gestos motores, la identificación de trayectorias o la enseñanza de habilidades deportivas.

A pesar de sus beneficios, el uso de tecnologías avanzadas en el estudio del desarrollo motor también plantea desafíos importantes. Entre ellos, destacan la brecha digital que limita el acceso en poblaciones vulnerables, la necesidad de capacitación especializada por parte de docentes y terapeutas, y las cuestiones éticas relacionadas con la privacidad de los datos biométricos.

Es fundamental recordar que la tecnología no debe sustituir el contacto humano, la empatía ni la comprensión del contexto. Debe ser una herramienta complementaria al juicio profesional y no una solución universal. La interacción motora sigue siendo, ante todo, un fenómeno humano, relacional y situado.

El desarrollo motor, como expresión del cuerpo en acción, está encontrando en las nuevas tecnologías un aliado poderoso para su estudio, evaluación e intervención. Sensores, inteligencia artificial y realidad virtual ofrecen herramientas de alta precisión, personalización y motivación que pueden revolucionar la manera en que enseñamos, rehabilitamos y promovemos el movimiento humano. No obstante, su aplicación debe estar guiada por principios éticos, educativos y sociales que aseguren su equidad, pertinencia y sostenibilidad. Integrar lo mejor de la ciencia del movimiento con la innovación tecnológica es uno de los grandes retos y promesas del siglo XXI.

En las últimas décadas, los videojuegos han dejado de ser vistos exclusivamente como una amenaza al movimiento y la salud física para convertirse en una herramienta de intervención con potencial educativo, terapéutico y deportivo. La emergencia de los videojuegos activos (exergames) y la gamificación de procesos de aprendizaje ha permitido reconceptualizar el rol del juego digital en el desarrollo motor. Si bien persisten desafíos y limitaciones, las investigaciones más recientes destacan su valor para mejorar la motivación, promover la actividad física y estimular habilidades motrices en distintas poblaciones, siempre que su aplicación sea guiada por criterios pedagógicos y científicos.

Los videojuegos activos son aquellos que requieren movimiento corporal real para interactuar con el sistema de juego, como ocurre en consolas con sensores de movimiento (Nintendo Wii, Xbox Kinect, PlayStation Move), plataformas de baile o aplicaciones de realidad aumentada. A diferencia de los videojuegos tradicionales, los exergames obligan al jugador a saltar, correr, lanzar, esquivar u otros gestos motrices que activan el sistema locomotor.

Estos videojuegos han sido utilizados con éxito en entornos escolares, clínicos y recreativos. Diversos estudios han demostrado que los exergames pueden aumentar el gasto energético, mejorar la coordinación, el equilibrio y la velocidad de reacción, especialmente en niños con bajos niveles de actividad física o con dificultades motrices (Staiano & Calvert, 2011). En el caso de adultos mayores, también se han utilizado para prevenir caídas y estimular la función cognitiva, mediante juegos que exigen atención, memoria y agilidad motora (Rosenberg et al., 2020).

Más allá del videojuego en sí, la gamificación consiste en aplicar dinámicas de juego (puntos, niveles, recompensas, retroalimentación inmediata) a contextos no lúdicos como la educación física o la rehabilitación motora. Su objetivo es aumentar la motivación intrínseca, el compromiso y la perseverancia en actividades que pueden ser repetitivas o desafiantes.

Por ejemplo, en procesos de fisioterapia infantil, se han implementado sistemas gamificados donde los pacientes deben completar "misiones motrices" para avanzar de nivel, recibir recompensas simbólicas o competir en tableros virtuales con otros usuarios. Esto ha demostrado mejorar la adherencia a los tratamientos, aumentar la frecuencia de las sesiones y favorecer la recuperación funcional (Deutsch et al., 2015).

En el ámbito educativo, la gamificación ha transformado clases de educación física en experiencias más atractivas, donde se combinan desafíos cooperativos, competencias lúdicas y narrativas que vinculan el movimiento con el juego simbólico y la exploración creativa (García-González et al., 2020).

Una de las ventajas clave de los videojuegos activos y la gamificación es su capacidad de adaptarse a diferentes edades, niveles motrices y contextos. Niños con trastornos del desarrollo motor, adolescentes con bajo interés en el deporte, adultos en procesos de rehabilitación y personas mayores con riesgo de dependencia pueden beneficiarse de estas estrategias cuando son bien diseñadas.

Los videojuegos y plataformas digitales pueden favorecer la inclusión de personas con discapacidad, al permitir ajustes en la dificultad, el tiempo de reacción o los controles del juego. También ofrecen entornos seguros para la práctica repetida, sin la presión social que a veces existe en los espacios físicos.

Aunque los beneficios son numerosos, no se deben ignorar los riesgos. Un uso indiscriminado o sin acompañamiento puede generar sedentarismo compensatorio, aislamiento social, adicción o disminución del juego libre en la naturaleza. Además, no todos los videojuegos activos son igualmente efectivos ni apropiados para todos los perfiles. La clave está en seleccionar herramientas validadas, diseñadas con objetivos motrices claros y supervisadas por profesionales de la salud o la educación.

Es importante asegurar la equidad en el acceso a estas tecnologías, ya que la brecha digital puede dejar fuera a niños y familias en contextos de vulnerabilidad. Por ello, la implementación de videojuegos activos debe estar enmarcada en políticas públicas y proyectos comunitarios que garanticen el acceso y el acompañamiento pedagógico necesario.

Los videojuegos activos y la gamificación representan una oportunidad innovadora para enriquecer las estrategias de promoción del desarrollo motor en todas las etapas de la vida. Al integrar movimiento, juego y tecnología, estas herramientas pueden aumentar la motivación, democratizar el acceso a la actividad física y complementar programas educativos y terapéuticos. No obstante, su aplicación debe ser crítica, contextualizada y basada en evidencia, para garantizar que el juego digital no reemplace, sino que potencie, la experiencia corporal integral del ser humano en movimiento.

5.4. Retos y oportunidades en la investigación interdisciplinaria

El desarrollo motor humano, como proceso complejo e influenciado por múltiples factores biológicos, psicológicos, sociales y ambientales, exige una mirada que trascienda los límites de las disciplinas tradicionales. En las últimas décadas, la interdisciplinariedad ha emergido como una necesidad epistémica y metodológica para comprender mejor cómo las personas adquieren, modifican y utilizan sus habilidades motrices a lo largo de la vida. Sin embargo, esta perspectiva, aunque enriquecedora, también implica desafíos estructurales, teóricos y prácticos que deben ser abordados para consolidar una ciencia del movimiento más inclusiva, precisa y contextualizada.

Históricamente, el desarrollo motor ha sido estudiado principalmente desde la educación física y la fisioterapia, con aportes valiosos en la descripción de etapas, hitos y patrones de movimiento. No obstante, actualmente es imposible concebir el estudio del desarrollo motor sin integrar saberes provenientes de la neurociencia, la psicología, la sociología, la pedagogía, la genética o la ingeniería biomédica, entre otras disciplinas (Payne & Isaacs, 2016).

Por ejemplo, los aportes de la neurociencia han permitido identificar la relación entre plasticidad cerebral y aprendizaje motor, lo que ha transformado las estrategias de intervención terapéutica en la infancia. Al mismo tiempo, la psicología ha revelado cómo los factores motivacionales y emocionales condicionan el desempeño motor. Desde la ingeniería, la creación de sensores, robots de asistencia y plataformas interactivas ha abierto nuevos caminos para la evaluación y el tratamiento del movimiento (Haywood & Getchell, 2020).

Esta integración de saberes posibilita un abordaje más holístico del sujeto en movimiento, entendiendo que el desarrollo motor no es solo un proceso físico, sino una manifestación de la relación entre cuerpo, mente y entorno.

Uno de los principales desafíos de la investigación interdisciplinaria es el diálogo entre lenguajes, métodos y marcos teóricos distintos. Cada disciplina posee su propia tradición conceptual, terminología y enfoque metodológico, lo cual puede generar tensiones o malentendidos al momento de diseñar investigaciones conjuntas (Cannon et al., 2021).

Existen barreras institucionales que dificultan el trabajo colaborativo: planes de estudio pocos integradores, estructuras universitarias departamentales que segmentan el conocimiento, y sistemas de financiamiento que priorizan proyectos disciplinares. En

muchos contextos, la investigación interdisciplinaria es vista como un riesgo académico, ya que no se ajusta fácilmente a las métricas tradicionales de productividad científica.

Es frecuente que los equipos interdisciplinarios enfrenten desafíos metodológicos, como la dificultad para combinar datos cualitativos y cuantitativos, integrar escalas de análisis (neural, conductual, social) o consensuar criterios de evaluación de resultados.

A pesar de estos obstáculos, la investigación interdisciplinaria en desarrollo motor ofrece oportunidades únicas. Una de ellas es la posibilidad de abordar problemáticas complejas con mayor profundidad, como los trastornos del desarrollo de la coordinación (TDC), el impacto de la tecnología en la motricidad infantil o la relación entre pobreza, nutrición y habilidades motoras.

Los enfoques interdisciplinarios favorecen la innovación tecnológica, al conectar necesidades reales con soluciones desde distintos campos. Por ejemplo, la colaboración entre neurocientíficos, ingenieros y terapeutas ha dado lugar a dispositivos de realidad virtual aplicados a la rehabilitación motriz, mientras que las alianzas entre educadores y diseñadores de software han impulsado videojuegos activos con objetivos pedagógicos (Brian et al., 2021).

Otro aspecto positivo es que este tipo de investigación promueve la formación de profesionales con pensamiento crítico, flexible y colaborativo, capaces de trabajar en equipos diversos y resolver problemas del mundo real con una visión amplia e inclusiva.

Superar los retos de la interdisciplinariedad requiere transformaciones culturales e institucionales. Es fundamental fomentar espacios de encuentro entre disciplinas, crear programas académicos integradores, y establecer marcos éticos y metodológicos que faciliten el trabajo conjunto. También es clave valorar el conocimiento contextual, la participación de la comunidad y el diálogo entre la ciencia y las prácticas sociales.

La interdisciplinariedad no debe entenderse como una simple suma de saberes, sino como un proceso de co-construcción del conocimiento, donde se reconoce la complejidad del movimiento humano como fenómeno emergente, dinámico y situado.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática realizada pone de manifiesto que el desarrollo motor humano es un proceso altamente complejo, dinámico y multifactorial, que no puede comprenderse adecuadamente desde una única disciplina o enfoque teórico. Lejos de ser un fenómeno exclusivamente biológico o mecánico, el desarrollo motor es el resultado de la interacción entre sistemas neuromusculares, factores genéticos y epigenéticos, condiciones ambientales, prácticas socioculturales y experiencias individuales, todo ello mediado por una constante retroalimentación entre percepción y acción.

Desde una perspectiva evolutiva, los hallazgos destacan que el desarrollo motor no sigue una trayectoria rígida o universal, sino que se caracteriza por su variabilidad interindividual e intraindividual, dependiendo de la etapa del ciclo vital, del entorno y del acceso a oportunidades motrices significativas. En este sentido, teorías contemporáneas como la del sistema dinámico, el enfoque ecológico y la teoría del control motor jerárquico han contribuido a superar las visiones deterministas y lineales, reconociendo la autoorganización, la adaptabilidad y la no linealidad del proceso motor.

Uno de los aportes más relevantes de esta revisión es la consolidación de la idea de que el desarrollo motor constituye un pilar central del desarrollo humano integral, ya que no solo permite la adquisición de habilidades funcionales para la vida cotidiana, sino que también facilita el desarrollo cognitivo, emocional, social y comunicativo. Este carácter transversal del movimiento ha sido evidenciado en múltiples estudios que relacionan la competencia motora con el rendimiento académico, la salud mental, la autonomía personal y la participación social, lo cual exige una mirada más holística en el diseño de políticas educativas, sanitarias y deportivas.

Se evidenció una creciente tendencia hacia la integración de tecnologías emergentes en el estudio y promoción del desarrollo motor, tales como la inteligencia artificial, los sensores portátiles, la robótica asistida y la realidad virtual. Estas herramientas no solo permiten una evaluación más precisa y continua de las habilidades motoras, sino que también abren posibilidades innovadoras para la intervención personalizada en contextos de rehabilitación, educación inclusiva y promoción de la actividad física en poblaciones con necesidades especiales.

Pese a estos avances, la revisión también revela vacíos importantes en la literatura. Entre ellos, la escasa inclusión de poblaciones diversas (por ejemplo, comunidades rurales, pueblos indígenas, personas con discapacidad), la limitada articulación entre investigación básica y aplicada, y la necesidad de estudios longitudinales que permitan comprender los efectos a largo plazo de las experiencias motrices en la salud y el bienestar general. Además, persisten desafíos éticos y metodológicos que requieren ser abordados con mayor rigurosidad, especialmente en investigaciones con infancia temprana o personas en situación de vulnerabilidad.

El análisis sugiere que el desarrollo motor debe ser promovido desde una perspectiva intersectorial, donde confluyan la ciencia, la política pública, la educación, la salud y la cultura, entendiendo que el movimiento humano no es solo un objeto de estudio, sino una herramienta poderosa para la transformación social. La equidad en el acceso a entornos ricos en estímulos motores, la formación continua de profesionales del movimiento y la generación de conocimiento contextualizado y culturalmente pertinente constituyen desafíos urgentes para las próximas décadas.

REFERENCIAS

- Abd-Elmonem, AM, Ali, HA, Saad-Eldien, SS, Abd El-Nabie, Washington, & Rabiee, A. (2023). Effect of physical training on motor function of ambulant children with diplegia after selective dorsal rhizotomy: A randomized controlled study. *Neurorehabilitation*, 53(4), pp. 547–556.
- Adolph, K. E., & Hoch, J. E. (2019). Motor development: Embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual Review of Psychology*, 70, 141–164. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102836>
- Bailey, R., Hillman, C., Arent, S., & Petitpas, A. (2009). Physical activity: An underestimated investment in human capital? *Journal of Physical Activity and Health*, 6(3), 269–285.
- Baldwin, J. M. (1895). The origin of a 'Thing' and its nature. *Psychological Review*, 2(6), pp. 551–573.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W.H. Freeman.
- Barnett, LM, Hnatiuk, JA, Salmón, J., & Hesketh, KD. (2019). Modifiable factors which predict children's gross motor competence: A prospective cohort study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1), 129.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). Neurociencia: La exploración del cerebro (4.^a ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Becker, R.F. (1975). The gamma system and its relation to the development and maintenance of muscle tone. *Journal of the American Osteopathic Association*, 75(2), pp. 170–187.
- Benítez, A., Schapira, I.T., Aspres, N., ... Galindo, A., & Larguía, M. (2001). Distanced evolution of premature neonates born before the twenty-ninth week of gestation: Morbidity, growth and development during the first 2 years of life. *Saludarte*, 2(4), pp. 19–31.
- Berchtold, N. C., & Cotman, C. W. (2009). Neurogenesis and the plasticity of the developing brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(3), 295–306.
- Berk, L. E. (2020). Desarrollo del niño y del adolescente. Pearson.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 1143–1211. <https://doi.org/10.1002/cphy.c110025>

- Bouchard, C., Malina, R. M., & Pérusse, L. (1997). Genetics of fitness and physical performance. *Human Kinetics*.
- Bracewell, M., & Marlow, N. (2002). Patterns of motor disability in very preterm children. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 8(4), pp. 241–248.
- Brian, A., Goodway, J. D., Logan, S. W., & Stodden, D. F. (2021). *Motor competence and health across the lifespan: An integrative model*. *Quest*, 73(2), 177–194.
- Bronfenbrenner, U., & Morris, P. A. (2006). The bioecological model of human development. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology* (6th ed., Vol. 1, pp. 793–828). Wiley.
- Brunt, D. (1981). Predictive factors of perceptual motor ability in children with meningomyelocele. *American Corrective Therapy Journal*, 35(2), pp. 42–46.
- Causgrove Dunn, J., Wilson, B. N., Cairney, J., & Zwicker, J. G. (2021). *Developmental Coordination Disorder and Its Lifespan Impact*. Routledge.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., et al. (2009). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510–1530.
- Ch'ong, N.V. (1983). Physical condition and work capacity of Vietnamese workers in the People's Republic of Bulgaria. *Problemi na Khigienata*, 8, pp. 28–34.
- CIOMS. (2016). *International Ethical Guidelines for Health-related Research Involving Humans*. Geneva: Council for International Organizations of Medical Sciences.
- Cioni, G., Duchini, F., Milianti, B., ... Boldrini, A., & Ferrari, A. (1993). Differences and variations in the patterns of early independent walking. *Early Human Development*, 35(3), pp. 193–205.
- Clark, J. E., & Metcalfe, J. S. (2002). The mountain of motor development: A metaphor. In J. E. Clark & J. H. Humphrey (Eds.), *Motor development: Research and reviews* (Vol. 2, pp. 163–190). NASPE.
- Cook, A., Encarnação, P., & Adams, K. (2010). Robots: Assistive technologies for play, learning and cognitive development. *Technology and Disability*, 22(3), pp. 127–145.

- Czarnecki, D., Skalski, DW, Graczyk, M.,... Dovgan, O., & Starikov, V. (2022). Physical activity in adolescents as the basis of a healthy lifestyle. *Rehabilitation and Recreation*, 2022(13), pp. 98–106.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., ... & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 330(6009), 1359–1364. <https://doi.org/10.1126/science.1194140>
- Deutsch, J. E., Brettler, A., Smith, C., Welsh, J., John, R., Guarrera-Bowlby, P., ... & Kenyon, R. V. (2015). Nintendo Wii sports and Wii fit game analysis, validation, and application to stroke rehabilitation. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 22(2), 131–139.
- Eyre, J. A., Taylor, J. P., Villagra, F., Smith, M., & Miller, S. (2007). Evidence of activity-dependent withdrawal of corticospinal projections during human development. *Neurology*, 67(8), 1423–1427. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000240221.17784.cd>
- Faris, E. (1919). The psychology of language. *Psychological Bulletin*, 16(3), pp. 93–95.
- Fraga, M. F., & Esteller, M. (2007). Epigenetics and aging: The targets and the marks. *Trends in Genetics*, 23(8), 413–418.
- Gabbard, C. (2018). Lifelong motor development (7th ed.). Pearson.
- Gage, F. H. (2002). Neurogenesis in the adult brain. *The Journal of Neuroscience*, 22(3), 612–613. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.22-03-00612.2002>
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2006). Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults (6th ed.). McGraw-Hill.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2012). Desarrollo motor: fundamentos de la práctica. 5.^a ed. McGraw-Hill.
- García-González, L., Zarazaga, P., & Lera, J. (2020). Gamificación en educación física: motivación, aprendizaje y desarrollo motor. Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación, 37, 189–196.
- Gesell, A. (1940). The Maturation of the Human Personality. In *Child Development* (pp. 1–20).
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Houghton Mifflin.
- Giuriato, M., Biino, V., Bellafore, M.,...Schena, F., & Lanza, M. (2021). Gross Motor Coordination: We Have a Problem! A Study With the Körperkoordinations Test für Kinder in Youth (6–13 Years). *Frontiers in Pediatrics*, 9, 785990.

- Goodway, J. D., Ozmun, J. C., & Gallahue, D. L. (2019). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults* (8th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Gorman, D.R., Zody, J.M., Brown, B.S., DiBrezzo, R., & Edwards, W.H. (1990). Multivariate relationships of IQ with motor performance in children referred to a diagnostic motor development clinic. *Clinical Kinesiology*, 44(4), pp. 107–110.
- Handley-More, D. (2001). Use of word processors to support written communication: An annotated bibliography. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, 21(1), pp. 5–17.
- Haywood, K. M., & Getchell, N. (2019). *Desarrollo motor: una perspectiva de vida*. Human Kinetics.
- Haywood, K. M., & Getchell, N. (2020). *Life Span Motor Development* (7th ed.). Human Kinetics.
- Hefti, F., & Morscher, E. (1985). How much load can a growing skeletal motor apparatus take. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin*, 33(3), pp. 77–84.
- Hinojosa, T., Sheu, C.-F., & Michel, G.F. (2003). Infant Hand-Use Preferences for Grasping Objects Contributes to the Development of a Hand-Use Preference for Manipulating Objects. *Psicobiología del desarrollo*, 43(4), págs. 328–334.
- Hirano, T., Fujioka, K., Okada, M., Iwasa, H., & Kaneko, S. (2004). Physical and psychomotor development in the offspring born to mothers with epilepsy. *Epilepsia*, 45(SUPPL. 8), pp. 53–57.
- Hofstede, G. (1980). *Culture's consequences: International differences in work-related values*. Sage Publications.
- Houwen, S., Hartman, E., & Visscher, C. (2017). Physical activity and motor skills in children with and without visual impairments. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(6), 1239–1244.
- Huttenlocher, P. R. (2002). *Neural plasticity: The effects of environment on the development of the cerebral cortex*. Harvard University Press.
- Jackson, S.A., Treharne, D.A., & Boucher, J. (1997). Rhythm and language in children with moderate learning difficulties. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 32(1), pp. 99–108.

- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Principles of neural science* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Kasatkin, N.I., & Levikova, A.M. (1935). On the development of early conditioned reflexes and differentiations of auditory stimuli in infants. *Journal of Experimental Psychology*, 18(1), pp. 1–19.
- King, I. (1910). Measurements of the physical growth of two children. *Journal of Educational Psychology*, 1(5), pp. 279–286.
- Kirkpatrick, E. A. (1899). The development of voluntary movement. *Psychological Review*, 6(3), pp. 275–281.
- Knudsen, E. I. (2004). Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1412–1425.
<https://doi.org/10.1162/0898929042304796>
- Kolb, B., & Gibb, R. (2011). Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 20(4), 265–276.
- Kolb, B., & Gibb, R. (2017). Plasticity in the developing brain: Research and implications. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 23(2), 89–95.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2015). *An introduction to brain and behavior* (4th ed.). Worth Publishers.
- Krendel, E.S., & McRuer, D.T. (1960). A servomechanisms approach to skill development. *Journal of the Franklin Institute*, 269(1), pp. 24–42.
- Kuhl, P. K. (2010). Brain mechanisms in early language acquisition. *Neuron*, 67(5), 713–727. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.038>
- Kundakovic, M., & Champagne, F. A. (2015). Early-life experience, epigenetics, and the developing brain. *Neuropsychopharmacology*, 40(1), 141–153.
- Langfeld, H.S. (1915). Facilitation and inhibition of motor impulses: A study in simultaneous and alternating finger movements. *Psychological Review*, 22(6), pp. 458–478.
- Lenneberg, E. H. (1967). *Biological foundations of language*. Wiley.
- Lu, P., Hanson, Nueva Jersey, Wen, L., Guo, F., & Tian, X. (2021). Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Muscle Strength of Non-dominant Knee in Healthy Young Males. *Frontiers in Physiology*, 12, 788719.

- MacArthur, D. G., North, K. N., & Yang, N. (2007). Human skeletal muscle function: Role of alpha-actinin-3. *The Anatomical Record*, 290(5), 550–555.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation, and physical activity (2nd ed.). Human Kinetics.
- McGraw, M.B. (1940). Neuromuscular development of the human infant as exemplified in the achievement of erect locomotion. *The Journal of Pediatrics*, 17(6), pp. 747–771.
- Moritani, T., Muramatsu, S., & Muro, M. (1987). Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *American Journal of Physical Medicine*, 66(6), pp. 338–350.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., et al. (2007). Physical activity and public health in older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1435–1445.
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. Wade & H. T. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (pp. 341-359). Martinus Nijhoff.
- O'Halloran, PD, Blackstock, F., Escudos, N.,... Morris, Maine, & Taylor, NF. (2014). Motivational interviewing to increase physical activity in people with chronic health conditions: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 28(12), pp. 1159–1171.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Plan de acción mundial sobre actividad física 2018–2030: Más personas activas para un mundo más sano*. <https://www.who.int/es>
- Papalia, D. E., & Martorell, G. (2019). *Desarrollo humano*. McGraw-Hill.
- Payne, V. G., & Isaacs, L. D. (2020). *Human motor development: A lifespan approach* (10th ed.). Routledge.
- Pellegrini, A. D., & Gustafson, K. (2005). *The Role of Play in Human Development*. Oxford University Press.
- Persson, K., & Strömberg, B. (1995). Structured Observation of Motor Performance (SOMP-I) applied to preterm and full-term infants who needed neonatal intensive care. A cross-sectional analysis of progress and quality of motor performance at ages 0-10 months. *Early Human Development*, 43(3), pp. 205–224.

- Pew, R.W. (1966). Acquisition of hierarchical control over the temporal organization of a skill. *Journal of Experimental Psychology*, 71(5), pp. 764–771.
- Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children*. International Universities Press.
- Pitsiladis, Y. P., Tanaka, M., Eynon, N., et al. (2016). Athlome Project Consortium: A concerted effort to discover genomic and other “omic” markers of athletic performance. *Physiological Genomics*, 48(3), 183–190.
- Poletz, L., Encarnación, P., Adams, K., & Cook, A. (2010). Robot skills and cognitive performance of preschool children. *Technology and Disability*, 22(3), pp. 117–126.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., et al. (2019). *Neuroscience* (6th ed.). Oxford University Press.
- Robinson, L. E., Goodway, J. D., & Brian, A. (2015). Motor skill development research: Bridging the past, present, and future. *Quest*, 67(2), 155-170.
- Robinson, L. E., Stodden, D. F., Barnett, L. M., et al. (2015). *Motor competence and its effect on positive developmental trajectories of health*. *Sports Medicine*, 45(9), 1273–1284.
- Romero, D.H., Lacourse, M.G., Lawrence, K.E., Schandler, S., & Cohen, M.J. (2000). Event-related potentials as a function of movement parameter variations during motor imagery and isometric action. *Behavioural Brain Research*, 117(1-2), pp. 83–96.
- Rosenberg, D., Depp, C. A., Vahia, I. V., Reichstadt, J., Palmer, B. W., Kerr, J., ... & Jeste, D. V. (2020). Exergames for subsyndromal depression in older adults: A pilot study of a novel intervention. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 18(3), 221–226.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Human Kinetics.
- Shimoda, F. (1955). Innervation, especially, sensory innervation of the knee-joint and the motor organs around it in early stage of human embryo. *Archivum histologicum japonicum*, 9(1), pp. 91–107.
- Shirley, M. (1931). The sequential method for the study of maturing behavior patterns. *Psychological Review*, 38(6), pp. 507–528.
- Shonkoff, J. P., & Phillips, D. A. (Eds.). (2000). *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development*. National Academies Press.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2017). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and Human Behavior*. Macmillan.

- Spirduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005). Physical dimensions of aging (2nd ed.). Human Kinetics.
- Staiano, A. E., & Calvert, S. L. (2011). Exergames for physical education courses: Physical, social, and cognitive benefits. *Child Development Perspectives*, 5(2), 93–98.
- Stein, K.B., & Lenrow, P. (1970). Expressive styles and their measurement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 16(4), pp. 656–664.
- Stiles, J., Brown, T. T., Haist, F., & Jernigan, T. L. (2015). Brain and cognitive development. In R. M. Lerner (Ed.), *Handbook of child psychology and developmental science* (7th ed., Vol. 2). Wiley.
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., et al. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity. *Quest*, 60(2), 290–306.
- Streng, B., Koester, D., & Schack, T. (2020). Cognitive Interaction Technology in Sport—Improving Performance by Individualized Diagnostics and Error Prediction. *Frontiers in Psychology*, 11, 597913.
- Sujatha, B., Alagesan, J., Vikram Adhitya, PS, & Somasundaram, S. (2022). Developmental coordination disorder in school children-A systematic review. *Biomedicine India*, 42(6), pp. 1156–1161.
- Super, C. M., & Harkness, S. (1986). The developmental niche: A conceptualization at the interface of child and culture. *International Journal of Behavioral Development*, 9(4), 545–569.
- Telford, RD, Cunningham, RB, & Telford, RM. (2009). Day-dependent step-count patterns and their persistence over 3 years in 810-year-old children: The LOOK project. *Annals of Human Biology*, 36(6), pp. 669–679.
- Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. MIT Press.
- Thomas, J. R., & French, K. E. (1985). Gender differences across age in motor performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 98(2), 260–282.
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2005). *Research methods in physical activity* (5th ed.). Human Kinetics.

- Touali, R., Chakir, EM, El Ouirghioui, A.,... Boujdi, R., & Aziz, E. (2024). Analysis of the behavior of children with asd during physical activity. *Acta Neuropsychologica*, 22(4), pp. 517–529.
- Tremblay, M. S., Gray, C., Babcock, S., et al. (2015). Position statement on active outdoor play. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(6), 6475–6505.
- Vagnetti, R., Cooper, S., Barco, R.,... Magno, F., & Musella, G. (2025). Mapping relationships among gross motor skills in 16,989 children using network analysis. *Scientific Reports*, 15(1), 11591.
- WMA (World Medical Association). (2013). Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. <https://www.wma.net>
- Woodworth, R.S. (1901). Voluntary control of the force of movement. *Psychological Review*, 8(4), pp. 350–359.
- Wu, L. E., & Sinclair, D. A. (2019). Epigenetic regulation of development and aging. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 20(3), 151–161.
- Zhurba, L.T., Mastiukova, E.M., & Aïngorn, E.D. (1980). Retardation of psychomotor development in children during the first year of life. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*, 80(10), pp. 1475–1479.
- Zieff, SG, Guedes, CM, & Wiley, J. (2006). Youth knowledge of physical activity health benefits: A Brazilian case study. *TheScientificWorldJournal*, 6, pp. 1713–1721.
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2012). Developmental coordination disorder: A review and update. *European Journal of Paediatric Neurology*, 16(6), 573–581.

EVALUACIÓN POR PARES

I. Datos del libro

Título:	Perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano
----------------	--

II. Datos del evaluador 1.

Institución:	Universidad de Catania, Italia
Grado académico:	Postdoc. Ph.D. MSc. Lic. Profesora Titular.
Fecha de evaluación:	21/06/2025

III. CRITERIOS Y ESCALA DE EVALUACIÓN

Criterio	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	90-100
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	80-89
No publicable	0-79

IV. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

Asignar puntuación de acuerdo al rango de puntos según corresponda para cada criterio (Favor **sustentar** calificación asignada a cada criterio en el espacio correspondiente).

Criterio de evaluación	Rango/puntos	Puntaje
1. El título permite la identificación del tema tratado, recoge la variable o categoría de estudio.	De 0 a 3	3
2. Los resúmenes aportan suficiente información sobre el contenido de los capítulos.	De 0 a 3	3

• Exponen los objetivos o propósitos. • Enuncian los métodos de la investigación. • Enfoques teóricos que sustentan los capítulos • Principales resultados, discusión y conclusiones. • Palabras clave.		
3. La introducción de los capítulos contiene los siguientes aspectos: • Sitúa adecuadamente el problema u objeto de estudio. • Se enuncian los referentes teóricos y estos son coherentes con los mencionados en los resultados y la discusión. • Se expone la justificación de la investigación. • Finaliza con el objetivo.	De 0 a 4	4
4. La metodología enuncia y desarrolla en los capítulos: • Las variables o categorías de estudio. • El enfoque y alcance de la investigación. • La población y muestra o participantes del estudio. • Las técnicas e instrumentos de recolección de datos. • Las técnicas de procesamiento y análisis de datos. • El método que permite alcanzar el objetivo o propósito propuesto.	De 0-10	9
5. Los capítulos exponen los resultados de la investigación de manera adecuada con el objetivo o propósito descrito.	De 0-10	9
6. La discusión analiza los resultados obtenidos a luz de los elementos teóricos asumidos en la investigación.	De 0-10	9

7. Las conclusiones de los capítulos son coherentes con el (los) objetivo(s) o propósito(s) y están fundamentadas en los resultados o con la(s) tesis presentada(s).	De 0 a 10	10
8. Selectividad: Los capítulos presentados presentan aportaciones válidas y significativas al conocimiento del área desarrollada.	De 0 a 15	15
9. Las fuentes y las referencias son pertinentes y de calidad.	De 0 a 10	9
10. Normalidad: Las investigaciones están organizadas y escritas de forma adecuada para ser comprendida y discutida por la comunidad científica.	De 0 a 10	9
11. Los capítulos presentan elementos originales.	De 0 a 15	12
Calificación total	92	

V. SÍNTESIS EVALUACIÓN INTEGRAL DEL PRODUCTO

Criterios	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	X
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	
No publicable	

VI. OBSERVACIONES GENERALES:

Un libro muy interesante. Se deben mejorar algunos aspectos metodológicos que no restan calidad a la obra.

I. Datos del libro

Título:	Perspectivas científicas sobre el desarrollo motor humano
----------------	--

II. Datos del evaluador 2.

Institución:	Universidad de Granada, España
Grado académico:	Postdoc. Ph.D. MSc. Lic. Professor Titular.
Fecha de evaluación:	04/07/2025

III. CRITERIOS Y ESCALA DE EVALUACIÓN

Criterio	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	90-100
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	80-89
No publicable	0-79

IV. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

Asignar puntuación de acuerdo al rango de puntos según corresponda para cada criterio (Favor **sustentar** calificación asignada a cada criterio en el espacio correspondiente).

Criterio de evaluación	Rango/puntos	Puntaje
12. El título permite la identificación del tema tratado, recoge la variable o categoría de estudio.	De 0 a 3	3
13. Los resúmenes aportan suficiente información sobre el contenido de los capítulos. • Exponen los objetivos o propósitos. • Enuncian los métodos de la investigación. • Enfoques teóricos que sustentan los capítulos	De 0 a 3	3

• Principales resultados, discusión y conclusiones. • Palabras clave.		
14. La introducción de los capítulos contiene los siguientes aspectos: • Sitúa adecuadamente el problema u objeto de estudio. • Se enuncian los referentes teóricos y estos son coherentes con los mencionados en los resultados y la discusión. • Se expone la justificación de la investigación. • Finaliza con el objetivo.	De 0 a 4	4
15. La metodología enuncia y desarrolla en los capítulos: • Las variables o categorías de estudio. • El enfoque y alcance de la investigación. • La población y muestra o participantes del estudio. • Las técnicas e instrumentos de recolección de datos. • Las técnicas de procesamiento y análisis de datos. • El método que permite alcanzar el objetivo o propósito propuesto.	De 0-10	7
16. Los capítulos exponen los resultados de la investigación de manera adecuada con el objetivo o propósito descrito.	De 0-10	8
17. La discusión analiza los resultados obtenidos a luz de los elementos teóricos asumidos en la investigación.	De 0-10	9
18. Las conclusiones de los capítulos son coherentes con el (los) objetivo(s) o propósito(s) y están fundamentadas en los resultados o con la(s) tesis presentada(s).	De 0 a 10	10

19. Selectividad: Los capítulos presentados presentan aportaciones válidas y significativas al conocimiento del área desarrollada.	De 0 a 15	13
20. Las fuentes y las referencias son pertinentes y de calidad.	De 0 a 10	10
21. Normalidad: Las investigaciones están organizadas y escritas de forma adecuada para ser comprendida y discutida por la comunidad científica.	De 0 a 10	10
22. Los capítulos presentan elementos originales.	De 0 a 15	10
Sustentación:		
Calificación total	87	

V. SÍNTESIS EVALUACIÓN INTEGRAL DEL PRODUCTO

Criterios	Rango escala (Puntos)
Publicable con pocas modificaciones	X
Publicable, pero el capítulo requiere modificaciones sustanciales y una nueva evaluación	
No publicable	

VI. OBSERVACIONES GENERALES:

Es una investigación muy actual y necesaria para el desarrollo humano

CERTIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD


CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Libro Desarrollo Motor

8%
Textos sospechosos

3% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
5% Idiomas no reconocidos
0% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Libro Desarrollo Motor.docx
ID del documento: 768eb17e20386baadf13dbd127a46930ef998ea4
Tamaño del documento original: 3,19 MB

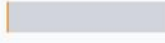
Depositante: DIGNA DIONISIA PEREZ BRAVO
Fecha de depósito: 4/7/2025
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 4/7/2025

Número de palabras: 30.678
Número de caracteres: 212.329

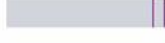
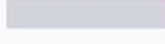
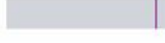
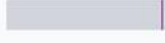
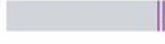
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 www.dspace.uce.edu.ec La percepción de los estudiantes de la carrera de Ped... https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/33735	1%		 Palabras idénticas: 1% (459 palabras)
2	 selloeditorial.fungade.com https://selloeditorial.fungade.com/index.php/fungade/catalog/download/EDURED2023/EDUR...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (58 palabras)
3	 depot-e.uqtr.ca L'amélioration des habiletés motrices fondamentales d'élèves d... https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/7876/1/031384526.pdf 9 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (41 palabras)
4	 www.frontiersin.org Frontiers Gross Motor Coordination: We Have a Problem... https://www.frontiersin.org/journals/pediatrics/articles/10.3389/fped.2021.785990/full 9 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (43 palabras)
5	 revista.redgade.com Desarrollo Motor: Desde una perspectiva integral GADE... https://revista.redgade.com/index.php/Gade/article/view/254 9 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #b160a9 El documento proviene de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	 facultades.unicauca.edu.co https://facultades.unicauca.edu.co/ciarp/sites/documentos/propuestas/Formato-evaluacion-l...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	 hdl.handle.net Cuantificación de la respuesta cardíaca al ejercicio físico en pers... https://hdl.handle.net/11000/28181	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
4	 produccioncientifica.ucm.es La coordinación visomotora https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/6578aef122874a7dd06dbcb68	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
5	 doi.org Habilidades motoras fundamentales en preescolares chilenos Pensar ... https://doi.org/10.15517/pensarmov.v20i1.47902	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  <https://redgade.com/libros/>
-  <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102836>
-  <https://doi.org/10.1002/cphy.c110025>
-  <https://doi.org/10.1126/science.1194140>
-  <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000240221.17784.cd>

SOBRE LOS AUTORES



Mónica Esther Castillo Gómez mecastillo@correo.unicordoba.edu.co; <https://orcid.org/0000-0003-4427-5818> es licenciada en Educación Preescolar, especialista y magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación por la Universidad Pedagógica Nacional. Cuenta con una sólida trayectoria de más de 30 años en el ámbito de la educación superior, particularmente en los campos de la docencia, la investigación, la innovación pedagógica, el liderazgo académico y la gestión curricular. Ha ejercido cargos de alta responsabilidad como decana de la Facultad de Educación y jefe del programa de Educación Infantil de la Universidad de Córdoba, liderando procesos sustantivos de transformación institucional, entre ellos la creación de programas de pregrado, el diseño e implementación de diplomados y cursos de formación docente, así como la coordinación de procesos de autoevaluación y acreditación de calidad, contribuyendo al fortalecimiento académico y organizacional de la institución. Como investigadora, es miembro activa del grupo GII*C (Cognitive Informatics & Cognitive Computing), desde donde ha impulsado proyectos que articulan la educación infantil con el uso crítico de las TIC, el diseño de ambientes virtuales de aprendizaje, la formación docente para la inclusión, y el desarrollo de competencias digitales en contextos educativos diversos. Ha participado como formadora en múltiples convenios interinstitucionales con el Ministerio de Educación Nacional, orientando estrategias pedagógicas mediadas por tecnología en primera infancia y básica primaria. Su enfoque de trabajo integra el pensamiento pedagógico contemporáneo, la investigación-creación en el aula y la transformación digital educativa, con énfasis en el fortalecimiento de las prácticas pedagógicas en territorios rurales y urbanos. Su liderazgo ha sido clave en la promoción de comunidades de aprendizaje y en el impulso a políticas de calidad educativa con pertinencia social.



Jorge Andrés Díaz Bernal, jorgediaz@correo.unicordoba.edu.co; <https://orcid.org/0009-0002-4415-8363>, Psicólogo egresado de la Universidad tecnológica de Bolívar (1999); Abogado de la Universidad del Sinú-Elías Bechara Zainúm (2018), Magister en Educación y Desarrollo humano de la Universidad de Manizales-CINDE (2008). Docente Titular adscrito al Departamento de Psicopedagogía de la Facultad de Educación y Ciencias Humana de la Universidad de Córdoba, Coordinador del semillero Red neuronal del programa de licenciatura en educación infantil. Jefe de la oficina de gestión del Talento Humano de la Universidad de Córdoba.



Roger Elí Torres Vásquez robertorres@correo.unicordoba.edu.co; <https://orcid.org/0000-0002-7910-1589>; Licenciado en Matemáticas y Física. Magister en Educación. Magister en Didáctica Digital. Docente investigador de la Universidad de Córdoba, adscrito al Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Educación y Ciencias Humanas. Cuenta con una trayectoria profesional de más de 25 años en las que ha sido docente en los niveles de básica primaria, secundaria, media y universitaria tanto a nivel de pregrado y posgrado en instituciones públicas y privadas. Ha sido asesor y consultor en materia de pedagogía, currículo, didáctica y en el diseño de políticas y planes territoriales de formación docente y ha participado en la construcción de los últimos dos planes decenales de educación de Montería (Colombia). Sus áreas de investigación incluyen los campos disciplinares de la Didáctica de las Ciencias Naturales y Exactas y los que se relacionan con la educación para la salud, el cuidado y el bienestar. Actualmente se desempeña como jefe del Departamento de Ciencias Naturales de la universidad de Córdoba y como director regional de la maestría en Educación de la red SUE Caribe de Colombia. Pertenece a los grupos de investigación BIMADINO y HUELLAS - Calidad de Vida, ambos clasificados en MinCiencias.

El desarrollo motor humano, como campo de estudio científico, ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, transitando de modelos reduccionistas hacia enfoques complejos, integradores y sistémicos. Esta revisión sistemática permitió visibilizar el valor del movimiento no solo como una manifestación biológica o funcional, sino como una expresión profunda de la relación entre el ser humano, su entorno y su cultura.

Una de las principales lecciones derivadas del cuerpo de literatura revisado es la necesidad de superar las fronteras disciplinares. El desarrollo motor no puede ser comprendido adecuadamente desde una única óptica, ya sea fisiológica, psicológica, pedagógica o sociológica. La interdisciplina, la transdisciplina y la colaboración entre investigadores, educadores, profesionales de la salud y formuladores de políticas se consolidan como caminos imprescindibles para avanzar en la comprensión y aplicación del conocimiento en este campo.

Además, el panorama científico actual exige una mayor sensibilidad hacia los contextos socioculturales y las desigualdades estructurales que limitan el desarrollo motor pleno de muchas personas, especialmente en entornos con escaso acceso a recursos físicos, educativos y tecnológicos. Por ello, se vuelve urgente una agenda de investigación y acción que priorice la equidad motriz, entendida como el derecho universal al juego, al movimiento, a la expresión corporal y a la participación física en condiciones de dignidad y respeto por la diversidad.



