



REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DE DESARROLLO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

TEMA:

**RELACIÓN ENTRE LA EDAD CRONOLÓGICA Y LA MADURACIÓN BIOLÓGICA
EN FUTBOLISTAS ADOLESCENTES, DESDE UNA REVISIÓN NARRATIVA.**

AUTORES:

CEDEÑO MERA JORGE LUIS

TERAN CHAVEZ MARIA JOSE

TUTOR:

DR. HORACIO AQUILES GONZALEZ GONZALEZ

MILAGRO, 2026

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Jorge Luis Cedeño Mera**, en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación **Salud Pública y Bienestar Humano Integral** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, Julio 2026



**Jorge Luis Cedeno
Mera**

JORGE LUIS CEDEÑO MERA
C.I.: 1311891319

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **María José Terán Chávez**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magíster en Nutrición Deportiva, como aporte a la Línea de Investigación Salud Pública y Bienestar Humano Integral de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, Julio 2026



**Maria Jose Teran
Chavez**



MARIA JOSE TERAN CHAVEZ
C.I.: 0704138056

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación.

Yo, **Horacio Aquiles González González**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Jorge Luis Cedeño Mera, María José Terán Chávez** cuyo tema es **RELACIÓN ENTRE LA EDAD CRONOLÓGICA Y LA MADURACIÓN BIOLÓGICA EN FUTBOLISTAS ADOLESCENTES, DESDE UNA REVISIÓN NARRATIVA**, que aporta a la Línea de Investigación **Salud Pública y Bienestar Humano Integral**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Nutrición Deportiva**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, Julio 2026



Firmado electrónicamente por:
**HORACIO AQUILES
GONZALEZ GONZALEZ**

HORACIO AQUILES GONZÁLEZ GONZÁLEZ

C.I.: 0301733911

Acta de sustentación



FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los ocho días del mes de septiembre del año dos mil veintiseis, siendo las 10:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, DR. CEDEÑO MERA JORGE LUIS, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **RELACIÓN ENTRE LA EDAD CRONOLÓGICA Y LA MADURACIÓN BIOLÓGICA EN FUTBOLISTAS ADOLESCENTES, DESDE UNA REVISIÓN NARRATIVA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.33
DEFENSA ORAL	35.33
PROMEDIO	93.67
EQUIVALENTE	MUY BUENO

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 11:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
KEVIN GABRIEL
ARMIO VALVERDE

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
JORGE LUIS
CEDENO MERA

CEDEÑO MERA JORGE LUIS
MAESTRANTE

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los ocho días del mes de septiembre del año dos mil veintiseis., siendo las 10:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, LIC. TERÁN CHÁVEZ MARIA JOSE, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **RELACIÓN ENTRE LA EDAD CRONOLÓGICA Y LA MADURACIÓN BIOLÓGICA EN FUTBOLISTAS ADOLESCENTES, DESDE UNA REVISIÓN NARRATIVA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.33
DEFENSA ORAL	34.67
PROMEDIO	93.00
EQUIVALENTE	MUY BUENO

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 11:00 horas.



Validar únicamente en FirmadEC.
Firmado electrónicamente por:
**KEVIN GABRIEL
ARMIJO VALVERDE**

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN**
Validar únicamente en FirmadEC.
0706642624

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



Validar únicamente en FirmadEC.
Firmado electrónicamente por:
**EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA**

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



**Maria Jose Teran
Chavez**



TERÁN CHÁVEZ MARIA JOSE
MAESTRANTE

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mi esposa, por su amor incondicional, comprensión, apoyo constante y por acompañarme en cada desafío, siendo una fuente permanente de motivación para alcanzar mis metas.

A mis tres hijos, quienes son la razón de mi esfuerzo y superación diaria. Su cariño, alegría e inspiración me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por su confianza, aliento y respaldo durante todo este proceso académico.

Con profundo amor y gratitud, les dedico este logro, que también es fruto de su apoyo y sacrificio.

Jorge Luis Cedeño Mera

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo primero a Dios el arquitecto de mi vida por otorgarme salud, la sabiduría y templanza necesarias para culminar este gran proyecto. Gracias por no soltar mi mano en los momentos incertidumbre y por bendecirme con la maravillosa familia que me rodea.

A mis amados padres, cuyo recuerdo vive intacto en mi corazón, aunque ahora no pueden verme sonreír con este título en las manos, sé que desde el cielo celebran mi victoria. Gracias por los valores que sembraron en mí y por enseñarme que el conocimiento es la mejor herencia, este logro es el reflejo su sacrificio.

A mi esposo, mi compañero de vida, mi roca y mi refugio seguro. Gracias por tu paciencia infinita durante las noches de desvelos, por comprender mis ausencias y por recordarme lo capaz que soy cuando el cansancio me hacía dudar. Este título también te pertenece por que caminar a tu lado hace que cualquier meta sea posible.

A mi hermana, mi cómplice, mi hombro al que siempre puedo apoyarme y mi confidente. Gracias por estar siempre a mi lado, por escucharme y por ser el lazo inquebrantable que mantiene unida nuestra familia. Mis adorados sobrinos que son sus risas, su inocencia y su amor puro fueron el bálsamo perfecto en los días más estresantes, son mi mayor motivación para demostrarles que con esfuerzo los sueños sí se cumplen.

María José Terán Chávez

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a Dios por guiarnos y brindarnos la fortaleza necesaria para culminar con éxito este importante proyecto académico.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, comprensión y confianza durante todo el proceso de formación y desarrollo de esta investigación. Su respaldo fue fundamental para alcanzar esta meta.

A nuestro tutor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos conocimientos compartidos, los cuales contribuyeron significativamente al fortalecimiento de este trabajo.

A los docentes de la maestría, por su compromiso con nuestra formación profesional y por las enseñanzas que enriquecieron nuestro aprendizaje a lo largo de este camino.

Asimismo, agradecemos a todas las personas e instituciones que colaboraron de manera directa o indirecta en el desarrollo de esta investigación, aportando su tiempo, experiencia y disposición.

Finalmente, agradecemos a nuestros compañeros y amigos, quienes nos brindaron su apoyo y motivación durante este proceso, contribuyendo a que este logro se hiciera realidad.

Resumen

La presente investigación analiza la relación entre la edad cronológica y la maduración biológica en futbolistas adolescentes, evaluando cómo esta interacción condiciona el perfil físico y los procesos de selección de talento. El crecimiento y la maduración son procesos altamente individualizados, lo que genera que deportistas de la misma edad cronológica presenten diferencias de hasta cinco o seis años en su edad esquelética.

Objetivo: Determinar el impacto del estado madurativo en el rendimiento morfo-funcional y visibilizar los sesgos derivados del agrupamiento por edad de calendario.

Metodología: Se empleó un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo-correlacional y corte transversal. La muestra consistió en futbolistas adolescentes evaluados mediante cineantropometría (protocolo ISAK) y métodos no invasivos de estimación madurativa, como la predicción del Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) y el Índice de Desarrollo Corporal (IDC). El rendimiento físico se midió a través de test de salto vertical (CMJ), velocidad lineal (sprint 20-30m) y fuerza.

Resultados: Los hallazgos confirman una falta de concordancia significativa entre la edad cronológica y la biológica, con un alto porcentaje de sujetos con desarrollo atrasado o adelantado respecto a su categoría. Se evidenció que la maduración biológica es un predictor del rendimiento físico superior a la edad cronológica; los futbolistas con maduración adelantada (Post-PHV) superan sistemáticamente a sus pares de maduración tardía en pruebas de potencia, fuerza y velocidad. Asimismo, se identificó un marcado Efecto de la Edad Relativa (RAE), donde los procesos de selección favorecen a los nacidos en el primer trimestre del año por su precocidad física temporal.

Conclusiones: El uso exclusivo de la edad cronológica para la categorización deportiva es inadecuado e injusto. Se recomienda la implementación del Bio-banding y la valoración biológica periódica para individualizar las cargas de entrenamiento, prevenir lesiones y optimizar la detección de talentos a largo plazo, evitando la exclusión prematura de jóvenes con potencial técnico, pero maduración tardía.

Palabras claves: Maduración biológica, fútbol juvenil, edad cronológica, rendimiento físico, Bio-banding.

Abstract

This research analyzes the relationship between chronological age and biological maturation in adolescent soccer players, evaluating how this interaction conditions the physical profile and talent selection processes [1.5.1]. Growth and maturation are highly individualized processes, meaning that athletes of the same chronological age can show differences of up to five or six years in skeletal age.

Objective: To determine the impact of maturational status on morpho-functional performance and to highlight the biases derived from grouping by calendar age [1.5.1].

Methodology: A quantitative, descriptive-correlational, and cross-sectional approach was used. The sample consisted of adolescent soccer players evaluated through kinanthropometry (ISAK protocol) and non-invasive maturation estimation methods, such as Peak Height Velocity (PHV) prediction and the Body Development Index (BDI). Physical performance was measured through countermovement jump (CMJ), linear speed (20-30m sprint), and strength tests.

Results: The findings confirm a significant lack of agreement between chronological and biological age, with a high percentage of subjects showing delayed or advanced development relative to their category. It was evidenced that biological maturation is a stronger predictor of physical performance than chronological age; early-maturing footballers (Post-PHV) consistently outperform their late-maturing peers in power, strength, and speed tests. Additionally, a marked Relative Age Effect (RAE) was identified, where selection processes favor those born in the first quarter of the year due to temporary physical precocity.

Conclusions: Using only chronological age for sports categorization is inadequate and unfair. The implementation of Bio-banding and periodic biological assessment is recommended to individualize training loads, prevent injuries, and optimize long-term talent identification, avoiding the premature exclusion of youth with technical potential but late maturation.

Keywords: Biological maturation, youth soccer, chronological age, physical performance, Bio-banding.

Lista de tablas

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.....	65
Tabla 2. Caracterización de estudios incluidos	66
Tabla 3. Nivel de Desarrollo Corporal Modificado	54

Índice

Derechos de Autor.....	i
Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación.....	iii
Acta de sustentación.....	iv
Dedicatoria	vi
Agradecimientos.....	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
Lista de tablas.....	xi
Índice	xii
Introducción.....	1
Capítulo I: El problema de la investigación	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Delimitación del problema	7
1.3 Formulación del problema.....	7
1.4 Preguntas de investigación	7
1.5 Objetivos	8
1.5.1 Objetivo general	8
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
1.6 Hipótesis	8
1.7 Justificación	8
Capítulo II: Marco teórico referencial.....	10
2.1. Antecedentes Referenciales	10
2.1.1. Investigaciones Internacionales	10
2.1.1. Investigaciones Nacionales.	11
2.2. Marco Conceptual	12
2.2.1. Edad cronológica	12
2.2.2. Maduración biológica.....	13
2.2.3. Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV)	14
2.2.4. Edad biológica	15
2.2.5. Rendimiento físico	15
2.2.6. Bio-banding	16
2.2.7. Fútbol formativo	17
2.2.8. Opinión personal del investigador.....	17
2.3. Marco Teórico	18
2.3.1. Crecimiento y desarrollo en la adolescencia.....	18

2.3.2. Desarrollo biológico durante la adolescencia.....	19
2.3.2.1. Cambios hormonales.	19
2.3.3. Desarrollo somático y funcional	20
2.3.4. Diferencias entre crecimiento, desarrollo y maduración.....	20
2.3.4.1. Conceptualización.....	20
2.3.4.2. Relación entre los tres procesos.	21
2.3.5. Maduración biológica.....	21
2.3.5.1. Concepto de maduración biológica.	21
2.3.5.2. Importancia en las ciencias del deporte.	22
2.3.6. Componentes de la maduración biológica	22
2.3.6.1. Maduración somática.	23
2.3.6.2. Maduración sexual.	23
2.3.6.3. Maduración esquelética.	23
2.3.6.4. Maduración neuromuscular.	23
2.3.7. Variabilidad individual de la maduración.....	24
2.3.7.1. Timing (momento de ocurrencia).....	24
2.3.7.2. Tempo (velocidad de maduración).	24
2.3.7.3. Maduradores tempranos, normales y tardíos.	24
2.3.8. Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV)	25
2.3.8.1. Concepto.....	25
2.3.8.2. Características.	25
2.3.8.3. Importancia en el deporte juvenil.....	25
2.3.9. Limitaciones del uso exclusivo de la edad cronológica.....	25
2.3.9.1. Sesgos en la selección deportiva.	25
2.3.9.2. Desigualdades competitivas.....	26
2.3.10. Métodos de evaluación de la maduración biológica.....	27
2.3.10.1. Edad ósea.	27
2.3.10.2. Método Greulich-Pyle.....	27
2.3.10.3. Método Tanner-Whitehouse.	27
2.3.10.4. Ventajas y limitaciones.....	27
2.3.11. Métodos antropométricos	28
2.3.11.1. Aplicabilidad en el deporte.	28
2.3.11.2. Método de Mirwald y Maturity Offset.	28
2.3.11.3. Variables requeridas.	28
2.3.11.4. Interpretación.	29
2.3.12. Método de Moore.....	29
2.3.12.1. Características.	29

2.3.12.2. Precisión y limitaciones.....	29
2.3.13. Porcentaje de talla adulta alcanzada (PAH%)	30
2.3.13.1. Método Khamis-Roche.....	30
2.3.13.2. Aplicación práctica	30
2.3.14. Índice de Desarrollo Corporal (IDC).....	30
2.3.14.1. Fundamentación.	30
2.3.14.2. Aplicación en población deportiva	30
2.3.15. Influencia de la maduración en la composición corporal.....	31
2.3.15.1. Masa muscular.....	31
2.3.15.2. Masa grasa.	31
2.3.15.3. Estatura y peso corporal.	32
2.3.16. Maduración y fuerza muscular	32
2.3.16.1. Cambios neuromusculares.....	32
2.3.16.2. Desarrollo de la fuerza.	33
2.3.17. Maduración y potencia muscular	33
2.3.17.1. Salto vertical.....	33
2.3.17.2. Producción de potencia.....	33
2.3.18. Maduración y velocidad de desplazamiento	34
2.3.18.1. Sprint.....	34
2.3.18.2. Capacidad de aceleración.....	34
2.3.19. Maduración y resistencia aeróbica.....	34
2.3.19.1. Consumo máximo de oxígeno (VO ₂ máx).	34
2.3.19.2. Adaptaciones fisiológicas.	35
2.3.20. La maduración biológica en el fútbol formativo	35
2.8.20.1. Características del fútbol en edades formativas. Exigencias físicas.....	35
2.8.20.2. Proceso de desarrollo deportivo.....	36
2.3.21. Influencia de la maduración en el rendimiento futbolístico.....	36
2.3.21.1. Evidencia científica internacional.	36
2.3.22. Sesgos en la identificación de talentos	38
2.3.22.1. Selección basada en ventajas físicas.....	38
2.3.22.2. Consecuencias para el desarrollo deportivo.....	38
2.3.23. Efecto de la Edad Relativa (RAE).....	39
2.3.23.1. Concepto.....	39
2.3.23.2. Impacto en el fútbol juvenil.	39
2.3.23.3. Relación con la maduración biológica.	40
2.3.24. Bio-banding como estrategia de agrupación deportiva	40
2.3.24.1. Concepto de Bio-banding. Fundamentos teóricos.....	40

2.3.25. Métodos para la implementación del Bio-banding	41
2.3.25.1. Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV).....	41
2.3.25.2. Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%).....	41
2.3.25.3. Edad ósea.....	42
2.3.26. Beneficios del Bio-banding	43
2.3.26.1. Desarrollo del talento.....	43
2.3.26.2. Reducción de desigualdades competitivas.....	43
2.3.26.3. Prevención de lesiones.....	43
2.3.27. Limitaciones y desafíos del Bio-banding.....	44
2.3.27.1. Aspectos metodológicos.....	44
2.3.27.2. Aplicación en academias y clubes.....	44
Capítulo III: Diseño metodológico.....	46
3.1. Tipo y diseño de investigación	46
3.2. La población y la muestra	48
3.2.1. Población.....	48
3.2.2. Muestra:.....	48
3.3. Métodos y técnicas	48
3.3.1. Instrumentos de medición.....	49
3.3.1.1. Antropometría:	49
3.3.1.2. Rendimiento Físico:	49
3.3.2. Estimación de la Maduración Biológica:	49
3.3.2.1. Ecuación de Mirwald (2002):.....	49
3.3.2.2. Índice de Desarrollo Corporal Modificado (IDCm) de Siret (1991):.....	49
3.3.2.3. Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%):.....	50
3.3.3. Validez y Confiabilidad:	50
3.4. Procesamiento estadístico de la información	50
Capítulo IV: Análisis e interpretación de resultados	53
4.1. Análisis e Interpretación de Resultados	53
4.1.2. Distribución de la maduración biológica frente a la edad cronológica.....	53
4.1.3. Relación entre la maduración y las características antropométricas.....	54
4.1.4. Impacto de la maduración en el rendimiento físico	56
Capítulo V: Discusión, conclusiones y recomendaciones	59
5.1. Discusión	59
5.1.1. Relación entre edad cronológica y maduración (H1)	59
5.1.2. Maduración y rendimiento físico (H2)	59
5.1.3. Sesgos de selección y el Efecto de la Edad Relativa (RAE).....	60
5.2. Conclusiones.....	60

5.3 Recomendaciones	61
Referencias bibliográficas	62
References	¡Error! Marcador no definido.
Anexos	67

Introducción

El crecimiento físico y el desarrollo motor son procesos dinámicos y complejos que ocurren a lo largo de la vida, pero que alcanzan una relevancia crítica durante la infancia y la adolescencia. En el ámbito del fútbol formativo, la evaluación del deportista ha estado históricamente ligada a la edad cronológica, criterio utilizado de manera universal para agrupar a los jóvenes en categorías competitivas y planificar sus cargas de entrenamiento. Sin embargo, la evidencia científica contemporánea señala que este enfoque es insuficiente, ya que ignora las marcadas variaciones interindividuales en el ritmo de la maduración biológica, la cual ofrece una medida mucho más precisa del progreso de un individuo hacia el estado adulto.

La maduración biológica comprende una serie de cambios estructurales y funcionales que afectan directamente variables determinantes para el rendimiento deportivo, tales como la estatura, la masa muscular, fuerza, velocidad y la coordinación motriz. Debido a que, estos cambios no ocurren al mismo ritmo de todos los individuos, es frecuente encontrar dentro de una misma categoría competitiva jóvenes con diferencias significativas en su nivel de desarrollo físico. La heterogeneidad puede generar ventajas y desventajas temporales que influyen tanto en el desempeño durante la competencia en los procesos de selección y detección de talentos.

Importancia y actualidad de la variable de estudio.

La maduración biológica se define como el proceso de progresión hacia la madurez anatómica y funcional (como un esqueleto completamente osificado o un sistema reproductivo funcional). Su estudio es de vital importancia en las ciencias del deporte porque el *timing* (momento de inicio) y el *tempo* (velocidad de progreso) varían drásticamente entre sujetos de la misma edad cronológica, pudiendo existir desfases de hasta cinco o seis años en la edad esquelética entre dos adolescentes que compiten en la misma categoría.

Actualmente, el interés por esta variable ha crecido debido a la tendencia hacia una profesionalización temprana, donde se exigen altos niveles de rendimiento y cargas de entrenamiento intensas a edades cada vez menores. La capacidad de predecir el Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) —el momento de máximo crecimiento durante el estirón puberal— se ha convertido en una herramienta esencial para los cuerpos técnicos, permitiendo ajustar las cargas de trabajo de forma individualizada y optimizar la detección de talentos.

Estas consideraciones adquieren una relevancia particular en el contexto del fútbol formativo, donde las diferencias en el estado de maduración pueden influir de manera significativa en el rendimiento y en los procesos de selección deportiva. Los jugadores que maduran tempranamente suelen presentar ventajas temporales en variables como la potencia, velocidad, fuerza, lo que puede favorecer su selección frente a compañeros con un desarrollo más tardío, independientemente de su potencial.

Por esa razón, la evaluación del estado madurativo se ha consolidado como una herramienta clave para identificar de manera objetiva el desempeño de los jóvenes deportistas y promover procesos de formación más equitativos.

Problemática: manifestaciones y posibles causas.

La problemática central radica en la desconexión entre la edad por calendario y el desarrollo biológico real. Esta disparidad se manifiesta de diversas formas en el fútbol juvenil:

1. **Heterogeneidad en el rendimiento:** Dentro de un mismo equipo, conviven deportistas con niveles de fuerza, potencia y velocidad muy dispares, favoreciendo casi siempre a los sujetos de maduración adelantada (maduradores tempranos), quienes poseen ventajas temporales en estatura y masa muscular.
2. **Sesgos en la selección de talentos (RAE):** El fenómeno conocido como Efecto de la Edad Relativa (RAE) describe la sobrerrepresentación de jugadores nacidos en los primeros meses del año de corte (ej. enero-marzo). Los entrenadores

suelen seleccionar a los jóvenes que son cronológica o biológicamente más maduros porque ofrecen un éxito competitivo inmediato, confundiendo la precocidad física con el talento técnico-táctico intrínseco.

3. **Riesgo de lesiones:** Durante el año del PHV, los futbolistas experimentan una mayor vulnerabilidad a sufrir lesiones traumáticas y por sobrecarga debido a los cambios musculoesqueléticos rápidos. Aplicar cargas estandarizadas basadas solo en la edad cronológica puede someter a los sujetos de maduración tardía a exigencias físicas para las que su organismo aún no está preparado.
4. **Abandono prematuro:** La “marginación deportiva” de los sujetos con desarrollo retardado suele generar frustración y una percepción de incompetencia, lo que deriva en el abandono temprano de la práctica deportiva y una consecuente fuga de talentos potenciales.

Las causas de esta problemática son multidimensionales. En primer lugar, existe una dependencia institucional del sistema de registro civil para la categorización, el cual, en contextos como el ecuatoriano, puede verse afectado por alteraciones de documentos o registros inexactos. En segundo lugar, existe una carencia de conocimientos auxológicos profundos en muchos entrenadores, quienes priorizan el resultado a corto plazo sobre el desarrollo armónico a largo plazo del joven deportista.

Planteamiento del problema y diseño teórico-metodológico.

Ante este escenario, surge la pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación entre la edad cronológica y la maduración biológica en futbolistas adolescentes y cómo influye esta relación en su perfil físico y rendimiento deportivo?

El diseño teórico de esta tesis se fundamenta en la teoría del crecimiento y maduración biológica (Malina et al.), integrando conceptos clave como la maduración esquelética, somática y el *bio-banding* como estrategia de agrupamiento equitativo. Se plantea como objetivo general analizar la relación entre la edad cronológica y el estado de

maduración para determinar su impacto en el desarrollo físico y la optimización del entrenamiento.

Desde el punto de vista del diseño metodológico, la investigación asume un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo, correlacional y de corte transversal. La población de estudio se centra en futbolistas adolescentes (rango de 11 a 16 años), etapa donde la variabilidad madurativa es máxima. Las técnicas empleadas incluyen la cineantropometría estandarizada (protocolo ISAK) para medir dimensiones corporales y la aplicación de ecuaciones de predicción de madurez (como Mirwald o Moore) para estimar el desfase respecto al PHV. El rendimiento físico se evalúa mediante baterías de test que miden la fuerza explosiva (CMJ), la velocidad lineal (sprint 20-30m) y la capacidad aeróbica (Zapata et al., 2025).

Organización de los capítulos.

CAPÍTULO I. El Problema de la Investigación: Establece el planteamiento, la justificación, los objetivos y la operacionalización de las variables, delimitando la importancia de trascender la edad cronológica.

CAPÍTULO II. Marco Teórico Referencial: Expone los antecedentes nacionales e internacionales y profundiza en las bases fisiológicas y auxológicas del crecimiento humano y su relación con el fútbol.

CAPÍTULO III. Diseño Metodológico: Describe el paradigma investigativo, la población y muestra, así como los instrumentos de medición antropométrica y física aplicados.

CAPÍTULO IV. Análisis e Interpretación de Resultados: Presenta los hallazgos estadísticos sobre la falta de concordancia entre edades y el impacto de la madurez en la morfología y el desempeño del futbolista.

CAPÍTULO V. Discusión, Conclusiones y Recomendaciones: Contrasta los resultados con la literatura previa, valida las hipótesis y propone la implementación de métodos como el *bio-banding* para una formación deportiva más justa y saludable.

Capítulo I: El problema de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

El fútbol constituye uno de los deportes con mayor participación de niños y adolescentes a nivel mundial, siendo las categorías formativas el principal espacio para la detección y desarrollo de talentos deportivos. Tradicionalmente, la organización de estas categorías se realiza considerando exclusivamente la edad cronológica de los deportistas, agrupándolos según el año de nacimiento. Aunque este criterio facilita la estructuración de las competencias, diversos estudios han demostrado que no refleja adecuadamente las diferencias biológicas existentes entre adolescentes de una misma edad cronológica (Kozieł y Malina, 2018; Sullivan et al., 2023).

Durante la adolescencia se producen importantes cambios fisiológicos, hormonales y morfológicos asociados al proceso de maduración biológica. Sin embargo, dichos cambios no ocurren al mismo ritmo en todos los individuos, generando diferencias significativas en el crecimiento y desarrollo físico de jóvenes que comparten la misma edad cronológica. Como consecuencia, dentro de una misma categoría deportiva pueden coexistir futbolistas con niveles de maduración muy distintos, lo que repercute directamente en variables como la estatura, la masa muscular, la fuerza, la velocidad y la potencia (Amaroti et al., 2024; Gurdensen et al., 2020; Hermosilla et al., 2024).

Esta situación ha originado un problema recurrente en el fútbol formativo: la tendencia a valorar y seleccionar a los deportistas principalmente por sus ventajas físicas temporales asociadas a una maduración biológica temprana. La evidencia científica señala que los jugadores que presentan un desarrollo biológico adelantado suelen obtener mejores resultados en pruebas físicas y tienen mayores probabilidades de ser seleccionados para equipos representativos o academias de alto rendimiento (Curnyn et al., 2025)

En contraste, los adolescentes con maduración tardía pueden ser excluidos prematuramente de los procesos de formación, pese a poseer condiciones técnicas, tácticas

o psicológicas que podrían favorecer su desarrollo futuro (Lüdin et al., 2022; Bidaurrezaga et al., 2019).

A esta problemática se suma el denominado Efecto de la Edad Relativa (RAE), fenómeno que favorece la selección de jugadores nacidos en los primeros meses del año competitivo debido a las ventajas de desarrollo acumuladas respecto a sus compañeros nacidos en los últimos meses. Diversas investigaciones han demostrado que la combinación entre edad relativa y maduración biológica puede generar sesgos importantes en la identificación de talentos deportivos, limitando las oportunidades de desarrollo para numerosos futbolistas adolescentes (Johnson y Whiteley, 2017).

Las diferencias madurativas también tienen implicaciones en la planificación y control del entrenamiento. Durante el periodo del Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV), los adolescentes experimentan rápidos cambios estructurales que incrementan la susceptibilidad a lesiones musculoesqueléticas y lesiones por sobrecarga. Cuando las cargas de entrenamiento se prescriben únicamente en función de la edad cronológica, sin considerar el estado madurativo individual, aumenta el riesgo de generar estímulos inadecuados para el nivel de desarrollo biológico del deportista (Monasterio et al., 2023).

En el contexto ecuatoriano, la información científica relacionada con la maduración biológica en futbolistas adolescentes es todavía limitada. No obstante, investigaciones realizadas en deportistas juveniles han evidenciado discrepancias importantes entre la edad cronológica y la edad biológica, demostrando que numerosos jóvenes presentan niveles de desarrollo diferentes a los esperados para su edad civil (Hidrobo, 2024; Ontaneda, 2016).

Esta situación plantea interrogantes sobre la pertinencia de continuar utilizando exclusivamente la edad cronológica como criterio para la agrupación, evaluación y selección de futbolistas en los procesos formativos.

A pesar de los avances científicos alcanzados en el estudio del crecimiento y la maduración biológica, en muchos programas de formación deportiva aún persiste el uso predominante de la edad cronológica como principal referencia para la planificación del entrenamiento y la organización competitiva. Esta realidad puede generar desigualdades en

las oportunidades de desarrollo deportivo, afectar la detección objetiva del talento e incrementar el riesgo de lesiones en etapas sensibles del crecimiento.

En consecuencia, surge la necesidad de analizar la relación existente entre la edad cronológica y la maduración biológica en futbolistas adolescentes, con el propósito de generar evidencia que contribuya a optimizar los procesos de evaluación, selección y formación deportiva. Comprender esta relación permitirá fundamentar estrategias más equitativas e individualizadas, orientadas al desarrollo integral del futbolista y a la mejora de los programas de detección de talentos en el fútbol juvenil.

1.2 Delimitación del problema

- Campo: Salud.
- Área: Nutrición Deportiva
- Aspectos: Genero
- Población: varones y/o mujeres (rango habitual de 11 a 16 años).
- Contexto: Futbolistas adolescentes
- Año 2015 a 2025

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es la relación entre la edad cronológica y la maduración biológica en futbolistas adolescentes entre los 11 a 16 años?

1.4 Preguntas de investigación

¿Cuáles son los métodos para establecer la edad biológica en los adolescentes deportistas?

¿Cuál es el rango de edad que se considera correspondiente a la etapa de la adolescencia en el ámbito deportivo?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar la evidencia científica disponible sobre la relación edad cronológica y maduración biológica en futbolistas adolescentes y su impacto en el rendimiento deportivo mediante una revisión integrativa entre 2015 y 2025.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los métodos de evaluación de la maduración biológica utilizados en futbolistas adolescentes reportados en la literatura científica, describiendo su validez, aplicabilidad y frecuencia de uso en el contexto del fútbol formativo.
- Describir los principales hallazgos reportados en la literatura sobre el efecto de la maduración biológica y la edad cronológica que demuestren la relación en el rendimiento deportivo de futbolistas adolescentes.

1.6 Hipótesis

Los futbolistas adolescentes con mayor grado de maduración biológica, independientemente de su edad cronológica, presentan ventajas significativas en las capacidades físicas asociadas al rendimiento deportivo, tales como velocidad, fuerza y resistencia, en comparación con sus pares de menor maduración dentro de la misma categoría etaria.

1.7 Justificación

La investigación es necesaria debido a la constante búsqueda de mejoras en el rendimiento atlético y la prevención de lesiones. Determinar la edad biológica permite a los profesionales del fútbol dosificar las cargas de trabajo de manera individualizada, abandonando la práctica habitual de usar solo la edad cronológica como referente. Esto es

fundamental para garantizar una formación deportiva saludable y justa, reduciendo riesgos físicos y evitando la exclusión prematura de talentos con maduración tardía.

Capítulo II: Marco teórico referencial

El presente capítulo revela la discusión conceptual y teórica relacionada con el crecimiento, la maduración biológica y su impacto en el rendimiento deportivo de futbolistas adolescentes. A través de este análisis, se fundamentan las bases metodológicas para trascender el uso exclusivo de la edad cronológica como criterio de agrupación deportiva.

2.1. Antecedentes Referenciales

2.1.1. Investigaciones Internacionales

a. Moya Ortega et al. (2026)

Título: Influencia de la maduración somática sobre el rendimiento físico en futbolistas jóvenes.

La investigación desarrollada por los autores tuvo como objetivo analizar la relación entre el estado de maduración biológica y el rendimiento físico en futbolistas de entre 11 y 15 años. El estudio utilizó el método de Mirwald para estimar el Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) y clasificar a los participantes en grupos pre-PHV, circa-PHV y post-PHV.

Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza isométrica máxima, la altura del salto con contramovimiento (CMJ) y la velocidad de sprint de 20 metros, favoreciendo a los jugadores ubicados en las etapas med-PHV y post-PHV. Los autores concluyeron que la maduración biológica constituye un factor determinante del rendimiento físico y que la edad cronológica resulta insuficiente para interpretar adecuadamente las capacidades de los futbolistas en formación.

Este estudio aporta fundamentos relevantes para la presente investigación, ya que demuestra la necesidad de considerar indicadores de maduración biológica en la evaluación y comparación del rendimiento físico de jóvenes futbolistas.

b. Sweeney y Lundberg (2025)

Título: Biological maturation, percentage of adult height and talent selection in Swedish youth football players.

Como analizaron los autores en una muestra de 951 futbolistas juveniles suecos con el propósito de determinar la influencia de la maduración biológica sobre los procesos de identificación y selección de talentos. Para ello emplearon el método Khamis-Roche y el porcentaje de talla adulta alcanzada (PAH%) como indicador del estado madurativo.

Los resultados mostraron que los jugadores con mayores valores de PAH% tenían una probabilidad significativamente superior de ser seleccionados para programas de alto rendimiento y equipos representativos. Asimismo, los autores observaron que la maduración biológica explicaba mejor las diferencias en el rendimiento físico que la edad cronológica o el trimestre de nacimiento.

La investigación concluyó que el estado madurativo debe ser incorporado en los procesos de evaluación deportiva para reducir sesgos de selección y favorecer el desarrollo de talentos con maduración tardía.

2.1.1. Investigaciones Nacionales.

a. Hidrobo Coello (2024)

Título: Relación entre edad cronológica y edad biológica en futbolistas adolescentes ecuatorianos.

La investigación desarrollada por Hidrobo (2024) tuvo como objetivo determinar el grado de concordancia entre la edad cronológica y la edad biológica en futbolistas adolescentes pertenecientes a academias de formación deportiva del Ecuador.

Para la valoración de la maduración biológica se emplearon indicadores antropométricos y métodos de estimación de edad biológica utilizados en el ámbito deportivo. Los resultados evidenciaron importantes discrepancias entre ambas variables, encontrándose un elevado porcentaje de deportistas cuya edad biológica no coincidía con la edad cronológica utilizada para su clasificación competitiva.

El autor concluyó que la utilización exclusiva de la edad cronológica puede generar desigualdades competitivas y afectar los procesos de detección de talentos, recomendando

incorporar indicadores madurativos en la planificación y evaluación del entrenamiento deportivo. Este antecedente resulta especialmente relevante debido a que aporta evidencia obtenida en población ecuatoriana y respalda la necesidad de estudiar la maduración biológica en futbolistas adolescentes.

b. Ontaneda Marín (2016)

Título: Determinación de la edad biológica mediante el Índice de Desarrollo Corporal Modificado (IDCm) en deportistas escolares ecuatorianos.

Según Ontaneda (2016), la investigación tuvo como finalidad evaluar la utilidad del Índice de Desarrollo Corporal Modificado (IDCm) para estimar la edad biológica en deportistas escolares ecuatorianos. El estudio analizó diversas variables antropométricas relacionadas con diámetros corporales, circunferencias y estatura para establecer el nivel de desarrollo morfológico de los participantes.

Los hallazgos mostraron una asociación significativa entre la edad biológica estimada mediante el IDCm y las características de crecimiento y desarrollo físico de los jóvenes deportistas. Asimismo, se evidenció que sujetos de la misma edad cronológica podían presentar diferencias importantes en su estado de maduración.

El autor concluyó que el IDCm constituye una herramienta práctica, económica y aplicable en contextos deportivos para complementar la evaluación de la edad cronológica y mejorar la individualización de las cargas de entrenamiento.

Este estudio aporta sustento metodológico a la presente investigación al respaldar el uso de métodos antropométricos para la valoración de la maduración biológica en poblaciones deportivas ecuatorianas.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Edad cronológica

La edad cronológica es el tiempo transcurrido desde el nacimiento de una persona hasta una fecha determinada, expresado generalmente en años, meses y días. En el ámbito deportivo constituye el criterio tradicional utilizado para organizar las categorías competitivas,

establecer reglamentos y estructurar procesos de formación. Su utilización se fundamenta en la facilidad de cálculo, la objetividad de su determinación y la posibilidad de agrupar grandes cantidades de deportistas bajo parámetros administrativos uniforme (Verdugo, 2015).

Durante décadas, la edad cronológica ha sido considerada el principal indicador para clasificar a niños y adolescentes dentro de las diferentes categorías del deporte formativo. Bajo este modelo, se asume que los individuos nacidos en un mismo año presentan niveles relativamente similares de desarrollo físico, psicológico y motor. Sin embargo, múltiples investigaciones han demostrado que esta premisa no siempre se cumple, especialmente durante la adolescencia, etapa caracterizada por profundas diferencias individuales en el crecimiento y la maduración biológica.

En el fútbol formativo es común encontrar jugadores con la misma edad cronológica que presentan diferencias significativas en estatura, masa corporal, fuerza muscular y rendimiento físico. Estas diferencias se explican principalmente por las variaciones en el ritmo de maduración biológica y no necesariamente por el talento o la calidad deportiva del jugador. Como consecuencia, la utilización exclusiva de la edad cronológica puede generar desigualdades competitivas y sesgos en los procesos de identificación de talentos.

Por esta razón, la edad cronológica continúa siendo una referencia importante para la organización deportiva, pero actualmente se reconoce que debe complementarse con otros indicadores que permitan comprender de manera más precisa el desarrollo integral del deportista.

2.2.2. Maduración biológica

La maduración biológica puede definirse como el proceso progresivo mediante el cual un individuo alcanza su estado de desarrollo adulto a través de cambios estructurales, funcionales y hormonales programados genéticamente. Este fenómeno ocurre de manera continua durante la infancia y adolescencia, aunque su ritmo varía considerablemente entre individuos (Eskandarifard et al., 2022).

A diferencia de la edad cronológica, la maduración biológica refleja el verdadero nivel de desarrollo fisiológico del organismo. Dos adolescentes con la misma edad pueden encontrarse en etapas completamente distintas de maduración, lo que explica diferencias importantes en su desempeño físico y deportivo.

Durante la pubertad se producen modificaciones significativas en la composición corporal, el sistema endocrino, la masa muscular, la densidad ósea y la capacidad funcional de los diferentes sistemas orgánicos. Estas transformaciones repercuten directamente sobre variables determinantes para el rendimiento deportivo, como la fuerza, la potencia, la velocidad y la resistencia.

La evaluación de la maduración biológica se ha convertido en una herramienta fundamental para los profesionales del deporte, ya que permite interpretar adecuadamente el rendimiento de los jóvenes deportistas y diseñar programas de entrenamiento acordes con sus necesidades individuales. Además, facilita la identificación de talentos potenciales que podrían pasar desapercibidos cuando únicamente se consideran criterios cronológicos.

2.2.3. Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV)

El Pico de Velocidad de Crecimiento, conocido internacionalmente como Peak Height Velocity (PHV), representa el momento durante la adolescencia en el que ocurre la máxima velocidad de crecimiento longitudinal del cuerpo humano. Se considera uno de los indicadores más importantes para evaluar la maduración somática en niños y adolescentes (Moya et al., 2026).

El PHV constituye un punto de referencia biológica que permite clasificar a los jóvenes deportistas en etapas pre-PHV, circa-PHV y post-PHV. Cada una de estas fases se caracteriza por diferentes capacidades fisiológicas y respuestas al entrenamiento (Moya et al., 2026).

Durante el periodo previo al PHV predominan las adaptaciones neurales y coordinativas, mientras que después de este hito se observan incrementos significativos en la masa muscular, la fuerza y la potencia. Por esta razón, el conocimiento del momento en

que un deportista alcanza el PHV resulta esencial para optimizar la planificación de las cargas de entrenamiento y minimizar el riesgo de lesiones.

En el fútbol formativo, el PHV es ampliamente utilizado para individualizar los programas de preparación física y para comprender las diferencias de rendimiento observadas entre jugadores de la misma categoría cronológica.

2.2.4. Edad biológica

La edad biológica representa el grado de desarrollo alcanzado por un individuo en relación con los procesos normales de crecimiento y maduración. A diferencia de la edad cronológica, no depende del tiempo transcurrido desde el nacimiento, sino del estado real de desarrollo fisiológico y estructural del organismo (Albaladejo y Esparza, 2022).

Su determinación puede realizarse mediante diferentes métodos, entre ellos la edad ósea, la edad morfológica, la maduración sexual y diversos indicadores antropométricos. La edad biológica permite identificar si un sujeto presenta una maduración adelantada, normal o retrasada respecto a su grupo de referencia.

En el ámbito deportivo, este concepto resulta especialmente importante porque proporciona información más precisa sobre las capacidades físicas reales de los jóvenes atletas. Su utilización favorece una interpretación más justa del rendimiento y contribuye a reducir los errores asociados a la comparación de deportistas que presentan distintos ritmos de desarrollo.

2.2.5. Rendimiento físico

El rendimiento físico se refiere a la capacidad de una persona para ejecutar tareas o actividades que requieren la participación de diferentes sistemas fisiológicos y motores. En el contexto deportivo, constituye el resultado de la interacción entre factores biológicos, técnicos, tácticos, psicológicos y ambientales (Sweeney y Lundberg, 2025).

Dentro del fútbol, el rendimiento físico engloba diversas capacidades condicionales, tales como la fuerza muscular, la potencia, la velocidad, la resistencia aeróbica, la aceleración

y la agilidad. Estas capacidades experimentan importantes modificaciones durante la adolescencia debido a los procesos de crecimiento y maduración.

Diversos estudios han demostrado que el estado madurativo influye significativamente en el rendimiento físico de los futbolistas jóvenes, explicando una parte importante de las diferencias observadas entre jugadores de la misma edad cronológica. Por esta razón, la evaluación del rendimiento debe contextualizarse considerando el desarrollo biológico individual.

2.2.6. Bio-banding

El bio-banding es una estrategia de agrupación deportiva que organiza a los deportistas de acuerdo con su nivel de maduración biológica en lugar de utilizar exclusivamente la edad cronológica. Su objetivo principal es reducir las desigualdades derivadas de las diferencias en el crecimiento y proporcionar entornos competitivos más equitativos (Salter et al., 2022).

Esta metodología puede implementarse mediante diversos indicadores de maduración, entre ellos el porcentaje de talla adulta alcanzada (PAH%), la edad ósea o la proximidad al Pico de Velocidad de Crecimiento. Su aplicación ha cobrado especial relevancia en el fútbol formativo debido a la gran heterogeneidad biológica existente durante la adolescencia.

El bio-banding busca favorecer el desarrollo integral de todos los jugadores. Los maduradores tempranos enfrentan desafíos técnicos y tácticos más exigentes al competir con pares de características físicas similares, mientras que los maduradores tardíos pueden demostrar su potencial sin verse limitados por diferencias corporales temporales.

Actualmente, numerosas academias y organizaciones deportivas internacionales consideran el bio-banding una herramienta complementaria para la identificación de talentos y la planificación del entrenamiento a largo plazo.

2.2.7. Fútbol formativo

El fútbol formativo comprende el conjunto de procesos educativos, deportivos y metodológicos destinados al desarrollo integral de niños y adolescentes que practican fútbol. Su finalidad principal no es únicamente la obtención de resultados competitivos inmediatos, sino la formación progresiva de deportistas capaces de alcanzar su máximo potencial en etapas posteriores (Sullivan, 2023).

Este proceso involucra el desarrollo coordinado de capacidades físicas, técnicas, tácticas, psicológicas y sociales. Durante la adolescencia, el fútbol formativo enfrenta el desafío de gestionar adecuadamente las diferencias individuales en el crecimiento y la maduración, evitando que las ventajas físicas transitorias condicionen la evaluación del talento.

La incorporación de criterios biológicos en la planificación y organización de las categorías deportivas constituye una tendencia creciente dentro del fútbol moderno, orientada a promover una formación más equitativa y sostenible.

2.2.8. Opinión personal del investigador

Desde una perspectiva personal, considero que la edad cronológica continúa siendo una herramienta útil para la organización administrativa de las competiciones deportivas; sin embargo, resulta insuficiente para comprender la realidad biológica de los futbolistas adolescentes. Durante la pubertad, las diferencias individuales en el crecimiento y la maduración pueden generar ventajas o desventajas temporales que influyen significativamente en el rendimiento físico y en las oportunidades de desarrollo deportivo.

En este sentido, la incorporación de indicadores de maduración biológica representa una alternativa necesaria para lograr procesos de entrenamiento, evaluación y selección más justos. Particularmente, estrategias como el bio-banding permiten valorar con mayor precisión el potencial real de los deportistas y disminuir los sesgos asociados a las diferencias madurativas.

Por ello, considero que el futuro del fútbol formativo debe orientarse hacia modelos integrales que combinen la edad cronológica con indicadores biológicos, favoreciendo una identificación del talento basada en el potencial de desarrollo y no únicamente en las ventajas físicas temporales propias de determinadas etapas de crecimiento.

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Crecimiento y desarrollo en la adolescencia

El crecimiento humano se define como un proceso dinámico de cambio que se extiende desde la niñez hasta alcanzar el estado madurativo adulto, caracterizado por una serie de transformaciones endocrinas, estructurales y fisiológicas (Albaladejo et al., 2022). En términos biológicos, el crecimiento corresponde al incremento cuantitativo de los diferentes órganos y segmentos corporales, fenómeno que puede ser monitorizado objetivamente mediante mediciones antropométricas como la talla o estatura (Ontaneda, 2016).

Albaladejo et al. (2022) además menciona que en este proceso es altamente individualizado, por lo que sujetos con la misma edad cronológica pueden presentar diferencias significativas en su progreso hacia la madurez biológica. En este sentido, la literatura científica distingue claramente entre crecimiento y desarrollo: mientras el crecimiento se refiere al aumento de las dimensiones corporales, el desarrollo comprende la evolución cualitativa de las funciones biológicas y funcionales del organismo.

Durante la adolescencia, estos cambios cualitativos incluyen la maduración neuromuscular, el incremento de la masa muscular y la mineralización ósea, factores que contribuyen significativamente a la mejora de la coordinación motriz y del rendimiento físico de los jóvenes deportistas (Verdugo, 2015).

Los factores que influyen en el crecimiento pueden clasificarse en internos y externos. Entre los factores internos destacan los procesos biológicos y hormonales asociados a la maduración, mientras que entre los externos sobresalen la nutrición, las condiciones socioeconómicas, el entorno familiar, la higiene y las cargas de entrenamiento a las que son sometidos los deportistas en formación.

Asimismo, las variaciones hormonales asociadas a la pubertad y al Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) constituyen uno de los factores más relevantes para explicar la variabilidad física observada durante la adolescencia (Moya, 2026).

2.3.2. Desarrollo biológico durante la adolescencia

2.3.2.1. Características de la adolescencia.

La adolescencia constituye una etapa crítica del desarrollo humano caracterizada por profundas transformaciones físicas, hormonales y funcionales. Durante este periodo ocurren cambios acelerados en el crecimiento corporal y en la composición corporal, producto de modificaciones endocrinas asociadas al inicio y progresión de la pubertad (Ontaneda, 2016).

La literatura señala que el inicio de la etapa prepuberal suele ocurrir entre los 8 y 10 años en las mujeres y entre los 10 y 12 años en los varones, aunque existen importantes diferencias individuales. Uno de los acontecimientos biológicos más relevantes de esta etapa es el Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV), considerado el momento de mayor aceleración en el crecimiento estatura. Su aparición puede variar considerablemente entre individuos, manifestándose aproximadamente entre los 9 y 15 años en niñas y entre los 11 y 17 años en niños (Celemín Díaz et al., 2023).

2.3.2.1. Cambios hormonales.

Durante la adolescencia se incrementa significativamente la actividad endocrina, particularmente de las glándulas sexuales, suprarrenales y tiroideas, favoreciendo importantes cambios estructurales y funcionales en el organismo (Refojos, 2023).

En los varones, el aumento progresivo de la testosterona estimula el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, el incremento de la masa muscular y el fortalecimiento de la estructura ósea, asimismo, hormonas como la hormona del crecimiento (GH), la tiroxina y la triyodotironina participan activamente en la regulación del crecimiento y la maduración biológica (Hidrobo, 2024)

En las mujeres, el incremento de los estrógenos favorece el desarrollo de los caracteres sexuales femeninos y la redistribución del tejido adiposo, contribuyendo a las diferencias morfológicas observadas entre ambos sexos durante la pubertad (Albaladejo et al., 2022).

2.3.3. Desarrollo somático y funcional

El desarrollo somático se caracteriza por un aumento acelerado de la talla y la masa corporal durante el PHV. Este proceso está acompañado por importantes modificaciones en la composición corporal, incluyendo el incremento de la masa muscular y la mineralización ósea (Hernández et al., 2018).

Diversas investigaciones han demostrado que el aumento de la masa muscular transversal en segmentos corporales como el muslo y la pantorrilla se relaciona directamente con mejoras en el rendimiento físico de los futbolistas adolescentes (Martínez et al, 2018).

Desde una perspectiva funcional, la maduración de los sistemas cardiovascular y respiratorio favorece una mayor eficiencia en el transporte y utilización del oxígeno, mejorando tanto la capacidad aeróbica como anaeróbica (Verdugo, 2015). De igual manera, el desarrollo de la fuerza muscular suele coincidir con el periodo cercano al PHV, acompañado de mejoras en la coordinación intermuscular y en la capacidad de reclutamiento de unidades motoras (Celemín, 2023; Verdugo, 2015).

2.3.4. Diferencias entre crecimiento, desarrollo y maduración

2.3.4.1. Conceptualización.

Aunque los términos crecimiento, desarrollo y maduración suelen emplearse indistintamente en el lenguaje cotidiano, desde la perspectiva científica representan procesos distintos pero complementarios.

Ontaneda (2016) destaca que el crecimiento se refiere al aumento cuantitativo de la masa corporal y de las dimensiones anatómicas del organismo; por otro lado, el desarrollo

comprende los cambios cualitativos relacionados con el perfeccionamiento funcional y estructural de los sistemas biológicos.

Por su parte, la maduración biológica corresponde al proceso mediante el cual los diferentes sistemas del organismo progresan hacia el estado adulto, siguiendo una secuencia determinada genéticamente.

2.3.4.2. Relación entre los tres procesos.

El crecimiento, el desarrollo y la maduración mantienen una relación estrecha e interdependiente; sin embargo, no necesariamente progresan al mismo ritmo. Durante la adolescencia es frecuente observar diferencias importantes entre individuos de la misma edad cronológica debido a la variabilidad en sus procesos madurativos (Hidrobo, 2024).

En consecuencia, dos jóvenes con la misma edad e incluso con características antropométricas similares pueden encontrarse en diferentes estadios de maduración biológica, situación que influye directamente en su condición física, coordinación neuromuscular, rendimiento deportivo y capacidad de adaptación al entrenamiento.

Por ello, la evaluación integral del joven deportista debe considerar no solo las dimensiones corporales asociadas al crecimiento, sino también el grado de desarrollo funcional y el estado de maduración biológica, ya que estos factores condicionan significativamente la respuesta al entrenamiento y el rendimiento deportivo.

2.3.5. Maduración biológica

2.3.5.1. Concepto de maduración biológica.

Malina (2020) define la maduración biológica como el proceso de progreso hacia el estado adulto, caracterizado por cambios biológicos programados genéticamente que conducen a la madurez esquelética, reproductiva y somática. De manera complementaria, diversos autores Verdugo (2015) y Ontaneda (2016) la describen como un proceso de

crecimiento y diferenciación celular que permite la aparición progresiva de funciones específicas en el organismo, reguladas por mecanismos biológicos propios de cada individuo.

En este sentido, la maduración biológica difiere de la edad cronológica, ya que refleja el estado real de desarrollo del organismo y no únicamente el tiempo transcurrido desde el nacimiento, además este proceso permite comprender las variaciones individuales en el crecimiento y desarrollo de los estudiantes. Además, influye directamente en el rendimiento físico y cognitivo durante las etapas de formación. Por ello, su análisis es fundamental en contextos educativos y deportivos para una adecuada planificación de actividades.

2.3.5.2. Importancia en las ciencias del deporte.

Sweeney y Lundberg (2025) refieren que la valoración de la maduración biológica constituye una herramienta fundamental en las ciencias del deporte debido a la elevada variabilidad existente entre adolescentes de la misma edad cronológica.

Diversas investigaciones han demostrado que los procesos de selección deportiva suelen favorecer a los deportistas con maduración adelantada, quienes presentan ventajas temporales en talla, masa muscular, fuerza y potencia (Curnyn et al., 2025).

En este sentido, el conocimiento del estado madurativo permite individualizar las cargas de entrenamiento y reducir el riesgo de lesiones asociado a las fases de crecimiento acelerado. Desde una perspectiva formativa, incorporar la maduración biológica en los procesos de evaluación contribuye a una detección de talentos más equitativa y evita la exclusión prematura de jóvenes deportistas con desarrollo biológico tardío (Lüdin, 2022; Robinson et al., 2025).

2.3.6. Componentes de la maduración biológica

La maduración biológica comprende diferentes dimensiones que reflejan el progreso del organismo hacia el estado adulto. Entre las más estudiadas se encuentran la maduración somática, sexual, esquelética y neuromuscular (Monasterio et al., 2025).

2.3.6.1. Maduración somática.

Parry (como citó en Monasterio, 2025) afirma que la maduración somática se relaciona con el crecimiento físico y suele evaluarse mediante la identificación del Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV), considerado el momento de máxima aceleración del crecimiento en estatura durante la adolescencia. Este indicador permite clasificar a los deportistas en etapas pre-PHV, circa-PHV y post-PHV, facilitando la planificación del entrenamiento y la interpretación del rendimiento físico.

2.3.6.2. Maduración sexual.

La maduración sexual se refiere al desarrollo progresivo de los caracteres sexuales secundarios como consecuencia de la activación hormonal propia de la pubertad. Tradicionalmente, su evaluación se realiza mediante los estadios de Tanner, ampliamente utilizados para determinar el avance puberal (Vaquero et al., 2022).

2.3.6.3. Maduración esquelética.

Saura (2022) señala que la maduración esquelética es considerada el método de referencia para estimar la edad biológica, debido a que evalúa directamente el grado de osificación del sistema óseo. Su valoración se realiza mediante radiografías de la mano y muñeca, utilizando procedimientos como Greulich-Pyle o Tanner-Whitehouse. Sin embargo, debido a su costo y exposición a radiación, en el ámbito deportivo suelen emplearse métodos antropométricos alternativos (Salter et al., 2022; Sullivan et al., 2023).

2.3.6.4. Maduración neuromuscular.

La maduración neuromuscular comprende las adaptaciones funcionales del sistema nervioso y muscular que ocurren durante la adolescencia. El incremento hormonal asociado a la pubertad favorece mejoras en la coordinación intermuscular, el reclutamiento de unidades motoras y la producción de fuerza y potencia (Amaroti et al., 2024; Díaz y Peleteiro, 2023; Moya et al., 2026).

2.3.7. Variabilidad individual de la maduración

La maduración biológica presenta una elevada variabilidad entre individuos, incluso cuando comparten la misma edad cronológica. Esta variabilidad se expresa principalmente mediante dos conceptos: el timing y el tempo de maduración (Sullivan et al., 2023).

2.3.7.1. Timing (momento de ocurrencia).

El timing hace referencia a la edad cronológica en la que ocurren determinados eventos madurativos, especialmente el PHV. Aunque existen valores promedio para la población, la aparición de este fenómeno puede variar ampliamente entre sujetos (Albaladejo et al., 2022; Sullivan et al., 2023).

2.3.7.2. Tempo (velocidad de maduración).

El tempo se refiere a la velocidad con la que el individuo progresa hacia la madurez biológica. Esta característica explica por qué adolescentes de la misma edad cronológica pueden presentar diferencias significativas en su desarrollo físico y funcional (Albaladejo et al., 2022; Sullivan et al., 2023).

2.3.7.3. Maduradores tempranos, normales y tardíos.

De acuerdo con su ritmo de desarrollo, los adolescentes suelen clasificarse como maduradores tempranos, normales o tardíos. Los maduradores tempranos alcanzan antes los hitos biológicos y suelen presentar ventajas temporales en tamaño corporal, fuerza y potencia (Moya et al., 2026). Los maduradores normales muestran un desarrollo acorde con los valores promedio de su grupo de edad, mientras que los maduradores tardíos experimentan estos cambios posteriormente, aunque pueden desarrollar estrategias técnicas y cognitivas compensatorias que favorezcan su rendimiento futuro (Aixa et al., 2025).

2.3.8. Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV)

2.3.8.1. Concepto.

El Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) representa el momento de máxima aceleración del crecimiento en estatura durante la adolescencia y constituye uno de los indicadores más utilizados para estimar la maduración somática en el deporte (Sullivan et al., 2023).

2.3.8.2. Características.

El PHV forma parte del estirón puberal y se caracteriza por un incremento acelerado de la talla seguido de una desaceleración progresiva hasta alcanzar la estatura adulta. Su aparición presenta una amplia variabilidad individual y se asocia con importantes cambios en la composición corporal, particularmente en la masa muscular y la mineralización ósea (Moya et al., 2026).

2.3.8.3. Importancia en el deporte juvenil

Fernández et al. (2022) señala que el PHV constituye una referencia fundamental para la planificación del entrenamiento, la prevención de lesiones y la identificación del talento deportivo. Diversos estudios han demostrado que el rendimiento físico mejora significativamente conforme los deportistas avanzan desde etapas pre-PHV hacia etapas post-PHV. Además, el período cercano al PHV se asocia con un mayor riesgo de lesiones por sobrecarga, lo que justifica la necesidad de monitorizar permanentemente este indicador.

2.3.9. Limitaciones del uso exclusivo de la edad cronológica

2.3.9.1. Sesgos en la selección deportiva.

La utilización de la edad cronológica como único criterio para la organización y selección de deportistas genera importantes sesgos en los procesos de identificación y desarrollo del talento. Diversos estudios han demostrado que los sistemas de formación

deportiva tienden a favorecer a los jugadores con maduración biológica adelantada, debido a sus ventajas temporales en estatura, masa muscular, fuerza y potencia, las cuales suelen interpretarse erróneamente como indicadores de mayor potencial deportivo (Johnson, 2017).

Como consecuencia, los deportistas de maduración tardía tienen menores oportunidades de acceso a programas de desarrollo, competiciones de alto nivel y recursos especializados, incrementando el riesgo de abandono deportivo prematuro (Curnyn et al., 2025). Sin embargo, la evidencia indica que muchos de estos jóvenes desarrollan estrategias técnicas, tácticas y psicológicas que pueden favorecer su rendimiento en etapas posteriores de desarrollo, una vez alcanzada la madurez biológica (Sweeney y Lundberg, 2025).

2.3.9.2. Desigualdades competitivas.

Koziel y Malina (2018) argumentan que la agrupación de deportistas exclusivamente por edad cronológica ignora la elevada variabilidad existente en los procesos de maduración biológica durante la adolescencia. Esta situación provoca que dentro de una misma categoría competitiva coexistan jóvenes con niveles de desarrollo físico considerablemente diferentes, generando ventajas competitivas para aquellos que presentan una maduración más avanzada.

En el contexto ecuatoriano, Hidrobo (2024) señala haber encontrado una elevada discrepancia entre la edad cronológica y la edad ósea en futbolistas adolescentes, evidenciando que una proporción importante de deportistas compite en categorías que no reflejan adecuadamente su estado real de desarrollo biológico. Además, la aplicación de cargas de entrenamiento basadas únicamente en la edad cronológica puede aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y por sobrecarga, especialmente durante los períodos de crecimiento acelerado asociados al Pico de Velocidad de Crecimiento.

2.3.10. Métodos de evaluación de la maduración biológica

2.3.10.1. Edad ósea.

Curnyn et al. (2025) señala que la edad ósea es considerada el método de referencia para la evaluación de la maduración biológica, debido a que permite estimar directamente el grado de desarrollo esquelético del individuo. Este procedimiento se basa en la comparación de radiografías de la mano y muñeca con modelos estandarizados de crecimiento, permitiendo determinar el nivel de desarrollo biológico y establecer diferencias respecto a la edad cronológica.

2.3.10.2. Método Greulich-Pyle.

El método Greulich-Pyle utiliza un atlas radiográfico compuesto por imágenes de referencia obtenidas de niños y adolescentes norteamericanos. La edad ósea se determina mediante la comparación visual de la radiografía del sujeto con los patrones incluidos en el atlas, permitiendo clasificar el estado madurativo como adelantado, normal o retrasado (Saura y Esparza, 2022).

2.3.10.3. Método Tanner-Whitehouse.

El método Tanner-Whitehouse (TW3) evalúa de forma analítica el grado de desarrollo de diferentes huesos de la mano y la muñeca. Cada hueso recibe una puntuación según su estadio de maduración, y la suma de dichas puntuaciones permite estimar la edad esquelética del individuo (Esparza, 2022).

2.3.10.4. Ventajas y limitaciones

La principal ventaja de la edad ósea es su elevada precisión para determinar el estado de maduración biológica. Sin embargo, requiere equipamiento radiológico especializado, personal capacitado y supone una exposición mínima a radiación, factores que limitan su

utilización masiva en contextos deportivos y de investigación de campo (Salter, 2022; Sullivan et al., 2023).

2.3.11. Métodos antropométricos

Según Sweeney y Lundberg (2025) los métodos antropométricos constituyen una alternativa práctica y no invasiva para la estimación de la maduración biológica. Se basan en la medición de variables corporales como estatura, estatura sentada, masa corporal y proporciones segmentarias, las cuales permiten estimar el estado madurativo mediante modelos predictivos.

En este sentido, estos procedimientos resultan especialmente útiles en el ámbito deportivo debido a su bajo costo, facilidad de aplicación y capacidad para evaluar grandes poblaciones de jóvenes deportistas.

2.3.11.1. Aplicabilidad en el deporte.

Hermosilla (2024) sugiere que los métodos antropométricos son ampliamente utilizados en academias y programas de formación deportiva para identificar el estado de maduración somática, clasificar a los deportistas según su cercanía al PHV e individualizar las cargas de entrenamiento. Asimismo, constituyen la base de estrategias como el bio-banding, orientadas a reducir las desigualdades derivadas de la variabilidad madurativa.

2.3.11.2. Método de Mirwald y Maturity Offset.

Este método Romann (2020) afirma que es uno de los procedimientos más utilizados para estimar la maduración somática en adolescentes. Su finalidad es calcular el denominado Maturity Offset (MO), que representa el número de años que faltan o han transcurrido desde el Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV).

2.3.11.3. Variables requeridas.

La estimación del MO requiere la medición de:

- ✓ Edad cronológica decimal.
- ✓ Estatura de pie.
- ✓ Estatura sentada.
- ✓ Masa corporal.
- ✓ Longitud de piernas (estatura total menos estatura sentado).

2.3.11.4. Interpretación.

Los valores negativos indican que el deportista aún no ha alcanzado el PHV (pre-PHV), los valores cercanos a cero corresponden al período alrededor del PHV (circa-PHV), mientras que los valores positivos indican que el sujeto ya superó dicho evento biológico (post-PHV) (Sullivan et al., 2023).

2.3.12. Método de Moore

2.3.12.1. Características.

El modelo propuesto por Moore et al. (2015) representa una versión optimizada de los métodos de predicción del PHV. Utiliza ecuaciones simplificadas basadas en variables antropométricas y cronológicas para estimar el estado madurativo con un menor error de predicción que modelos anteriores.

2.3.12.2. Precisión y limitaciones.

Diversos estudios Robinson et al. (2025) y Malina (2018) han señalado que las ecuaciones de Moore presentan una precisión adecuada para la clasificación madurativa en poblaciones deportivas juveniles Sin embargo, pueden sobreestimar o subestimar el estado madurativo en sujetos con ritmos extremos de desarrollo, especialmente en maduradores tempranos o tardíos.

2.3.13. Porcentaje de talla adulta alcanzada (PAH%)

2.3.13.1. Método Khamis-Roche.

El método Khamis-Roche permite estimar la estatura adulta final utilizando variables antropométricas actuales y la talla de los padres. A partir de esta predicción se calcula el Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%), considerado un indicador válido del estado de maduración (Giudicelli, 2021).

2.3.13.2. Aplicación práctica

El PAH% permite clasificar a los deportistas según su nivel de desarrollo biológico y ha demostrado utilidad para reducir sesgos de selección y mejorar la identificación del talento deportivo. Además, facilita la individualización de las cargas de entrenamiento y la interpretación contextualizada del rendimiento físico. (Sweeney y Lundberg, 2025).

2.3.14. Índice de Desarrollo Corporal (IDC)

2.3.14.1. Fundamentación.

Curnyn et al. (2025) señala que el Índice de Desarrollo Corporal (IDC) es un método antropométrico que relaciona diversas medidas corporales con la estatura para estimar el grado de desarrollo biológico. Su evolución metodológica dio lugar al Índice de Desarrollo Corporal Modificado (IDCm), que incorpora diámetros óseos y perímetros corporales para mejorar la estimación de la edad morfológica.

2.3.14.2. Aplicación en población deportiva.

El IDC constituye una herramienta útil para evaluar la maduración biológica en contextos deportivos debido a su carácter no invasivo, bajo costo y facilidad de aplicación. Su utilización permite clasificar a los deportistas según su nivel de desarrollo biológico,

contribuyendo a una planificación más individualizada del entrenamiento y a procesos de selección más equitativos (Ontaneda, 2016).

2.3.15. Influencia de la maduración en la composición corporal

2.3.15.1. Masa muscular.

Durante la adolescencia, la maduración biológica constituye uno de los principales factores responsables del incremento de la masa muscular, especialmente en los varones debido al aumento significativo de la concentración de testosterona durante la pubertad. Este entorno hormonal favorece la hipertrofia muscular y el desarrollo óseo, lo que se traduce en una mayor capacidad para producir fuerza y potencia (Celemín et al., 2023).

La evidencia científica indica que el periodo asociado al Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) representa una etapa crítica para el desarrollo muscular. Después de este hito se observan incrementos significativos en la masa muscular y en las áreas musculares transversales de segmentos corporales como el muslo y la pantorrilla. Asimismo, los deportistas con maduración biológica adelantada suelen presentar mayores valores de masa muscular y circunferencias corporales que sus pares de maduración tardía, situación que contribuye a explicar sus ventajas temporales en pruebas de fuerza y potencia.

2.3.15.2. Masa grasa.

La evolución de la masa grasa durante la adolescencia presenta diferencias asociadas al sexo y al estado madurativo. En las mujeres, el incremento de los estrógenos favorece una mayor acumulación de tejido adiposo, mientras que en los varones se observa una tendencia hacia una reducción relativa del porcentaje graso conforme avanza la maduración biológica (Hermosilla et al., 2024).

En futbolistas adolescentes, la composición corporal suele verse influenciada tanto por la maduración como por las demandas específicas del entrenamiento sistemático. Diversos estudios han mostrado que los jugadores con estados madurativos más avanzados

presentan una composición corporal más favorable para el rendimiento físico, caracterizada por una mayor proporción de masa magra y menores porcentajes relativos de grasa corporal (Esparza, 2021).

2.3.15.3. Estatura y peso corporal.

La estatura y el peso corporal son variables estrechamente relacionadas con el proceso de maduración biológica. Durante el PHV, los varones pueden experimentar incrementos promedio cercanos a 10 cm por año, acompañados de importantes aumentos de masa corporal (Esparza, 2021).

La literatura señala que los adolescentes con maduración adelantada suelen presentar mayores valores de talla y peso corporal que sus compañeros de la misma edad cronológica, pero con maduración normal o tardía. Estas diferencias antropométricas explican, en parte, las ventajas observadas en determinadas capacidades físicas y constituyen uno de los factores responsables de los sesgos en la detección de talentos deportivos.

2.3.16. Maduración y fuerza muscular

2.3.16.1. Cambios neuromusculares.

Las mejoras de fuerza durante las etapas previas al PHV se relacionan principalmente con adaptaciones neurales, debido a que los niveles hormonales anabólicos aún son relativamente bajos. Estas adaptaciones incluyen una mayor activación de unidades motoras, mejoras en la coordinación intermuscular y una reducción de la coactivación antagonista (Peleteiro, 2023).

A medida que progresa la maduración biológica, el sistema neuromuscular alcanza mayores niveles de eficiencia funcional, favoreciendo el reclutamiento de fibras musculares de contracción rápida y mejorando la capacidad para generar fuerza explosiva (Verdugo, 2015).

2.3.16.2. Desarrollo de la fuerza.

Como señala Verdugo (2025) La fuerza muscular presenta una estrecha relación con el estado madurativo. Durante la pubertad, los varones experimentan incrementos acelerados en los niveles de fuerza debido a la combinación de cambios hormonales, aumento de masa muscular y mejoras neuromusculares.

Diversos estudios han mostrado que los futbolistas ubicados en etapas med-PHV y post-PHV presentan un rendimiento significativamente superior en pruebas de fuerza explosiva respecto a aquellos clasificados como pre-PHV. Estos hallazgos confirman que la maduración biológica constituye un factor determinante en el desarrollo de la fuerza durante la adolescencia (Moya, et al., 2026; Hermosilla et al., 2024).

2.3.17. Maduración y potencia muscular

2.3.17.1. Salto vertical.

La potencia de miembros inferiores, evaluada mediante el salto con contramovimiento (CMJ), muestra una fuerte asociación con el estado de maduración biológica. Los futbolistas que han alcanzado o superado el PHV presentan valores significativamente superiores de altura de salto en comparación con aquellos que aún no han alcanzado este hito madurativo (Amaroti et al., 2024).

Estas diferencias se explican por el incremento de la masa muscular, la mejora de las propiedades neuromusculares y el aumento de la mineralización ósea que acompañan el proceso madurativo.

2.3.17.2. Producción de potencia.

La capacidad para generar potencia muscular aumenta conforme progresa la maduración biológica. El incremento de las hormonas sexuales durante la pubertad favorece el desarrollo de la fuerza máxima y la eficiencia neuromuscular, elementos esenciales para la producción de potencia (Díaz y Peleteiro, 2023).

Los jugadores con maduración adelantada suelen presentar ventajas temporales en acciones explosivas debido a su mayor masa muscular y tamaño corporal. Sin embargo, dichas diferencias tienden a disminuir conforme los sujetos alcanzan la madurez biológica completa.

2.3.18. Maduración y velocidad de desplazamiento

2.3.18.1. Sprint.

La velocidad lineal mejora progresivamente con el avance de la maduración biológica. Los jugadores clasificados en etapas post-PHV suelen registrar tiempos inferiores en pruebas de sprint respecto a aquellos ubicados en etapas pre-PHV (Dugdale et al., 2024).

Estas diferencias están relacionadas con el aumento de la longitud de las extremidades inferiores, la masa muscular y la capacidad para producir fuerza rápidamente, factores que evolucionan de forma paralela al desarrollo biológico.

2.3.18.2. Capacidad de aceleración.

Dugdale et al. (2024) señala que la aceleración es una capacidad altamente dependiente de la fuerza relativa y de la potencia muscular. Estudios recientes han mostrado que los futbolistas con estados madurativos más avanzados presentan un mejor rendimiento en acciones de aceleración de corta distancia.

No obstante, diversos autores Díaz y Peleteiro (2023) recomiendan interpretar estos resultados considerando el estado madurativo, ya que una ventaja física temporal podría ser confundida con un mayor potencial deportivo.

2.3.19. Maduración y resistencia aeróbica

2.3.19.1. Consumo máximo de oxígeno (VO₂máx).

El consumo máximo de oxígeno constituye uno de los principales indicadores de la capacidad aeróbica. Su evolución durante la adolescencia se encuentra estrechamente

relacionada con la maduración biológica y con los cambios estructurales que experimentan los sistemas cardiovascular y respiratorio (Verdugo, 2015).

Los deportistas con maduración adelantada suelen presentar ventajas temporales en las pruebas de resistencia debido a una mayor masa corporal magra, mayores dimensiones cardíacas y una mejor capacidad para transportar y utilizar oxígeno durante el ejercicio (Sweeney y Lundberg, 2025).

2.3.19.2. Adaptaciones fisiológicas.

El proceso madurativo genera importantes adaptaciones cardiovasculares, respiratorias y metabólicas que favorecen el rendimiento aeróbico. Entre ellas destacan el aumento del tamaño cardíaco, la mejora del volumen sistólico y el incremento de la masa muscular activa (Verdugo, 2015; Ontaneda, 2016).

En este sentido los autores indican que el rendimiento en pruebas de resistencia mejora conforme los deportistas progresan desde etapas pre-PHV hacia etapas post-PHV, lo que confirma la influencia del desarrollo biológico sobre la capacidad aeróbica durante la adolescencia.

2.3.20. La maduración biológica en el fútbol formativo

2.8.20.1. Características del fútbol en edades formativas. Exigencias físicas.

El fútbol en edades formativas se caracteriza por ser un deporte intermitente y acíclico que combina acciones de baja, moderada y alta intensidad durante el desarrollo del juego (Hermosilla et al., 2024).

Aunque las acciones explosivas como los sprints, aceleraciones, desaceleraciones, saltos y cambios de dirección representan una proporción relativamente pequeña del tiempo total de juego, son determinantes para el rendimiento competitivo y la resolución de situaciones decisivas dentro del partido.

Sweeney y Lundberg (2025) señalan que las demandas físicas del fútbol varían según la categoría, posición de juego, nivel competitivo y características individuales del deportista. Durante la adolescencia, estas exigencias adquieren una complejidad adicional debido a las diferencias en crecimiento y maduración biológica que pueden existir entre jugadores de la misma edad cronológica. Por esta razón, la interpretación del rendimiento físico debe realizarse considerando el estado madurativo de cada futbolista y no únicamente su edad por calendario.

2.8.20.2. Proceso de desarrollo deportivo.

El desarrollo deportivo en el fútbol juvenil constituye un proceso progresivo y multifactorial influenciado por el crecimiento, la maduración biológica, el entrenamiento y las condiciones del entorno. Las academias y programas de formación buscan favorecer una evolución gradual de las capacidades físicas, técnicas, tácticas y psicológicas necesarias para el rendimiento futuro. (Amaroti et al., 2024).

Por consiguiente, durante la pubertad se producen cambios biológicos significativos que pueden potenciar el desarrollo de cualidades como la fuerza, la potencia, la velocidad y la resistencia. Por ello, la literatura especializada recomienda que la planificación del entrenamiento considere las diferentes etapas de maduración, favoreciendo una adaptación adecuada de las cargas y reduciendo el riesgo de lesiones y abandono deportivo.

2.3.21. Influencia de la maduración en el rendimiento futbolístico

2.3.21.1. Evidencia científica internacional.

Diversos estudios desarrollados en los últimos años coinciden en señalar que la maduración biológica ejerce una influencia significativa sobre el rendimiento físico de los futbolistas jóvenes. Los deportistas con un desarrollo madurativo más avanzado suelen presentar mayores valores de estatura, masa corporal y masa muscular, características que

pueden favorecer el desempeño en pruebas de fuerza, potencia y velocidad. (França y Tran, 2024).

En consecuencia, los jugadores que atraviesan etapas más avanzadas de maduración suelen obtener ventajas temporales en determinadas manifestaciones del rendimiento físico. Sin embargo, la evidencia también indica que estas diferencias tienden a disminuir a medida que los deportistas alcanzan la madurez biológica completa, momento en el que otros factores como las habilidades técnico-tácticas, cognitivas y psicológicas adquieren mayor relevancia para el rendimiento deportivo.

Asimismo, se ha documentado una importante variabilidad madurativa entre jugadores pertenecientes a una misma categoría de edad, lo que refuerza la necesidad de incorporar indicadores biológicos en los procesos de evaluación y seguimiento dentro del fútbol formativo.

2.3.21.2. Estudios recientes.

Las investigaciones recientes continúan respaldando la relación entre maduración biológica y rendimiento físico en futbolistas jóvenes. Los hallazgos muestran que los jugadores situados en etapas cercanas o posteriores al Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV) suelen presentar mejores resultados en pruebas de salto, velocidad, fuerza y potencia en comparación con aquellos que se encuentran en etapas previas. (Wang y Tran, 2024).

De igual forma, diversos estudios han señalado que los métodos de evaluación basados en el porcentaje de talla adulta alcanzada (PAH%), el Maturity Offset y otras técnicas antropométricas permiten identificar diferencias relevantes en el desarrollo físico de los futbolistas juveniles. Estas herramientas facilitan una interpretación más contextualizada del rendimiento y contribuyen a optimizar los procesos de entrenamiento, selección y detección de talentos (Hackett et al., 2023).

2.3.22. Sesgos en la identificación de talentos

2.3.22.1. Selección basada en ventajas físicas.

Sweeney et al. (2023) señala que la identificación de talentos en el fútbol juvenil puede verse influenciada por las diferencias de crecimiento y maduración existentes entre jugadores de la misma edad cronológica. En numerosos contextos de formación, los entrenadores tienden a valorar positivamente características como la estatura, la fuerza, la velocidad y la potencia, atributos que suelen estar asociados con estados de maduración más avanzados.

Como consecuencia, los futbolistas con maduración temprana tienen mayores probabilidades de ser seleccionados para equipos de rendimiento o programas de desarrollo especializado. Sin embargo, estas ventajas físicas no necesariamente reflejan un mayor potencial deportivo futuro, ya que en muchos casos corresponden a diferencias temporales derivadas del proceso madurativo.

2.3.22.2. Consecuencias para el desarrollo deportivo.

La sobrevaloración de las ventajas físicas asociadas a la maduración temprana puede generar la exclusión prematura de jugadores con maduración tardía que poseen un elevado potencial de desarrollo a largo plazo. Esta situación puede limitar sus oportunidades de acceso a programas de formación especializados y aumentar el riesgo de abandono deportivo (Malina et al., 2015).

Por otra parte, algunos estudios sugieren que los deportistas de maduración tardía desarrollan con frecuencia mayores recursos técnicos, tácticos y psicológicos para compensar sus desventajas físicas temporales. De igual manera, los jugadores con maduración temprana pueden experimentar una dependencia excesiva de sus ventajas biológicas iniciales, lo que podría afectar el desarrollo de otras dimensiones importantes del rendimiento.

En consecuencia, la literatura actual recomienda que los procesos de identificación y desarrollo de talentos incorporen indicadores de maduración biológica para favorecer evaluaciones más equitativas y una mejor proyección del potencial deportivo futuro.

2.3.23. Efecto de la Edad Relativa (RAE)

2.3.23.1. Concepto.

El Efecto de la Edad Relativa (Relative Age Effect, RAE) hace referencia a la ventaja que pueden presentar los deportistas nacidos en los primeros meses del año de selección respecto a aquellos nacidos en los últimos meses del mismo periodo. Este fenómeno surge debido a que las categorías deportivas suelen organizarse utilizando fechas de corte anuales, lo que permite que dentro de un mismo grupo existan diferencias de hasta doce meses en edad cronológica (Salter et al., 2022).

En síntesis, durante la infancia y la adolescencia, esta diferencia temporal puede traducirse en ventajas físicas, cognitivas y motrices que influyen en los procesos de selección y participación deportiva.

2.3.23.2. Impacto en el fútbol juvenil.

Numerosas investigaciones han identificado una mayor representación de futbolistas nacidos en los primeros meses del año dentro de academias de formación y programas de alto rendimiento. Esta situación puede favorecer la selección de jugadores relativamente mayores y disminuir las oportunidades de participación de quienes nacieron en los últimos meses del año competitivo (Malina et al., 2015; Cripps et al., 2016; Toum et al., 2021; Sweeney et al., 2023).

Sin embargo, la magnitud de este efecto tiende a disminuir progresivamente conforme aumenta la edad de los deportistas y las diferencias madurativas se reducen. En etapas avanzadas de formación, las capacidades técnicas, tácticas y psicológicas adquieren una importancia creciente en la explicación del rendimiento deportivo.

2.3.23.3. Relación con la maduración biológica.

Aunque el Efecto de la Edad Relativa y la maduración biológica pueden actuar simultáneamente sobre el rendimiento deportivo, ambos representan fenómenos distintos. Mientras que el RAE se relaciona con la fecha de nacimiento dentro del año competitivo, la maduración biológica depende del ritmo individual de desarrollo de cada sujeto. (Sweeney et al., 2023).

La evidencia científica señala que la relación entre ambos factores es limitada, por lo que un jugador cronológicamente mayor no necesariamente presenta una maduración biológica más avanzada. En consecuencia, la evaluación conjunta de la edad cronológica y del estado madurativo permite comprender con mayor precisión las diferencias observadas en el rendimiento de los futbolistas jóvenes y favorece procesos de selección más justos y objetivos.

2.3.24. Bio-banding como estrategia de agrupación deportiva

2.3.24.1. Concepto de Bio-banding. Fundamentos teóricos.

Cumming (citado en Amaroti et al., 2024) señala que el bio-banding es una estrategia de agrupación de deportistas basada en indicadores de crecimiento y maduración biológica, en lugar de utilizar exclusivamente la edad cronológica como criterio de organización. Esta propuesta surge como respuesta a la amplia variabilidad biológica existente dentro de las categorías deportivas convencionales, donde jóvenes nacidos en el mismo año pueden presentar diferencias sustanciales en su desarrollo madurativo.

La implementación del bio-banding se fundamenta en la utilización de indicadores como el Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV), el desfase madurativo (Maturity Offset), el Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%) o la edad ósea, con el propósito de agrupar a los deportistas según su nivel de desarrollo biológico y no únicamente por su edad cronológica (Sweeney y Lundberg, 2025).

Desde una perspectiva teórica, esta estrategia busca disminuir la influencia de las ventajas físicas transitorias asociadas a una maduración adelantada y proporcionar oportunidades de desarrollo más equitativas para todos los deportistas (Romann, 2022).

De esta manera, los jugadores con maduración temprana se enfrentan a contextos donde deben potenciar aspectos técnicos, tácticos y cognitivos, mientras que aquellos con maduración tardía pueden expresar con mayor libertad sus capacidades sin verse condicionados por desventajas físicas temporales.

Asimismo, el bio-banding se considera una herramienta complementaria al sistema tradicional de competición por edades y no un sustituto de este. Su principal finalidad es optimizar los procesos de formación deportiva, identificación del talento y gestión de cargas durante las etapas de crecimiento y desarrollo.

2.3.25. Métodos para la implementación del Bio-banding

2.3.25.1. Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV).

El Pico de Velocidad de Crecimiento constituye uno de los métodos más utilizados para la implementación del bio-banding. Su aplicación se basa en la estimación del tiempo que falta o ha transcurrido desde el momento de máximo crecimiento longitudinal del adolescente, mediante ecuaciones predictivas como las propuestas por Mirwald et al. o Moore et al. (Albaladejo-Saura et al., 2022, p. 182; Hernández et al., 2018, p. 88).

A partir de estas estimaciones, los deportistas suelen clasificarse en categorías pre-PHV, circa-PHV y post-PHV, lo que facilita la adaptación de las cargas de entrenamiento y la planificación de procesos de desarrollo acordes con las características biológicas de cada jugador.

2.3.25.2. Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%)

El Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%) es uno de los métodos de bio-banding más utilizados en academias de fútbol debido a su carácter no invasivo y a su

facilidad de aplicación en contextos de campo (Salter et al., 2022, p. 60; Ortega et al., 2026, p. 159).

Este procedimiento se basa en la predicción de la talla adulta mediante el método de Khamis-Roche, considerando variables como la edad cronológica, la estatura actual, la masa corporal y la talla de los progenitores. Posteriormente, la estatura actual se expresa como porcentaje de la talla adulta estimada, permitiendo agrupar a los jugadores según su grado de maduración somática (Curnyn et al., 2025).

Aunque los puntos de corte pueden variar entre investigaciones y programas deportivos, generalmente se emplean rangos que permiten diferenciar jugadores con desarrollo biológico más adelantado, promedio o más tardío, favoreciendo una distribución más homogénea de las características físicas dentro de los grupos de entrenamiento.

2.3.25.3. Edad ósea.

La edad ósea es considerada el método de referencia para la valoración de la maduración biológica, debido a su elevada precisión para determinar el estado real de desarrollo esquelético (Saura y Esparza, 2022; Sullivan et al., 2023).

Su estimación se realiza mediante técnicas radiográficas, siendo los métodos Greulich-Pyle, Tanner-Whitehouse (TW3) y Fels los más utilizados internacionalmente. En el contexto del bio-banding, la comparación entre edad ósea y edad cronológica permite clasificar a los deportistas como maduradores tempranos, normales o tardíos (Itoh y Hirose, 2020).

No obstante, las exigencias técnicas, económicas y logísticas asociadas a la obtención e interpretación de radiografías limitan su utilización sistemática en academias deportivas, motivo por el cual suelen emplearse con mayor frecuencia métodos antropométricos indirectos.

2.3.26. Beneficios del Bio-banding

2.3.26.1. Desarrollo del talento.

Diversas investigaciones Cobley (2022); West et al. (2025) y Robinson (2025) han señalado que el bio-banding puede favorecer el desarrollo integral del talento deportivo al generar entornos competitivos más equilibrados y ajustados al nivel de maduración de los participantes.

En estos contextos, los jugadores con maduración temprana tienden a depender menos de sus ventajas físicas, mientras que los de maduración tardía disponen de mayores oportunidades para demostrar capacidades técnicas, tácticas y psicológicas.

2.3.26.2. Reducción de desigualdades competitivas.

Uno de los principales beneficios atribuidos al bio-banding es la disminución de las desigualdades derivadas de las diferencias en el ritmo de maduración biológica. Al reducir la heterogeneidad física dentro de los grupos de entrenamiento y competición, se favorece una participación más equilibrada y una evaluación más justa del rendimiento deportivo (Salter et al., 2022).

Además, diversos estudios han reportado que las competiciones organizadas mediante bio-banding promueven una mayor participación técnica y táctica de los jugadores, reduciendo la influencia exclusiva de las ventajas antropométricas sobre el desempeño competitivo (West et al., 2025).

2.3.26.3. Prevención de lesiones.

La aplicación del bio-banding también ha sido propuesta como una estrategia complementaria para la gestión de cargas durante las etapas de crecimiento acelerado. Al considerar el estado madurativo en la planificación del entrenamiento, es posible adaptar las exigencias físicas a las capacidades individuales del deportista, especialmente durante el

periodo próximo al PHV, reconocido como una fase de mayor vulnerabilidad a lesiones por sobrecarga (Salter et al., 2022).

Aunque la evidencia disponible aún es limitada, los autores sugieren en esta investigación que esta aproximación podría contribuir a una mejor tolerancia al entrenamiento y a una reducción del riesgo lesional cuando se combina con programas adecuados de monitorización y preparación física.

2.3.27. Limitaciones y desafíos del Bio-banding

2.3.27.1. Aspectos metodológicos.

A pesar de sus potenciales beneficios, el bio-banding presenta diversas limitaciones metodológicas. Una de las más relevantes es la precisión variable de los métodos indirectos utilizados para estimar la maduración biológica, especialmente aquellos basados en ecuaciones antropométricas. Estudios previos han señalado que estas herramientas pueden presentar errores de estimación y clasificar incorrectamente a determinados individuos, particularmente en los extremos de la distribución madurativa (West et al., 2025).

Asimismo, muchos de los modelos predictivos fueron desarrollados en poblaciones específicas, por lo que su validez puede verse comprometida cuando se aplican en contextos socioculturales o étnicos diferentes. A ello se suma la utilización frecuente de datos autoinformados, como la estatura de los progenitores, que puede afectar la exactitud de las estimaciones.

2.3.27.2. Aplicación en academias y clubes.

La implementación del bio-banding también implica desafíos organizativos y logísticos. Entre ellos destacan la necesidad de personal capacitado para realizar mediciones antropométricas estandarizadas, la monitorización periódica del crecimiento y la disponibilidad de suficientes deportistas para conformar grupos biológicamente homogéneos.

En clubes con estructuras reducidas o con un número limitado de jugadores por categoría, la conformación de bandas de madurez puede resultar difícil desde el punto de vista operativo. Además, la adopción de este enfoque requiere cambios en la cultura organizacional y en los procesos tradicionales de identificación de talentos, aspectos que pueden generar resistencia entre entrenadores y responsables deportivos (West et al., 2025).

Por estas razones, la literatura actual recomienda considerar el bio-banding como una herramienta complementaria dentro de programas integrales de desarrollo del talento, combinándolo con criterios técnicos, tácticos, psicológicos y sociales para lograr una evaluación más completa del futbolista en formación.

Capítulo III: Diseño metodológico

Este capítulo fundamenta el paradigma y la estructura metodológica que sustenta la investigación, detallando el proceso sistemático seguido para analizar la relación entre la edad cronológica y la maduración biológica en futbolistas adolescentes.

La investigación presente corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica, orientada al análisis de la relación entre la edad cronológica y la maduración biológica en futbolistas adolescentes. La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos como Pubmed, scopus, scielo y google scholar, considerando artículos entre 2015 y 2025.

Como criterios de inclusión se consideraron estudios realizados en futbolistas adolescentes, artículos originarios en español e inglés, y publicaciones relacionadas con variables de maduración biológica, edad cronológica y rendimiento físico.

Se excluyeron investigaciones realizadas en poblaciones adultas, artículos duplicados y estudios que no abordan directamente la temática de interés.

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, ya que Según Creswell (2013), la investigación cualitativa busca comprender los fenómenos a través de la exploración de las experiencias y perspectivas de los participantes, utilizando diseños como la fenomenología, la etnografía, la teoría fundamentada y el estudio de casos.

Sin embargo, es importante señalar que, el tratarse de una revisión narrativa, no se realiza una recolección directa de datos. en lugar de ello se analiza de manera critica los resultados de investigaciones previas, permitiendo identificar patrones y tendencias reportadas en la literatura, ya que se basa en la recolección de datos numéricos (medidas antropométricas y resultados de pruebas físicas) y el uso de la estadística para probar hipótesis y establecer patrones de comportamiento.

El diseño es **no experimental**, dado que no existe una manipulación deliberada de las variables, este diseño se enfoca en la revisión sistemática de estudios previos, permitiendo observar los fenómenos en su contexto natural, sin intervención directa. De este

modo, se analiza los hallazgos dentro de la literatura existente para contrastar y sintetizar conclusiones. Asimismo, se define como un estudio:

- **Exploratorio y descriptivo:** Permitió familiarizarse con fenómenos poco estudiados en contextos específicos y detallar las características morfo-funcionales de la muestra. Cada uno de estos enfoques, aunque típicamente se aplican en investigaciones cuantitativas o de campo, se adaptan aquí para clasificar los estudios revisados, Así la revisión narrativa permite no solo describir, sino también identificar relaciones entre las variables analizadas.
- **Correlacional:** El alcance correlacional de la investigación permitió analizar la relación existente entre la edad cronológica, maduración biológica y el rendimiento físico en futbolistas adolescentes tomando como referencias los resultados reportados de diferentes estudios científicos, A través del análisis se buscar identificar posibles asociaciones entre las variables estudiadas y su influencia en el desempeño deportivo Tiene como fin determinar el grado de relación o asociación existente entre la edad cronológica, el estado madurativo y el rendimiento físico.

Los **métodos teóricos** (análisis, síntesis y revisión bibliográfica) permiten fundamentar los conceptos de crecimiento y desarrollo, mientras que los **métodos prácticos** (medición y observación) aportan los datos objetivos necesarios para la validación de las hipótesis.

En este contexto la revisión bibliográfica contribuye a la principal fuente de obtención de información, permitiendo recopilar evidencia científica actualizada acerca de la relación entre la edad cronológica, maduración biológica y rendimiento físico en futbolistas adolescentes. El análisis de los diferentes estudios facilita la comparación de resultados y la interpretación de los hallazgos reportados por diversos autores.

3.2. La población y la muestra

3.2.1. Población

Estuvo constituida por futbolistas adolescentes varones y/o mujeres pertenecientes a escuelas de formación o academias de fútbol, habitualmente en el rango de **11 a 16 años**, etapa crítica vinculada al Pico de Velocidad de Crecimiento (PHV).

La selección de esta población responde a la importancia que posee la etapa de la adolescencia dentro del desarrollo físico y deportivo, debido a que durante este período ocurren cambios significativos asociados al crecimiento, la maduración biológica y el rendimiento físico

3.2.2. Muestra:

La muestra documental estuvo conformada por artículos científicos y estudios previamente publicados relacionados con futbolistas adolescentes, seleccionados de acuerdo con criterios de inclusión establecidos para garantizar la pertinencia y calidad de la información analizada. Se emplea un **muestreo no probabilístico por conveniencia o intencional**, seleccionando a los sujetos según criterios de inclusión específicos:

- Estar legalmente inscrito en la categoría correspondiente.
- Contar con el **consentimiento informado** firmado por los padres o tutores.
- Estar físicamente sano y sin lesiones que limiten la ejecución de las pruebas.
- Cumplir con el rango de edad cronológica establecido para el estudio (ej. 12-15 años).

3.3. Métodos y técnicas

Los estudios realizados dentro de la revisión narrativa emplean técnicas estandarizadas de **cineantropometría** y **evaluación del rendimiento físico** para la valoración de las variables relacionadas con la maduración biológica y el desempeño deportivo en futbolistas adolescentes garantizar la objetividad.

3.3.1. Instrumentos de medición

3.3.1.1. Antropometría:

Se siguen los protocolos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (**ISAK**). En los estudios revisados utilizan:

- Báscula digital (precisión de 0.1 kg) para la masa corporal.
- Estadiómetro de aluminio (precisión de 0.1 cm) para la talla total y talla sentado.
- Cinta métrica flexible y antropómetro para perímetros y diámetros óseos.

3.3.1.2. Rendimiento Físico:

Batería de test que incluye salto vertical (**CMJ**), velocidad lineal (sprint de 20-30m) y resistencia aeróbica (Yo-Yo Intermittent Recovery Test).

3.3.2. Estimación de la Maduración Biológica:

Estos métodos son ampliamente utilizados en investigaciones relacionadas con el crecimiento y desarrollo deportivo, debido a su practicidad, bajo costo y adecuada aplicabilidad en poblaciones adolescentes. Se aplican métodos no invasivos basados en ecuaciones de predicción:

3.3.2.1. Ecuación de Mirwald (2002):

Predice el desfase respecto al PHV utilizando la edad cronológica, peso, talla y talla sentado. La utilización de estos métodos permite estimar el estado de madurativo de los deportistas sin recurrir a procedimientos invasivos, facilitando el análisis de las diferencias biológicas presentes entre individuos de una misma edad cronológica.

3.3.2.2. Índice de Desarrollo Corporal Modificado (IDCm) de Siret (1991):

Clasifica a los sujetos en desarrollo acelerado, normal o retardado a partir de diámetros y circunferencias.

3.3.2.3. Porcentaje de Talla Adulta Alcanzada (PAH%):

Método de Khamis-Roche que requiere la estatura de los padres biológicos.

3.3.3. Validez y Confiabilidad:

Los instrumentos que se evidencian contaron con calibración previa. Para la antropometría, se reporta un **Error Técnico de Medida (ETM)** inferior al 3% o incluso al 0.5% en personal altamente capacitado. Las pruebas físicas presentan coeficientes de reproducibilidad (r) entre 0.83 y 0.99. La inclusión de procedimientos validados científicamente fortalece la confiabilidad de los resultados reportados en la literatura revisada y contribuye a una interpretación más objetiva de la relación entre maduración biológica y rendimiento físico.

3.4. Procesamiento estadístico de la información

La información recopilada de los artículos seleccionados fue organizada en matrices de análisis documental. Posteriormente, se realizó un proceso de clasificación, comparación y síntesis de los hallazgos, considerando variables como autor, año de publicación, metodología, muestra y principales resultados, con el fin de identificar tendencias y aportes relacionados con el tema de estudio. A continuación, se presentan los criterios utilizados y la caracterización de los estudios incluidos en la revisión:

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterio	Inclusión	Exclusión
Población	Futbolistas adolescentes 11-16 años	Deportistas adultos u otros deportes
Tema	Maduración biológica y/o edad cronológica	Estudios sin relación con maduración
Idioma	Español e inglés	Otros idiomas
Tipo de estudio	Artículos originales, revisiones y tesis	Resúmenes, editoriales
Acceso	Texto completo disponible	Sin acceso al texto completo
Período	2015 - 2025	Publicaciones anteriores al 2015

Nota: Elaborado por los autores

Tabla 2. Caracterización de estudios incluidos

Autor y año	País	Objetivo del estudio	Muestra (n=X)	Método de evaluación de maduración	Principales hallazgos
Ontaneda Marín (2015)	Ecuador	Valorar el grado de maduración biológica en deportistas de 12 a 15 años.	n=16 deportistas de taekwondo.	Índice de Desarrollo Corporal Modificado (IDCm) de Siret.	El 31,25% presentó desarrollo atrasado; existe una marcada falta de concordancia entre edad decimal y biológica.
Silva Junior et al. (2015)	Brasil	Analizar el Efecto de la Edad Relativa (RAE) y la influencia de la maduración en la selección.	n=89 futbolistas Sub-14.	Ecuación de Mirwald (Maturity Offset).	Desequilibrio en fechas de nacimiento (sesgo Q1) e influencia significativa del desfase madurativo en los procesos de selección.
Hernández Camacho et al. (2018)	España	Determinar el PHV y analizar su relación con componentes antropométricos y masa muscular.	n=53 futbolistas juveniles.	Ecuación de Mirwald (Maturity Offset).	Correlación significativa positiva entre el desfase madurativo y las áreas musculares del muslo (r=0,56) y pantorrilla (r=0,80).
Itoh y Hirose (2020)	Japón	Investigar la relación entre la maduración biológica y las habilidades motoras.	Futbolistas juveniles de élite.	Edad Esquelética (Método Tanner-Whitehouse 3).	El grupo de maduración temprana superó significativamente al grupo tardío en T-test y salto de longitud.
Giudicelli et al. (2021)	Brasil	Evaluar los efectos de la edad y la madurez sobre la antropometría y el rendimiento físico.	n=67 judokas adolescentes.	Método de Khamis-Roche (% de estatura adulta prevista).	La madurez biológica tiene una mayor influencia en el desarrollo de las cualidades físicas

					que la edad cronológica.
Lüdin et al. (2022)	Suiza	Analizar el efecto del Bio-banding en indicadores clave de rendimiento.	n=24 futbolistas Sub-13 y Sub-14.	Ecuación de Mirwald (Maturity Offset).	El agrupamiento por madurez altera los indicadores clave de rendimiento y puede reducir los sesgos de selección.
Hidrobo Coello (2024)	Ecuador	Analizar la relación entre edad ósea y cronológica en futbolistas de Imbabura.	n=100 radiografías de futbolistas (6-16 años).	Carpograma (Método de Greulich-Pyle).	Se halló un 73% de no concordancia entre la edad ósea y la cronológica, predominando la maduración acelerada.
Amatori et al. (2024)	Italia	Evaluar el impacto del desarrollo puberal en el rendimiento del salto vertical (CMJ).	n=259 futbolistas adolescentes.	Escala de autoevaluación del desarrollo puberal.	Los jugadores con madurez biológica avanzada son generalmente mejores ejecutores que sus pares de maduración tardía.
Hermosilla-Palma et al. (2024)	Chile	Predecir el rendimiento físico a través de la antropometría y estados madurativos.	n=34 futbolistas de club profesional.	Edad en el PHV (APHV) mediante el modelo de Mirwald.	Los estados de maduración somática son predictores significativos de las capacidades atléticas en futbolistas jóvenes.
Robinson et al. (2025)	Reino Unido	Analizar cómo influye la clasificación biológica en la valoración de expertos sobre comportamientos psicosociales.	n=46 futbolistas juveniles.	Bio-banding (% de talla adulta alcanzada).	El formato de Bio-banding influye en la percepción de los ojeadores sobre la resiliencia y competitividad de los jugadores.
Curnyn et al. (2025)	Escocia	Evaluar la influencia de la edad relativa y la maduración en la	n=888 futbolistas (U11 a U16).	Método de Khamis-Roche (% de talla adulta).	Las academias favorecen a jugadores con

selección de
academias.

madurez
adelantada y
nacidos en el
primer trimestre
del año por su
ventaja física
temporal.

Nota: Elaborado por los autores

Capítulo IV: Análisis e interpretación de resultados

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

En este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos tras la revisión de los métodos investigados de los protocolos de medición y evaluación. El análisis se estructura en torno a las dimensiones de maduración biológica, características antropométricas y rendimiento físico, buscando establecer la relación crítica entre la edad cronológica y el estado madurativo real de los futbolistas adolescentes.

4.1.2. Distribución de la maduración biológica frente a la edad cronológica

Un hallazgo recurrente en las investigaciones es la falta de concordancia entre la edad por calendario y la edad biológica. Los datos sugieren que en un mismo equipo agrupado por

edad cronológica pueden convivir sujetos con una diferencia de hasta 5 o 6 años en su edad ósea o madurez esquelética.

Como se observa en la **Tabla N° 3** de la investigación de Ontaneda (2016), los sujetos no se distribuyen de forma uniforme según su desarrollo corporal, existiendo una prevalencia significativa de sujetos en niveles "atrasados" o "adelantados" respecto a su grupo de edad cronológica.

Tabla 3. Nivel de Desarrollo Corporal Modificado

Categoría	Frecuencia	%
Atrasado	5	31,25%
Normal	7	43,75%
Adelantado	4	25,00%

Nota: Elaborado por los autores

Fuente: Ontaneda Marín (2016)

Esta interpretación se refuerza con los estudios de Hidrobo (2024), quien encontró un **73% de no concordancia** entre la edad ósea y la cronológica en futbolistas juveniles. Esto indica que una gran proporción de los deportistas compiten en categorías que no corresponden a su nivel real de desarrollo morfo-funcional, lo que genera desigualdades físicas marcadas.

4.1.3. Relación entre la maduración y las características antropométricas

Los resultados demuestran de manera consistente que los futbolistas con maduración adelantada poseen dimensiones corporales superiores. El estado madurativo es un factor más determinante para la estatura y el peso que la simple edad cronológica durante la adolescencia.

En la siguiente tabla se detallan las diferencias significativas encontradas por Moya et al., (2026) al comparar variables antropométricas entre grupos clasificados según su cercanía

al PHV. Se observa cómo el peso y la estatura aumentan drásticamente a medida que el jugador progresa del estado Pre-PHV al Post-PHV.

Tabla 1. Diferencias en variables antropométricas según grupos de maduración PHV

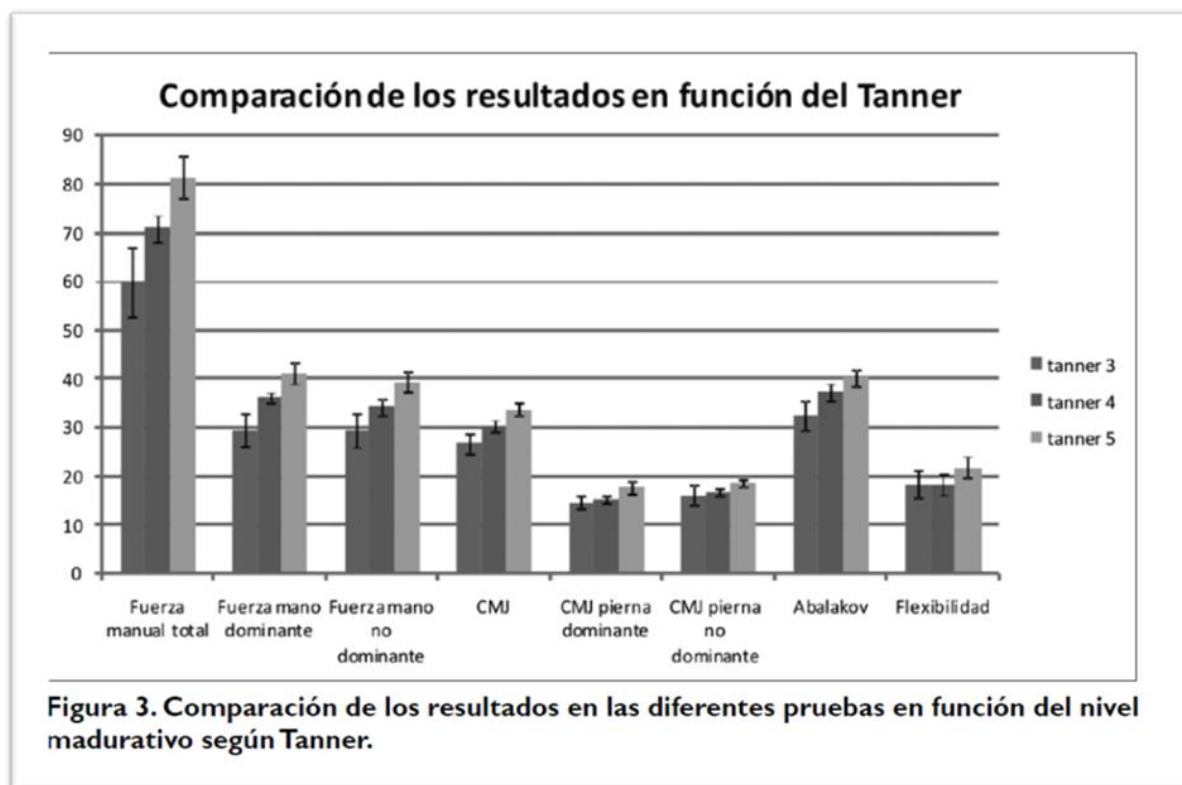
(Resumen de datos basados en la fuente)

- **Estatura:** Los sujetos Post-PHV son significativamente más altos que los Pre-PHV ($p < .05$).
- **Masa Corporal:** El peso aumenta de forma ascendente con el estado madurativo, siendo la diferencia más marcada entre el grupo med-PHV y el pre-PHV.
- **Composición Muscular:** Existe una correlación positiva fuerte ($r = 0.72$ a 0.82) entre el *maturity offset* y las áreas musculares transversales del muslo, brazo y pantorrilla.

Estos resultados sugieren que las ventajas antropométricas observadas en ciertos jugadores suelen ser temporales y fruto de una maduración temprana, más que de un talento técnico superior.

4.1.4. Impacto de la maduración en el rendimiento físico

El análisis de las capacidades físicas revela que la fuerza, la potencia y la velocidad están intrínsecamente ligadas al estado biológico. Los niveles hormonales durante la pubertad mejoran la función neural y el reclutamiento de unidades motoras.



En la **Figura 3** del estudio de Carbonell-Baeza (2009), se comparan los resultados de diversas pruebas en función de los estadios de Tanner. Se evidencia que los jugadores en niveles de maduración avanzada (Tanner 5) superan significativamente a los de niveles iniciales (Tanner 3) en fuerza de prensión manual y potencia de salto (CMJ), a pesar de pertenecer a la misma categoría cronológica (cadetes).

Figura 3. Comparación de resultados físicos según nivel madurativo de Tanner
(Descripción visual del gráfico): El gráfico de barras muestra una progresión clara donde a mayor estadio de Tanner, mayor es la altura de salto y la fuerza isométrica. No se encontraron diferencias significativas al comparar estos mismos sujetos únicamente por edad cronológica.

De igual manera, el estudio de Moya et al. (2026) confirma esta tendencia en futbolistas sub-11 y sub-15. La siguiente descripción resume el desempeño físico según el estado del PHV:

- **Salto CMJ:** Los grupos Med-PHV y Post-PHV presentaron una altura de salto significativamente mayor que sus pares Pre-PHV ($p < .001$).
- **Sprint 20m:** El tiempo de carrera disminuye (mayor velocidad) a medida que avanza la maduración biológica.
- **Resistencia:** Aunque la edad cronológica influye en el test Yo-Yo hasta los 14 años, la maduración biológica permite a los sujetos más maduros soportar mayores cargas de entrenamiento y alcanzar mejores niveles de consumo de oxígeno.

Sesgos de selección y el "Efecto de la Edad Relativa" (RAE)

La interpretación de los resultados permite visibilizar un sesgo sistémico en el fútbol juvenil. Los entrenadores tienden a seleccionar a jugadores nacidos en el primer trimestre del año (enero-marzo) y a aquellos de maduración temprana porque ofrecen un rendimiento inmediato superior.

Como se menciona en la revisión del efecto de la edad relativa, en las categorías inferiores de élite existe una representación excesiva (hasta el 74%) de jugadores nacidos en los primeros meses del año. Sin embargo, este sesgo tiende a desaparecer o incluso invertirse en el fútbol profesional (18-19 años), donde los "maduradores tardíos" que lograron sobrevivir al sistema a menudo poseen mejores habilidades técnico-tácticas y psicológicas compensatorias (**Hipótesis del Underdog**).

Conclusiones del análisis:

1. **La maduración biológica es un predictor más fiable** de las capacidades físicas que la edad cronológica en la etapa de 11 a 16 años.

2. Existe un marcado dimorfismo físico dentro de una misma categoría de edad, favoreciendo a los sujetos de maduración adelantada en pruebas de fuerza y potencia.
3. El uso exclusivo de la edad cronológica para agrupar deportistas genera procesos de selección injustos y aumenta el riesgo de lesiones por sobrecarga en sujetos con desarrollo retardado.
4. Es imperativo que los clubes y federaciones integren la valoración antropométrica y biológica (Bio-banding) para individualizar las cargas de entrenamiento y optimizar la detección de talentos a largo plazo.

Capítulo V: Discusión, conclusiones y recomendaciones

5.1. Discusión

La presente investigación se centró en analizar la desconexión entre la edad cronológica y la maduración biológica, y cómo esta influye en el rendimiento y la selección de futbolistas adolescentes. A continuación, se discuten los hallazgos en función de los objetivos y las hipótesis planteadas.

5.1.1. Relación entre edad cronológica y maduración (H1)

Los resultados confirman la H1, demostrando una falta de concordancia significativa entre la edad por calendario y el estado biológico. Investigaciones locales señalan que en grupos de edad similar existen distribuciones heterogéneas, con un 31.25% de sujetos con maduración atrasada y un 25% con maduración adelantada. Esta variabilidad es crítica entre los 13 y 15 años, donde sujetos de la misma edad cronológica pueden diferir hasta en 5 o 6 años en su edad esquelética. Autores como Malina destacan que la edad cronológica es, por tanto, un mal indicador de la madurez real, ya que el *timing* y el *tempo* de crecimiento son altamente individuales.

5.1.2. Maduración y rendimiento físico (H2)

Se valida la H2, observándose que los futbolistas con maduración adelantada (Post-PHV o Med-PHV) superan sistemáticamente a los de maduración tardía (Pre-PHV) en pruebas de fuerza, potencia y velocidad. Por ejemplo, los sujetos en estadios avanzados de Tanner muestran una fuerza de prensión manual y una altura de salto vertical (CMJ) significativamente superior. No obstante, es vital notar que estas ventajas son temporales y dependen más del desarrollo hormonal y neuromuscular que de un talento técnico intrínseco superior. En contraste, variables como la flexibilidad tienden a involucionar con la edad y la maduración, estabilizándose a partir de los 15 años.

5.1.3. Sesgos de selección y el Efecto de la Edad Relativa (RAE)

La discusión teórica revela un sesgo sistémico: los entrenadores suelen seleccionar a jugadores nacidos en el primer trimestre del año (RAE) o con maduración temprana debido a su rendimiento inmediato. Sin embargo, la evidencia sugiere que este sesgo es un fenómeno de las categorías inferiores que tiende a desaparecer o igualarse en el nivel profesional (18-19 años). Esto respalda la "Hipótesis del Underdog", donde los maduradores tardíos que logran mantenerse en el sistema desarrollan habilidades técnicas y psicológicas superiores para compensar su desventaja física inicial.

5.2. Conclusiones

- **La maduración biológica** es el factor determinante del rendimiento físico en la adolescencia (11-16 años), superando la influencia de la edad cronológica. Los futbolistas con un estado madurativo avanzado presentan niveles superiores de masa muscular, fuerza explosiva y velocidad de aceleración.
- **Existe una profunda heterogeneidad en las categorías juveniles de fútbol.** El uso exclusivo de la edad cronológica para agrupar deportistas es inadecuado, ya que ignora las variaciones morfo-funcionales individuales, lo que genera competencias desiguales y procesos de selección injustos.
- **Los métodos antropométricos son herramientas válidas y prácticas para el campo.** Aunque el *gold standard* es la radiografía ósea, ecuaciones como las de Mirwald o Moore y el IDCm de Siret permiten a los clubes estimar el estado madurativo de forma no invasiva y a bajo costo para individualizar las cargas de entrenamiento.
- **El Efecto de la Edad Relativa (RAE) fomenta la exclusión de talentos.** La sobrerrepresentación de jugadores nacidos en los primeros meses del año en las academias de élite (hasta un 74%) indica que se está privilegiando la madurez física temporal sobre el potencial técnico a largo plazo.

- **El Bio-banding emerge como la solución metodológica.** Agrupar a los deportistas por su estado de madurez (ej. % de talla adulta alcanzada) en lugar de su año de nacimiento reduce el riesgo de lesiones y permite que tanto maduradores tempranos como tardíos enfrenten desafíos técnicos y físicos acordes a su nivel biológico.

5.3 Recomendaciones

- Implementar de forma periódica el Bio-banding en los clubes y federaciones que organizan torneos o sesiones de entrenamiento, basándose en indicadores de madurez biológica para nivelar la competencia y facilitar la evaluación del talento técnico sin el sesgo derivado de las diferencias físicas.
- **Monitorear la longitudinal del crecimiento** de la estatura y peso para identificar el Pico de Velocidad de Crecimiento con la finalidad de ajustar las cargas de trabajo durante el "estirón" (periodo de mayor vulnerabilidad a lesiones por sobrecarga).
- **Capacitar a cuerpos técnicos**, así como a los entrenadores de fútbol en conceptos de edad biológica vs. cronológica para evitar la "marginación deportiva" de talentos de maduración tardía, priorizando criterios técnicos y tácticos en la selección.
- **Investigaciones en fútbol femenino:** Existe una laguna importante en el conocimiento sobre cómo la maduración afecta a las futbolistas adolescentes. Futuros estudios deben incluir muestras femeninas para entender sus trayectorias de desarrollo específicas.
- **Limitaciones del estudio:** Se debe reconocer que los métodos basados en ecuaciones antropométricas tienen un margen de error (aprox. ± 0.5 a 0.6 años) y subestiman a los maduradores tempranos. Además, al ser estudios transversales, no pueden establecer causalidad definitiva, por lo que se sugiere futuros diseños longitudinales.

Referencias bibliográficas

- Aixa-Requena, S., Gil-Galve, A., Legaz-Arrese, A., Hernández-González, V., & Reverter-Masia, J. (2025). Influence of biological maturation on the career trajectory of football players: Does it predict elite success? *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 153. <https://doi.org/10.3390/jfmk10020153>.
- Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., & Esparza-Ros, F. (2022). Métodos de estimación de la maduración biológica en Ciencias del Deporte: Revisión bibliográfica. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17(53), 55-75. <https://doi.org/10.12800/ccd.v17i53.1925>.
- Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., González-Gálvez, N., & Esparza-Ros, F. (2021). Relationship between biological maturation, physical fitness, and kinanthropometric variables of young athletes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 328. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010328>.
- Amatori, S., Pintus, A., Corsi, L., Bensi, R., Zanini, L., Rocco, V., Guidetti, L., Baldari, C., Rocchi, M. B. L., Sisti, D., & Perroni, F. (2024). Chronological age, relative age, pubertal development and their impact on countermovement jump performance in adolescent soccer players. *Heliyon*, 10(16), e36879. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36879>.
- Arede, J., Cumming, S., Johnson, D., & Leite, N. (2021). The effects of maturity matched and un-matched opposition on physical performance and spatial exploration behavior during youth basketball matches. *PLoS ONE*, 16(4), e0249739. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249739>.
- Bennett, K. J. M., Novak, A. R., Fransen, J., & Duffield, R. (2023). The prevalence of relative age effects and the influence of the talent pool size on Australian male and female youth football. *Journal of Sports Sciences*, 41(2), 172–180. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2204582>.
- Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Amado, M., & Gil, S. M. (2019). Progression in youth soccer: Selection and identification in youth soccer players aged 13–15 years. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2548–2558. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001924>.
- Celemín Díaz, J., & Refojos Peleteiro, M. (2022). *Entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes con relación a su edad biológica* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Europea].
- Creswell, JW (2013). Investigación cualitativa y diseño de investigación: Elección entre cinco enfoques (3.ª ed.). SAGE Publications
- Cripps, AJ, Hopper, LS y Joyce, C. (2016). Las percepciones de los entrenadores sobre el potencial a largo plazo están sesgadas por la variación madurativa . *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(4), 478–481.
- Curnyn, S., Leslie, M., Palmer, D., Williams, S., & Cumming, S. (2025). The influence of relative age and biological maturation on player selection in the Scottish football associations Club Academy Scotland. *Journal of Sports Sciences*, 43(18), 1980–1991. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2527436>.

- De la Rubia, A., Kelly, A. L., García-González, J., Lorenzo, J., Mon-López, D., & Maroto-Izquierdo, S. (2024). Biological maturity vs. relative age: Independent impact on physical performance in male and female youth handball players. *Biology of Sport*, 41(3), 3–13. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2024.132999>.
- De la Rubia, A., Lorenzo-Calvo, J., Rojas-Valverde, D., Mon-López, D., Radnor, J., & Kelly, A. L. (2023). Bio-banding in handball: Academy players' perceptions based on maturity status and gender. *International Journal of Sports Medicine*, 44(12), 871–881. <https://doi.org/10.1055/a-2086-4594>.
- Dugdale, J. H., Myers, T., Sanders, D., Andrew, M., Clarke, R., & Hunter, A. M. (2024). Evaluation of multi-directional speed qualities throughout adolescence in youth soccer: The non-linear nature of transfer. *Journal of Sports Sciences*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2329846>.
- Eskandarifard, E., Nobari, H., Clemente, F. M., Silva, R., Clark, C. C. T., Sarmiento, H., & Figueiredo, A. J. (2022). The influence of maturation, fitness, and hormonal indices on minutes played in elite youth soccer players: A cross-sectional study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00480-8>.
- Fernández-Galván, L. M., Jiménez Reyes, P., Cuadrado Peñafiel, V., & Casado, A. (2022). Sprint performance and mechanical force velocity profile among different maturational stages in young soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1412. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031412>.
- França, C., Gouveia, É. R., Martins, F., Ihle, A., Henriques, R., Marques, A., Sarmiento, H., Przednowek, K., & Lopes, H. (2024). Performance among Youth Soccer Players. *Sports (Basel)*, 12, 1–9. <https://doi.org/10.3390/sports12010014>.
- Giudicelli, B. B., Luz, L. G. de O., Santos, D. H. B., Sarmiento, H., Massart, A. G. M., Júnior, A. T. da C., Field, A., & Figueiredo, A. J. B. (2021). Age and maturity effects on morphological and physical performance measures of adolescent judo athletes. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 139-151. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0090>.
- Grendstad, H., Nilsen, A. K., Rygh, C. B., Hafstad, A., & Gundersen, H. (2020). Physical capacity, not skeletal maturity, distinguishes competitive levels in male Norwegian U14 soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(2), 254–263. <https://doi.org/10.1111/sms.13576>.
- Hermosilla-Palma, F., Loro-Ferrer, J. F., Merino-Muñoz, P., Gómez-Álvarez, N., Cerda-Kohler, H., Portes-Junior, M., & Aedo-Muñoz, E. (2024). Prediction of physical performance in young soccer players through anthropometric characteristics, body composition, and somatic maturation states. *Retos*, 51, 1146-1154. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101377>.
- Hernández Camacho, J. D., Huelva Leal, A. B., Martínez-Sanz, J. M., Lahoz Ruano, M. D., & Vázquez Carrión, J. (2018). Peak height velocity and muscle mass in young soccer players. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 22(3). <https://doi.org/10.14306/renhyd.22.3.468>.

- Hidrobo Coello, J. F. (2024). Relación entre edad ósea y edad cronológica de futbolistas de la provincia de Imbabura. *Horizontes de Enfermería*, (8), 67–79.
- Hill, M., John, T., McGee, D., & Cumming, S. P. (2023). 'He's got growth': Coaches understanding and management of the growth spurt in male academy football. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(1), 24–37. <https://doi.org/10.1177/17479541221122415>.
- Hill, M., Scott, S., Malina, R. M., McGee, D., & Cumming, S. P. (2020). Relative age and maturation selection biases in academy football. *Journal of Sports Sciences*, 38(11–12), 1359–1367. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1649524>.
- Johnson, A., Farooq, A., & Whiteley, R. (2017). Skeletal maturation status is more strongly associated with academy selection than birth quarter. *Science and Medicine in Football*, 1(2), 157–163. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1283434>.
- Kozieł, S. M., & Malina, R. M. (2018). Modified maturity offset prediction equations: Validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports Medicine*, 48(1), 221–236. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0750-y>.
- Lüdin, D., Donath, L., Cobley, S., Mann, D., & Romann, M. (2022). Player-labelling as a solution to overcome maturation selection biases in youth football. *Journal of Sports Sciences*, 40(14), 1641–1647. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2099077>.
- Mainer-Pardos, E., Gonzalo-Skok, O., Nobari, H., Lozano, D., & Pérez-Gómez, J. (2021). Age-related differences in linear sprint in adolescent female soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(1), 97. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00327-8>.
- Malina, RM, Rogol, AD, Cumming, SP, Coelho e Silva, MJ, & Figueiredo, AJ (2015). Maduración biológica de atletas jóvenes: evaluación e implicaciones. *British Journal of Sports Medicine*, 49 (13), 852–859.
- Monasterio, X., Gil, S., Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Santisteban, J., Diaz-Beitia, G., Martin-Garetxana, I., & Mendez-Villanueva, A. (2023). Peak height velocity affects injury burden in circa-PHV soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 44(4), 292–297. <https://doi.org/10.1055/a-1746-1391>.
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a somatic maturity prediction model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(8), 1755–1764. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588>.
- Moya Ortega, M., Moya Ortega, A. Y., & Martínez del Águila, Á. (2026). Influencia del estado de maduración biológica en el desempeño físico de futbolistas entre 11 y 15 años. *Retos*, 74, 197-206. <https://doi.org/10.47197/retos.v74.117265>.
- Ontaneda Marín, J. R. (2016). *Medidas antropométricas para valorar el grado de maduración biológica en deportistas de taekwondo en edades comprendidas entre 12 a 15 años de la Federación Deportiva de la Provincia de Santa Elena, año 2015* [Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena].

- Robinson, J., Forsdyke, D., Arenas, L., Dawson, Z., King, M., Myhill, N., Towlson, C., Springham, M., Walsh, L., Mallinson-Howard, S. H., Barrett, S., & Salter, J. (2025). Bio-banding influences talent experts' ratings of psycho-social behaviours during 11 v 11 soccer match-play. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2570047>.
- Romann, M., Lüdin, D., & Born, D.-P. (2020). Bio-banding in junior soccer players: A pilot study. *BMC Research Notes*, 13(1), 240. <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05083-5>.
- Rumpf, M. C., Jäger, J., Clemente, F. M., Altmann, S., & Lochmann, M. (2025). The effect of relative pitch size on physiological, physical, technical and tactical variables in small-sided games: A literature review and practical guide [review]. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1592536>.
- Salter, J., Cumming, S., Hughes, J. D., & De Ste Croix, M. (2022). Estimating somatic maturity in adolescent soccer players: Methodological comparisons. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(1), 11–17. <https://doi.org/10.1177/17479541211020418>.
- Sullivan, J., Ade, J. D., Enright, K., Harper, L. D., Page, R. M., & Malone, J. J. (2023). Methods to predict the timing and status of biological maturation in male adolescent soccer players: A narrative systematic review. *PLOS ONE*, 18(9), e0286768. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286768>.
- Sweeney, L., & Lundberg, T. R. (2025). Relative age and biological maturity-related selection biases in male youth soccer across different competitive levels within a national association. *Science and Medicine in Football*, 9(3), 328-336. <https://doi.org/10.1080/24733938.2024.2369543>.
- Sweeney, L., Taylor, J., & MacNamara, Á. (2023). Factores de empuje y atracción: Contextualización de la maduración biológica y la edad relativa en los sistemas de desarrollo del talento. *Children*, 10 (1), 130
- (Sweeney & Lundberg, Relative age and biological maturity-related selection biases in male youth soccer across different competitive levels within a national association, 2025)
- Teunissen, J. W., Rommers, N., Pion, J., Cumming, S. P., Rössler, R., D'Hondt, E., Lenoir, M., Savelsbergh, G. J. P., & Malina, R. M. (2020). Accuracy of maturity prediction equations in individual elite male football players. *Annals of Human Biology*, 47(4), 409–416. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1783360>.
- Toum, M., Tribolet, R., Watsford, ML y Fransen, J. (2021). El efecto de confusión de la madurez biológica en la identificación y selección de talentos en el fútbol juvenil australiano. *Science and Medicine in Football*, 5 (4), 263–271
- Verdugo, M. F. (2015). El proceso de maduración biológica y el rendimiento. *Revista Chilena de Pediatría*, 86(6), 383-385. <https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.10.003>.
- Zapata Bastías, J., Cortés Roco, G., Salinas González, C., Aguirre Ramírez, F., Muñoz Ortiz, J., & Yañez Sepúlveda, R. (2025). Rendimiento en sprint según el estado madurativo de futbolistas sub-13 y sub-14 de un club profesional. *Retos*, 68, 1441-1450. <https://doi.org/10.47197/retos.v68.116539>

- Itoh, R., & Hirose, N. (2020). Relationship Among Biological Maturation, Physical Characteristics, and Motor Abilities in Youth Elite Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(2), 382–388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003346>
- West, S. W., Hendricks, S., Cumming, S. P., Dane, K., O'Connor, S., Jones, B., Patterson, B., Kolstad, A. T., Broglio, S., Emery, C. A., & McKay, C. D. (2026). The Contact Conundrum: Are We Introducing Contact at the Correct Time in Youth Sports?. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 56(3), 607–618. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02348-6>
- Wik, E. H., Chamari, K., Tabben, M., Di Salvo, V., Gregson, W., & Bahr, R. (2024). Exploring Growth, Maturity, and Age as Injury Risk Factors in High-Level Youth Football. *Sports medicine international open*, 8, a21804594. <https://doi.org/10.1055/a-2180-4594>
- Parry, G. N., Williams, S., McKay, C. D., Johnson, D. J., Bergeron, M. F., & Cumming, S. P. (2024). Associations between growth, maturation and injury in youth athletes engaged in elite pathways: a scoping review. *British journal of sports medicine*, 58(17), 1001–1010. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108233>

Anexos



Nota. Elaboración propia mediante la herramienta de inteligencia artificial NotebookLM (Google, 2026), a partir de los conceptos teóricos de Malina et al. (2020) y los hallazgos sobre el Efecto de la Edad Relativa de Sweeney & Lundberg (2025).



Nota. Elaboración propia mediante la herramienta de inteligencia artificial NotebookLM (Google, 2026), basada en los datos de Hidrobo Coello (2024), Ontaneda Marín (2016) y Moya Ortega et al. (2026)