



Comparación de la Aptitud física de jóvenes futbolistas chilenos categorizados por Bio-Banding

Comparison of the physical fitness of young chilean soccer players categorized by Bio-Banding

Comparação da aptidão física de jovens jogadores de futebol chilenos categorizados por Bio-Banding

Segueida Lorca, Álvaro¹; Villaseca-Vicuña, Rodrigo²; Barrera Díaz, Joel³; Pardo-Tamayo, Carolina⁴; Merino-Muñoz, Pablo⁵ & Pérez-Contreras, Jorge⁶

Segueida-Lorca, A., Villaseca-Vicuña, R., Barrera-Díaz, J., Pardo-Tamayo, C., Merino-Muñoz, P., & Pérez-Contreras, J. (2025). Comparación de la Aptitud física de jóvenes futbolistas chilenos categorizados por Bio-Banding. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 26(2), 193-209. <http://doi.org/10.29035/rcaf.26.2.14>

RESUMEN

El reconocimiento de las diferencias biológicas ha llevado al uso de una categorización alternativa por maduración en deportistas jóvenes, conocida como *Bio-Banding (BB)*. A partir de este análisis, pueden observarse diferencias importantes en los procesos de maduración, que impactan en medidas antropométricas avanzadas (peso y talla) y en la aptitud física (potencia, velocidad, fuerza y resistencia) dentro de un mismo grupo etario. Los objetivos de esta investigación fueron describir y comparar la aptitud física de futbolistas jóvenes de las categorías Sub-12 a Sub-19, agrupados según BB. Participaron 151 futbolistas varones (edad: 15.05 ± 1.63 años) pertenecientes a dos clubes profesionales de fútbol en Chile. Se compararon variables de aptitud física mediante pruebas ANOVA de Welch y Kruskal-Wallis, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre las categorías BB en sprint 10 m ($p < .001$), sprint 30 m ($p < .001$), Zig-Zag 20 m ($p < .001$), CMJ ($p < .001$) y YoYoIR ($p < .001$). Los hallazgos

¹ Universidad Católica Silva Henríquez, Facultad de Educación, Laboratorio y/o grupo de investigación, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-0503-5304>, asegueidal@ucsh.cl

² Universidad Viña del Mar, Facultad de Educación, Laboratorio y/o grupo de investigación, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-2924-6931>, rvillasecav@gmail.com

³ University of Coimbra, Faculty of Sport Sciences and Physical Education, Portugal. <https://orcid.org/0000-0002-9559-5048>, jibarrera23@gmail.com

⁴ Universidad Santo Tomás, Facultad de Salud, Chile. <https://orcid.org/0009-0003-2091-2584>, carolinapardo@santotomas.cl

⁵ Universidad Adventista de Chile, Núcleo de Investigación en Ciencias de la Motricidad Humana, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-8323-726X>, pablo.merino@usach.cl

⁶ Universidad Santo Tomás, Facultad de Salud, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-2314-0204>, joperezc@gmail.com

muestran que los procesos de maduración se reflejan, en orden de magnitud de cambio, en: (i) altura del salto CMJ, (ii) tiempo en 10 m, (iii) tiempo en 30 m, (iv) tiempo en Zig-Zag 20 m y distancia YoYoIR. En conclusión, existen cambios significativos en la aptitud física de los jugadores agrupados por BB, aunque estos no siguen una relación lineal con los cambios asociados a los procesos de maduración. Esta situación debe ser considerada por clubes y entrenadores que apliquen BB como alternativa a la categorización cronológica en los procesos de identificación, selección y desarrollo de jóvenes talentos.

Palabras clave: Fútbol; Deporte juvenil; Rendimiento atletico; Maduración.

ABSTRACT

The recognition of biological differences has led to the use of an alternative categorization method based on maturation in young athletes, known as Bio-Banding (BB). Through this approach, important differences can be observed in maturation processes, which impact advanced anthropometric measures (weight and height) and physical fitness (power, speed, strength, and endurance) within the same age group. The objectives of this study were to describe and compare the physical fitness of young soccer players from the U-12 to U-19 categories, grouped according to BB. A total of 151 male soccer players (age: 15.05 ± 1.63 years) from two professional football clubs in Chile participated. Physical fitness variables were compared using Welch's ANOVA and Kruskal-Wallis tests, revealing statistically significant differences among BB categories in the 10 m sprint ($p < .001$), 30 m sprint ($p < .001$), 20 m Zig-Zag ($p < .001$), CMJ ($p < .001$), and YoYoIR ($p < .001$). The findings show that maturation processes are reflected, in order of magnitude of change, in: (i) CMJ jump height, (ii) 10 m sprint time, (iii) 30 m sprint time, (iv) 20 m Zig-Zag time, and YoYoIR distance. In conclusion, there are significant changes in the physical fitness of players grouped by BB, although these do not follow a linear relationship with changes associated with maturation processes. This situation should be considered by clubs and coaches who apply BB as an alternative to chronological categorization in the identification, selection, and development of young talents.

Key words: Soccer; Youth sports; Athletic Performance; Maturation.

RESUMO

O reconhecimento das diferenças biológicas levou ao uso de uma categorização alternativa baseada na maturação de atletas jovens, conhecida como Bio-Banding (BB). A partir dessa abordagem, podem ser observadas diferenças importantes nos processos de maturação, que impactam as medidas antropométricas avançadas (peso e estatura) e a aptidão física (potência, velocidade, força e resistência) dentro de um mesmo grupo etário. Os objetivos desta pesquisa foram descrever e comparar a aptidão física de jovens futebolistas das categorias Sub-12 a Sub-19, agrupados de acordo com o BB. Participaram 151 jogadores de futebol do sexo masculino (idade: $15,05 \pm 1,63$ anos) pertencentes a dois clubes profissionais de futebol do Chile. As variáveis de aptidão física foram comparadas por meio dos testes ANOVA de Welch e Kruskal-Wallis, encontrando diferenças estatisticamente significativas entre as categorias BB nos testes de sprint 10 m ($p < .001$), sprint 30 m ($p < .001$), Zig-Zag 20 m ($p < .001$), CMJ ($p < .001$) e YoYoIR ($p < .001$). Os resultados mostram que os processos de maturação se refletem, em ordem de magnitude de mudança, em: (i) altura do salto CMJ, (ii) tempo nos 10 m, (iii) tempo nos 30 m, (iv) tempo no Zig-Zag 20 m e distância no YoYoIR. Conclui-se que existem mudanças significativas na aptidão física dos jogadores agrupados por BB, embora essas não sigam uma relação linear com as mudanças associadas aos processos de maturação. Essa situação deve ser considerada por clubes e treinadores que aplicam o BB como alternativa à categorização cronológica nos processos de identificação, seleção e desenvolvimento de jovens talentos.

Palavras chave: Futebol; Esporte juvenil; Desempenho atlético; Maturidade.

INTRODUCCIÓN

El éxito en el fútbol profesional de alto nivel depende en gran medida de los procesos de formación y desarrollo de los futbolistas jóvenes. Estos procesos consideran aspectos como la especificidad y volumen de la práctica, factores psicológicos, habilidades técnicas y tácticas, características antropométricas y fisiológicas, el efecto de la edad relativa, influencias socioculturales y análisis multidimensionales (Sarmento et al., 2018). Además, se lleva a cabo un monitoreo constante de la aptitud física de los jóvenes jugadores, evaluando su rendimiento mediante diversas pruebas, tales como el salto vertical con contramovimiento (CMJ), sprints de 10 y 30 metros, cambio de dirección en 20 metros (Zig-Zag) y el test de recuperación intermitente Yo-Yo nivel 1 (Yo-Yo IR1) (Barrera et al., 2021). En los últimos años, también ha aumentado el interés por los procesos de maduración biológica de los futbolistas, reconociendo que dentro de un mismo grupo cronológico de edad pueden existir notables diferencias en los procesos de maduración. Estas diferencias pueden influir en las medidas antropométricas (peso y talla) y de rendimiento (potencia, velocidad, fuerza y resistencia) (Towlson et al., 2021a). Tal variabilidad puede ocasionar un sesgo de selección inconsciente relacionado con la maduración, lo que resulta en una selección desproporcionada de jugadores en un estado de maduración más avanzado (Towlson et al., 2021b). Es por ello que la evaluación de la aptitud física en base a la maduración biológica, en lugar de la edad cronológica, permite una medición más precisa del verdadero potencial de un jugador, evitando sesgos y favoreciendo un desarrollo más equitativo.

El reconocimiento de estas diferencias biológicas ha dado lugar a una categorización alternativa por maduración en los jóvenes atletas, conocida como Bio-Banding (BB). El objetivo del BB es reducir las disparidades asociadas a la madurez, ajustando las categorías en función de las características antropométricas y de aptitud física de los jugadores. Esto permite generar un entorno de entrenamiento y competición más equitativo, competitivo y desafiante (Barrett et al., 2022). Esta categorización ha sido aplicada en futbolistas jóvenes en diversas áreas, como redes de pases (Towlson et al., 2021b), percepción del esfuerzo diferenciada (Barrett et al., 2022), cambios en la composición corporal (Seguieda-Lorca et al., 2022), indicadores de talento (Towlson et al., 2020), aspectos fisiológicos y técnico-tácticos (Lüdin et al., 2021), percepciones durante la competición (Bradley et al., 2019) y experiencias en competición (Cumming et al., 2017a). Sin embargo, según el conocimiento actual, pocos estudios han analizado la aptitud física de los jugadores mediante pruebas como los sprints y el CMJ (Johnson et al., 2022; MacMaster et al., 2021), y no se han encontrado investigaciones que incluyan las pruebas de Zig-Zag 20 m y Yo-Yo IR1 (Pérez-Contreras et al., 2022).

El estudio de la aptitud física en jóvenes futbolistas mediante pruebas específicas, como los sprints y el CMJ, es crucial para comprender mejor las capacidades de rendimiento de los jugadores en función de su maduración biológica (Eskandarifard et al., 2022). Este enfoque es especialmente relevante, dado que las pruebas actuales de evaluación física suelen basarse en categorías cronológicas, lo que puede no reflejar de manera precisa las capacidades reales de los futbolistas, debido a las diferencias individuales en los procesos de maduración biológica (Eskandarifard et al., 2022). El uso de pruebas adicionales, como el Zig-Zag 20 m y el Yo-Yo IR1, permitirá una visión más completa y ajustada del perfil físico de los jugadores (Pérez-Contreras et al., 2022). Esto facilitará un diseño más preciso de programas de entrenamiento y una selección más justa y eficiente de los

futbolistas, adaptando los entrenamientos y las competiciones a las necesidades reales de cada jugador, en función de su maduración biológica.

El presente estudio tiene como objetivo describir y comparar la aptitud física de futbolistas masculinos jóvenes, desde la categoría sub-12 hasta la sub-19, agrupados según BB, utilizando pruebas de sprints, CMJ, Zig-Zag 20 m y Yo-Yo IR1. Además, se busca explorar cómo la maduración biológica impacta en las habilidades físicas esenciales para el fútbol, promoviendo un entorno de entrenamiento y competición más equitativo y eficaz. Se espera que los futbolistas que se encuentren en una categoría BB más avanzada muestren un mejor rendimiento en las pruebas específicas debido a su mayor maduración biológica. De igual manera, se anticipa que existan diferencias significativas en el rendimiento físico entre las categorías BB, lo que podría indicar que la maduración biológica tiene un impacto directo sobre la aptitud física y el rendimiento deportivo de los jóvenes futbolistas.

MÉTODOS

Diseño del Estudio

Este estudio utilizó un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, con un diseño transversal que permitió analizar el rendimiento físico de futbolistas jóvenes en función de su estado de maduración biológica.

Participantes

151 jugadores juveniles masculinos de fútbol pertenecientes a dos clubes de fútbol profesional de la primera división de Chile participaron en el estudio, distribuidos en las siguientes categorías por edad cronológica: Sub-12, Sub-13, Sub-14, Sub-15, Sub-16, Sub-17 y Sub-19 (Tabla 1). Los jugadores entrenaban de 3 a 5 veces por semana y participaban regularmente en torneos oficiales en sus categorías. El tamaño muestral correspondió a la totalidad de los jugadores disponibles en ambos clubes durante la temporada evaluada. Se utilizó un procedimiento de muestreo no probabilístico, de tipo intencional, incluyendo a todos los deportistas que cumplían con los criterios de inclusión establecidos (estar registrados en el club y participar regularmente en entrenamientos y competiciones oficiales).

Tabla 1

Características descriptivas de los participantes categorizados por edad cronológica

	Sub-12 (n=18)	Sub-13 (n=24)	Sub-14 (n=29)	Sub-15 (n=24)	Sub-16 (n=29)	Sub-17 (n=17)	Sub-19 (n=10)
Edad (años)	12.20 ± 0.27	13.73 ± 0.55	14.74 ± 0.52	15.21 ± 0.69	16.07 ± 0.72	16.86 ± 0.48	17.82 ± 0.24
Peso (kg)	44.71 ± 7.35	52.67 ± 6.81	60.71 ± 9.33	64.10 ± 8.47	66.32 ± 8.55	68.78 ± 5.77	66.77 ± 7.89
Estatura (cm)	151.40 ± 7.80	165.30 ± 10.12	168.60 ± 8.50	171.40 ± 6.98	173.60 ± 5.35	173.60 ± 4.65	172.60 ± 4.92

Nota. Los datos se presentan como Media ± Desviación estándar

Consideraciones Éticas

Todos los participantes fueron debidamente informados sobre el contenido del estudio, sus objetivos, posibles riesgos y beneficios. Las tareas y pruebas realizadas en este estudio consistieron en ejercicios que comúnmente se realizan en los entrenamientos (sprints y saltos). todos los participantes contaban con licencia federativa, a través de la cual los padres, al inicio de la temporada, firmaron un documento que autorizaba su participación en las actividades futbolísticas del club. este tipo de intervención no altera el entrenamiento normal de fútbol ni involucra acciones motoras que difieran de las realizadas en las prácticas y partidos habituales; por lo tanto, la intervención nunca representó un riesgo adicional más allá del asociado con la práctica habitual del fútbol. Además, todos los participantes se sometieron a un examen médico antes del inicio de la temporada, y las pruebas se realizaron sin lesiones ni molestias físicas. por lo tanto, este estudio cumple con los requisitos de la declaración de Helsinki (Asamblea General de la Asociación Médica Mundial, 2013).

Procedimiento de Evaluación

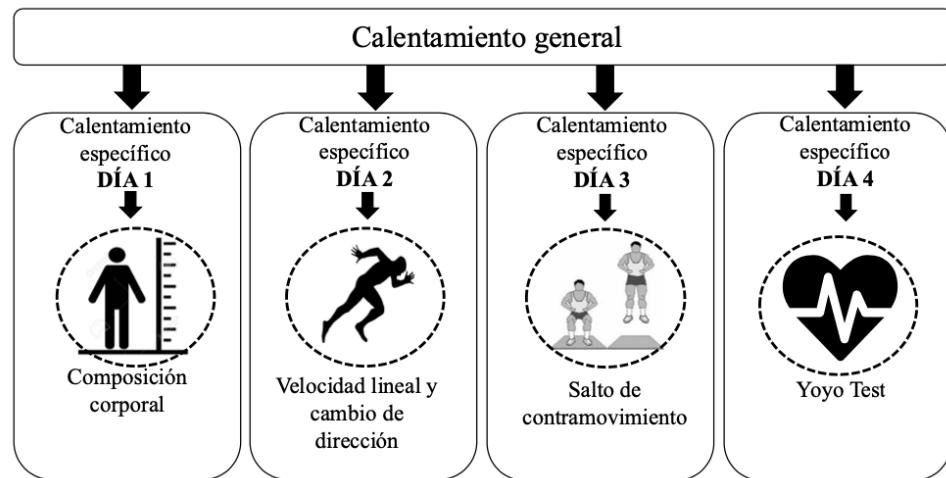
Todas las evaluaciones se llevaron a cabo en las instalaciones del club y se realizaron durante la semana de pretemporada y en las horas previas al entrenamiento de cada categoría de fútbol. Se comenzó con la evaluación del peso corporal, altura y altura sentado, siguiendo los estándares establecidos por la sociedad internacional para el avance de la cineantropometría (ISAK) (Esparza et al., 2019); esto fue realizado por dos antropometristas con certificación ISAK nivel 3. Se les pidió a todos los jugadores evitar ejercicios extenuantes 24 horas antes de la prueba para prevenir la fatiga durante la evaluación.

Los ejercicios de calentamiento fueron dirigidos por el entrenador de preparación física del club. Los participantes realizaron un calentamiento general estandarizado, que incluyó trote suave, movimientos multidireccionales y estiramientos dinámicos, seguido de un calentamiento específico para la prueba que duró de 15 a 20 minutos. Las diferentes pruebas fueron programadas de la siguiente manera: día 1: mediciones antropométricas. Día 2: tiempo para sprint de 10 m (10 m), 30 m (30 m) y 20 m de cambio de dirección (zigzag). Día 3: salto con contramovimiento (CMJ). día 4: prueba de recuperación intermitente yoyo nivel 1 (Yo-Yo IR1) (figura 1). estas pruebas son comúnmente realizadas por equipos de fútbol, ya que proporcionan datos válidos para evaluar la antropometría y la Aptitud física de los jugadores. Por lo tanto, todos los participantes estaban familiarizados con las pruebas y las realizaban regularmente. Se animó a cada jugador a dar su mejor esfuerzo en cada prueba (Pérez-Contreras et al., 2022; Villaseca-Vicuña et al., 2021).

Para distribuir a los jugadores en las categorías de Bio-Banding (BB), en primer lugar, se estimó el momento de ocurrencia de la velocidad pico de altura (VPA) con las mediciones de altura, peso y altura sentado, utilizando la ecuación de regresión presentada por Mirwald et al. (2002). Posteriormente, se predijo la altura adulta con el modelo de Sherar et al. (2005), una vez establecida la altura adulta predicha, junto con el respectivo porcentaje actual de altura adulta, los participantes fueron distribuidos en cuatro categorías de BB (Rogol et al., 2018): < 85.0% (BB1); 85.0 – 89.9% (BB2); 90.0 – 94.4% (BB3) y \geq 95.0% (BB4), que representan las etapas prepupal, puberal temprana, puberal media y puberal tardía, respectivamente (Cumming et al., 2017b). La tabla 2 muestra el número de jugadores en cada categoría BB según criterios cronológicos.

Figura 1

Distribución de las evaluaciones antropométricas y de Aptitud física



La Tabla 2 muestra la distribución de los 151 jugadores según las categorías cronológicas (Sub-12 a Sub-19) y los grupos de maduración biológica establecidos por Bio-Banding (BB1 a BB4). Se observa que la mayoría de los participantes se concentran en los niveles más avanzados de maduración (BB3 y BB4), mientras que los grupos de menor maduración (BB1 y BB2) aparecen principalmente en las categorías más jóvenes (Sub-12 y Sub-13).

Tabla 2

Número de jugadores en cada categoría BB según criterios cronológicos

Categoría	BB1	BB2	BB3	BB4	Total
Sub-12	11	7	0	0	18
Sub-13	0	10	12	2	24
Sub-14	0	1	12	16	29
Sub-15	0	0	3	21	24
Sub-16	0	0	1	28	29
Sub-17	0	0	0	17	17
Sub-19	0	0	0	10	10
Total	11	18	28	94	151

Variables e Instrumentos

Mediciones Antropométricas

El peso y la estatura fueron evaluados usando una balanza detecto con estadiómetro incluido (modelo 2391, EE. UU.), con una capacidad de 180 kg – precisión de 0.1 kg – y una longitud de 200 cm – precisión de 0.1 cm. la estatura sentado fue evaluada con el mismo estadiómetro y un banco de madera con dimensiones de 30 cm x 40 cm x 50 cm. las evaluaciones siguieron los estándares establecidos por la sociedad internacional para el avance de la cineantropometría (ISAK) (Esparza et al., 2019) y fueron realizadas por dos antropometristas ISAK nivel 3.

Salto Contramovimiento (CMJ)

El test de CMJ se utilizó para determinar la altura máxima de salto vertical. antes del test, cada jugador realizó un calentamiento específico de cinco saltos a una caja de salto, cuya superficie de destino estaba a 40 cm del suelo. en el test, los participantes realizaron tres intentos. para el cmj, cada participante comenzó desde una posición de pie erguido: las manos se colocaron en las caderas durante toda la prueba para eliminar la influencia del movimiento de brazos. El participante descendía rápidamente hasta que las rodillas se flexionaban aproximadamente 90 grados y luego saltaba verticalmente tan alto como fuera posible, aterrizando con ambos pies al mismo tiempo. Su utilización fue explicada por Loturco et al. (2019) y su fiabilidad fue verificada en futbolistas jóvenes de distintas categorías por Rodríguez-Rosell et al. (2016). la altura del salto fue estimada midiendo el tiempo de vuelo (ft) y usando la fórmula: $h = (ft^2 * 9.81) / 8$ (Comfort et al., 2019). Para el CMJ se utilizó una plataforma de contacto Smartjump (Fusion Sport, Australia). se registró la altura del salto (cm) y se seleccionó el mejor resultado. El coeficiente de correlación intraclass (ICC) y el coeficiente de variación (CV) fueron calculados para establecer la fiabilidad relativa y absoluta, siendo 0.94 y 14.7%, respectivamente.

Tiempos de Carrera Lineal en 10m y 30m

Esta prueba es comúnmente usada para evaluar la aceleración y velocidad máxima en jugadores de fútbol (Villaseca-Vicuña et al., 2021). Antes de la evaluación, cada jugador realizó un calentamiento específico consistente en 5 sprints progresivos de 30 metros. se realizaron tres intentos de sprint de 30 metros, con un tiempo de recuperación de 3 minutos entre repeticiones. la evaluación se llevó a cabo en una cancha de pasto natural a las 10:00 am, con una temperatura de 15 °c y una humedad relativa del 54%. La posición inicial era de pie, con el pie delantero justo detrás de una línea ubicada a 0.5 m de la primera célula fotoeléctrica a una altura de 1 m, para evitar que el láser fuera interrumpido por la cabeza o brazos al inicio del sprint. Se utilizaron tres células fotoeléctricas Smartspeed versión pro V2.1 (Fusion sport, Australia), ubicadas al inicio y en la marca de los 30 metros. Para el análisis, se utilizó la mejor repetición de los tres intentos en la carrera de 30 metros. se registraron los tiempos en las siguientes distancias: 0-10 m, como indicador de aceleración, y 0-30 m, como indicador de velocidad máxima. El ICC y el CV fueron calculados, siendo 0.88 y 5.05% para los 10 m y 0.98 y 4.48% para los 30 m, respectivamente.

Prueba de Cambios de Dirección (ZIG-ZAG)

Las pruebas de tiempo zigzag fueron descritas en Little y Williams (2005), estas pruebas reportaron alta fiabilidad en jóvenes deportistas (Mirkov et al., 2008). Cada una de las tres evaluaciones se realizó en tres intentos, con tres minutos de descanso. Se consideró el mejor intento para el análisis. antes de realizar la prueba, cada participante ejecutó un calentamiento específico de cuatro repeticiones de intensidad submáxima. Se seleccionó el tiempo más corto de las tres repeticiones. se usaron dos células fotoeléctricas Smartspeed pro V2.1 (Fusion Sport, Australia). Los participantes comenzaron con los pies ubicados a 1 m detrás del primer haz y a la señal, completaban el recorrido lo más rápido posible. Se calcularon ICC y CV para establecer la fiabilidad relativa y absoluta, siendo 0.94 y 2.7%, respectivamente.

Test YoYo de Recuperación Intermitente Nivel 1 (YO-YO IR1)

Este test es comúnmente utilizado para evaluar la capacidad de resistencia intermitente en jugadores de fútbol (Fanchini et al., 2014). Antes del test, cada jugador realizó un calentamiento específico de 10 carreras progresivas de 20 m con cambios de dirección. los participantes realizaron un intento del test, siguiendo el protocolo descrito por Bangsbo et al. (2008).

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron con el software GraphPad Prism versión 8.0.2 para Windows (GraphPad Software, EE. UU.). Se analizaron las siguientes variables entre las categorías de BB: edad (años), 10 m (s), 30 m (s), zig-zag (s), CMJ (cm) y Yo-Yo (m). Los resultados se presentaron como medias y desviación estándar, junto con su intervalo de confianza del 95%, y medianas con percentiles 25 (P25) y 75 (P75), también con su intervalo de confianza del 95% de la mediana. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de las varianzas se verificó utilizando la prueba de Brown-Forsythe. Para comparar las diferencias entre grupos, se empleó la estadística ANOVA de Welch con la prueba post hoc de Games-Howell en aquellos casos donde los datos presentaron normalidad pero no homogeneidad de varianzas. En casos donde no se cumplió la normalidad, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis con la prueba post hoc de Dunn. Además, se calculó el tamaño del efecto utilizando omega cuadrado ajustado (ω^2) o eta cuadrado de H (η^2_H), según correspondiera. Adicionalmente, se calculó el cambio porcentual del rendimiento ($\Delta \%$) entre las medias de los grupos para complementar la interpretación práctica de los resultados. El nivel de significación se fijó en $p < 0.05$.

RESULTADOS

Para describir la muestra total de 151 participantes de este estudio, la Tabla 3 muestra los resultados de las medias y desviaciones estándar para las variables de peso (kg), CMJ (cm) y edad de PHV (años), junto con su intervalo de confianza del 95% respecto a la media. Asimismo, se presentan como medianas y percentiles 25 y 75 las variables de edad (años), estatura (cm), además de 10 m (s), 30 m (s), Zig-Zag 20 m (s), Yo-Yo IR1 (m), predicción de la estatura adulta (cm) y el porcentaje (%) de la estatura actual con respecto a la estatura adulta predicha, junto con su intervalo de confianza del 95% respecto a la mediana. Ninguna variable del estudio mostró diferencias significativas entre las categorías cronológicas adyacentes, excepto en el Yo-Yo IR1, entre Sub-14 vs. Sub-15 ($p = .042$).

Tabla 3

Características descriptivas del total de la muestra

N = 151	Media ± DE	95% CI
Edad (años) *	15.16 [14.06; 16.21]	14.71; 15.35
Peso (kg)	60.45 ± 10.45	58.69; 62.21
Estatura (cm) *	169.20 [163.20; 174.50]	167.80; 171.10
10 m (s) *	1.59 [1.55; 1.74]	1.58; 1.62
30 m (s) *	4.14 [4.00; 4.48]	4.08; 4.21

20 m Zig-Zag (s) *	5.79 [5.62; 6.00]	5.71; 5.86
CMJ (cm)	32.36 ± 6.40	31.33; 33.39
YoYoRI (m) * #	1480.0 [1200.0; 1860.0]	1320; 1600
Edad de la Velocidad Pico de Crecimiento. (años)	13.92 ± 0.60	13.82; 14.02
Predicción de la estatura adulta (cm) *	177.00 [174.10; 180.70]	176.00; 177.80
Porcentaje actual de la estatura adulta *	97.00 [92.00; 98.80]	95.50; 97.40

Nota. *datos presentados como mediana [p25; p75] con intervalo de confianza de la mediana. # n = 133.

Por otro lado, la Tabla 4 muestra las comparaciones entre los grupos de las categorías de BB. Específicamente, hubo diferencias estadísticamente significativas en edad ($H(3)= 102.80$; $p < .001$; $\eta^2 = .679$), 10 m ($H(3)= 82.02$; $p < .001$; $\eta^2 = .538$), 30 m (F de Welch (3,29.5)= 138.30, $p < .001$; est. $\omega^2 = .732$), Zig-Zag 20 m ($H(3)= 60.60$; $p < .001$; $\eta^2 = .392$), CMJ (F de Welch (3,35.9)= 43.04; $p < .001$; est. $\omega^2 = .455$) y la prueba YoYoRI ($H(3)= 57.38$; $p < .001$; $\eta^2 = .429$).

Tabla 4

Grupos basados en el porcentaje de la altura adulta predicha en el momento de la observación.

	BB1		BB2		BB3		BB4		ES	
	<85% (n=11)		85-89.9% (n=18)		90-94.9% (n=28)		≥95% (n=94)			
	Media ± DE	IC 95%	Media ± DE	IC 95%	Media ± DE	IC 95%	Media ± DE	IC 95%		
Edad (años)	12.13 ± 0.30	11.93; 12.33	12.97 ± 0.68	12.63; 13.31	14.25 ± 0.47	14.07; 14.43	*15.97 [15.23; 16.99]^#&	*15.46; 16.21	0.679†	
10 m (s)	2.01 ± 0.05	1.98; 2.05	1.89 ± 0.14	1.82; 1.96	*1.66 [1.58; 1.79]^#	*1.60; 1.75	1.57 ± 0.06^#&	1.56; 1.58	0.538†	
30 m (s)	5.16 ± 0.18	4.99; 5.24	4.87 ± 0.32	4.71; 5.03	4.36 ± 0.28^#	4.26; 5.03	4.05 ± 0.17^#&	4.02; 4.09	0.732	
20 m Zig-Zag (s) *	*6.30 [6.04; 6.53]	*5.98; 6.55	*6.13 [5.99; 6.43]	*6.00; 6.42	5.93 ± 0.26	5.83; 6.03	*5.67 [5.55; 5.81]^#&	*5.64; 5.71	0.392†	
CMJ (cm)	25.43 ± 3.88	22.82; 28.04	25.66 ± 2.86	24.24; 27.08	30.55 ± 6.07^#	28.19; 32.90	35.00 ± 5.47^#&	33.88; 36.12	0.455	
YoYoRI (m) ¥	N/D	N/D	963.6 ± 235.5	806.7; 1121.0	1089.0 ± 284.8	978.1; 1199.0	*1720.0 [1410.0; 2000.0]^#&	*1520.0; 1800.0	0.429†	

Nota. Datos presentados como Mediana [p25; p75] con intervalo de confianza de la mediana. ^Diferencia estadísticamente significativa respecto a BB1. #Diferencia estadísticamente significativa respecto a BB2. &Diferencia estadísticamente significativa respecto a BB3. † η^2 ; ¥ n = 133; N/D = No disponible.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue describir y comparar la aptitud física de jóvenes futbolistas masculinos chilenos, desde la categoría Sub-12 hasta la Sub-19, agrupados según su maduración biológica mediante Bio-Banding (BB), utilizando pruebas específicas de rendimiento: sprint de 10 y 30 m, salto con contramovimiento (CMJ), agilidad en Zig-Zag de 20 m y test de resistencia intermitente Yo-Yo IR1. Este planteamiento buscó aportar evidencia sobre cómo la maduración biológica influye en el desempeño físico de los jugadores, ofreciendo una perspectiva más precisa y equitativa que la basada únicamente en la edad cronológica.

En cuanto a los resultados, no se observaron diferencias significativas entre BB1 (prepuberal) y BB2 (puberal temprano) en las variables analizadas: edad, 10 m, 30 m, zig-zag 20 m, CMJ y Yo-Yo IR1. No obstante, entre BB2 (puberal temprano) y BB3 (puberal medio) comenzaron a aparecer diferencias significativas en las pruebas de 10 m, 30 m y CMJ. Posteriormente, entre BB3 y BB4 (puberal tardío), se identificaron diferencias significativas en todas las variables mencionadas, incluyendo además la edad, el zig-zag de 20 m y el Yo-Yo IR1.

Respecto al cambio porcentual del rendimiento entre categorías adyacentes, solo se evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre BB3 y BB4 ($\Delta = 12,10\%$; $p < .001$). Esta tendencia coincide con lo reportado por Seguenda-Lorca et al. (2022), quienes encontraron una diferencia del 13,46% ($p < .001$) para estas mismas categorías.

Los tiempos de sprint en 10 y 30 metros muestran una disminución progresiva a medida que avanza la madurez biológica, tendencia similar a la reportada por Johnson et al. (2022) en sus tres bandas biológicas (B1, B2 y B3). En ese estudio, la mayor reducción porcentual en el tiempo de 10 m se observó entre B3 y B2 ($\Delta = -4,3\%$), mientras que entre B2 y B1 fue de -2,6%. En el presente estudio se aprecia una dinámica equivalente, con una disminución de -13,9% entre BB3 y BB2, y de -6,3% entre BB2 y BB1. Para el sprint de 30 m, Johnson et al. (2022) también informan una mayor reducción entre B3 y B2 ($\Delta = -5,7\%$) en comparación con B2 y B1 ($\Delta = -2,9\%$). De manera similar, en nuestro estudio, la reducción entre BB3 y BB2 fue de -11,7%, y entre BB2 y BB1 de -6,0%. Además, los valores de tiempo para el sprint de 10 m obtenidos en esta investigación son consistentes con los reportados por MacMaster et al. (2021), quienes observaron promedios de 1,8 s en pre-PHV, 1,7 s en circa-PHV y 1,6 s en post-PHV. Estas fases se corresponden en el presente estudio con BB2 (1,89 s), BB3 (1,66 s) y BB4 (1,66 s), respectivamente.

La altura alcanzada en el salto CMJ en nuestro estudio sigue una tendencia similar a la observada en las variables de sprint, evidenciando una mejora progresiva a medida que avanza la madurez biológica. No se observaron diferencias significativas entre BB2 y BB1 ($p = .998$); sin embargo, sí se registraron diferencias significativas entre BB3 y BB2 ($p = .004$), y entre BB4 y BB3 ($p = .006$). Es importante destacar que el incremento en la altura del salto presenta un patrón más constante en comparación con lo reportado por MacMaster et al. (2021), quienes, al utilizar tres métodos distintos para estimar el estado de madurez, obtuvieron resultados con una mayor variabilidad en la evolución del CMJ.

En las tres pruebas analizadas previamente (10 m, 30 m y CMJ), es importante considerar que la edad esquelética —como indicador biológico de madurez— se correlaciona positivamente con la estatura y el peso corporal. Además, diversos estudios han evidenciado una relación inversa entre la edad esquelética y el tiempo en el sprint de 40 m, así como una correlación positiva con la altura

alcanzada en el CMJ. Gundersen et al. (2022), por ejemplo, observaron estas asociaciones en jugadores SUB-14 y SUB-15, equivalentes en nuestro estudio a las bandas BB3 (edad media: 14.25 años) y BB4 (edad media: 15.97 años).

Sin embargo, en nuestro análisis, el aumento significativo en estatura y peso entre BB2 y BB1 — reportado también por Segueida-Lorca et al. (2022) — no se traduce en mejoras en el rendimiento de estas pruebas, a diferencia de lo observado en las bandas siguientes. Esta discrepancia puede explicarse por al menos tres razones. Primero, las correlaciones señaladas por Gundersen et al. (2022) fueron identificadas en jugadores de mayor edad (Sub-14 y Sub-15), mientras que BB1 y BB2 en nuestro estudio presentan edades medias considerablemente menores (13.13 y 12.97 años, respectivamente), donde los efectos de la madurez sobre el rendimiento podrían no ser tan marcados. Segundo, la mejora en el rendimiento durante la pubertad podría estar mediada por adaptaciones propias de este periodo, como el aumento de la masa muscular (Morán et al., 2017), el vínculo entre la fuerza y la altura del CMJ, así como la capacidad de sprint en jugadores jóvenes de élite (De Hoyo et al., 2016). También se ha documentado en adultos la relación entre fuerza, sprint y salto (Wisløff et al., 2004). No obstante, en nuestro estudio, el aumento significativo de la masa muscular no ocurre entre BB3 y BB2 ($p = .121$), sino entre BB4 y BB3 ($p < .001$), lo que coincide mejor con los rangos de edad descritos por Gundersen et al (2022). Tercero, los cambios neuromusculares derivados del crecimiento y la maduración también podrían influir en el rendimiento. Si bien se han observado aumentos moderados en la activación de unidades motoras en niños prepuberales sometidos a entrenamiento de fuerza (Tumkur et al., 2021), se ha propuesto que estos cambios son más relevantes en etapas avanzadas del desarrollo (Randor et al., 2018).

En cuanto a las pruebas de 20 m zig-zag y Yo-Yo IR1, y según nuestro conocimiento, este estudio es el primero en describir y comparar su evolución en futbolistas categorizados por bandas biológicas (BB). En la prueba de 20 m zig-zag, a diferencia de otras evaluaciones, se observa un cambio significativo únicamente entre BB4 y BB3 ($\Delta = -4.6\%$; $p < .001$), sin diferencias relevantes entre BB3 y BB2 ($\Delta = -3.4\%$; $p = .126$) ni entre BB2 y BB1 ($\Delta = -2.7\%$; $p > .999$). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Valente et al. (2014), quienes vinculan positivamente la fuerza de piernas y la masa libre de grasa (FFM) con el rendimiento en velocidad, regate y cambio de dirección (COD). Además, podrían explicarse por el aumento significativo en la masa muscular (kg) únicamente entre BB4 y BB3 ($p < .001$), según Segueida-Lorca et al. (2022). Adicionalmente, este resultado puede deberse a las elevadas demandas neuromusculares del COD, como aceleración, desaceleración y cambios rápidos de dirección, que requieren un mayor control motor y eficiencia en el reclutamiento de unidades motoras (Sariati et al., 2021). Estas mejoras parecen acentuarse en etapas post-PHV, cuando se optimiza la tasa de disparo neuromuscular. A esto se suma la influencia positiva del estado de madurez sobre el rendimiento en COD (Negra et al., 2022), y la mayor experiencia en entrenamiento sistemático de los jugadores de BB4, quienes muestran un rendimiento superior posiblemente debido a su exposición prolongada al entrenamiento y a un mayor desarrollo físico-técnico (Andrašić et al., 2021).

En relación con la prueba Yo-Yo IR1, se observó una mejora significativa únicamente entre las bandas biológicas superiores (BB4 vs BB3; $p < .001$), siguiendo un patrón similar al registrado en la prueba de zig-zag de 20 metros. Es importante destacar que esta prueba ha sido recomendada

principalmente para poblaciones mayores de 13 años (Schmitz et al., 2019), motivo por el cual no se incluyeron datos correspondientes al grupo BB1.

Al comparar las distancias recorridas por nuestros participantes con los valores reportados por Deprez et al. (2014) en futbolistas belgas agrupados por edad cronológica, se observó que el rendimiento del grupo BB2 no difiere significativamente del grupo Sub-13 (890 ± 354 m; $p = .320$). Este hallazgo refuerza la validez del uso del agrupamiento biológico como un criterio alternativo y posiblemente más preciso para analizar el desarrollo físico y el rendimiento en jóvenes futbolistas.

Una limitación del presente estudio es su diseño transversal, lo que impide establecer relaciones causales entre maduración y rendimiento físico. Asimismo, aunque se consideró el entrenamiento sistemático como un factor influyente, no se cuantificó de forma objetiva el volumen ni la calidad del entrenamiento previo en cada grupo. Finalmente, la ausencia de datos en la categoría BB1 para la prueba Yo-Yo IR1 restringe la posibilidad de realizar un análisis completo de esta variable.

En cuanto a las futuras líneas de investigación, se sugiere realizar estudios longitudinales que permitan observar la evolución individual del rendimiento en función del crecimiento y la maduración. También sería relevante incorporar pruebas de fuerza máxima, análisis cinemáticos y control neuromuscular, con el fin de profundizar en los mecanismos que explican las diferencias de rendimiento entre bandas biológicas. Además, incluir mediciones hormonales podría complementar el uso del método de Bio-Banding, tal como proponen Massa et al. (2022), ofreciendo una caracterización más precisa del estado puberal mediante biomarcadores. Finalmente, considerar la interacción entre variables psicológicas, tácticas y madurativas aportaría una visión más integral del desarrollo del joven futbolista.

Los resultados de este estudio respaldan el uso de la categorización biológica como un enfoque más preciso que la edad cronológica para interpretar el desarrollo físico en jóvenes futbolistas. Desde una perspectiva aplicada, este método puede ayudar a los entrenadores y clubes a diseñar programas de entrenamiento más individualizados y equitativos, ajustando las cargas y exigencias de acuerdo con el estado de maduración de cada jugador. Además, su implementación puede mejorar los procesos de detección y desarrollo de talento, evitando sesgos asociados a la edad cronológica, y contribuir a la prevención de lesiones, al adaptar las demandas físicas al nivel de maduración. Finalmente, se recomienda seguir investigando la relación del Bio-Banding con aspectos técnicos, tácticos y psicológicos, a fin de avanzar hacia una visión más integral del rendimiento y la formación del joven futbolista.

CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio muestran que existen diferencias en la aptitud física de futbolistas jóvenes cuando son agrupados según su edad biológica. Los jugadores con mayor grado de maduración presentaron mejores desempeños en el sprint de 10 y 30 metros, el salto con contramovimiento (CMJ), la distancia recorrida en el Yo-Yo Intermittent Recovery Test Nivel 1 (YoYoIR1) y el test de agilidad en Zig-Zag de 20 metros. Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar la maduración biológica como un factor determinante en la interpretación del rendimiento físico en futbolistas en etapa formativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrašić, S., Gušić, M., Stanović, M., Mačak, D., Bradić, A., Sporiš, G., & Trajković, N. (2021). Speed, change of direction speed and reactive agility in adolescent soccer players: age related differences. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5883. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115883>
- Bangsbo, J., Iaia, M., & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Barrera, J., Valenzuela-Contreras, L., Maureira Cid, F., & Sarmento, H. (2021). Análisis de los componentes físicos y antropométricos de jóvenes futbolistas chilenos desde la categoría Sub-13 a Sub-19. *Retos*, 39, 547-555. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.79537>
- Barrett, S., Short, K., Lowthorpe, A., Swinton, P., Maughan, P., Hamilton, A., Hunter, F., & Towlson, C. (2022). Examination of differential ratings of perceived exertion (dRPE) during bio-banded small-sided games. *Plos One*, 17(7), e0270259. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270259>
- Bradley, B., Johnson, D., Hill, M., McGee, D., Kan-ah, A., Sharpin, C., Sharp, P., Kelly, A., Cumming, S., & Malina, R. (2019). Bio-banding in academy football: player's perceptions of a maturity matched tournament. *Annals of Human Biology*, 46(5), 400-408. <https://doi.org/10.1080/03014460.2019.1640284>
- Comfort, P., Jones, P., & McMahon, J. (2019). Performance assessment in strength and conditioning. Routledge.
- Cumming, S., Brown, D., Mitchell, S., Bunce, J., Hunt, D., Hedges, C., Crane, G., Cross, A., Scott, S., Franklin, E., Breakspeare, D., Dennison, L., White, P., Cain, A., Eisenmann, J., & Malina, R. (2017a). Premier league academy soccer players' experiences of competing in a tournament bio-banded for biological maturation. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 757-765. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340656>
- Cumming, S., Lloyd, R., Oliver, J., Eisenmann, J., & Malina, R. (2017b). Bio-banding in sport: applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 39(2), 34-47. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000281>
- De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J., Camacho-Candil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 368-377. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000001094>
- Deprez, D., Coutts, A., Lenoir, M., Fransen, J., Pion, J., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2014). Reliability and validity of the Yo-Yo intermittent recovery test level 1 in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(10), 903-910. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.876088>
- Eskandarifard, E., Nobari, H., Sogut, M., Clemente, F. M., & Figueiredo, A. J. (2022). Exploring interactions between maturity status and playing time with fluctuations in physical fitness and hormonal

markers in youth soccer players. *Scientific Reports*, 12(1), 4463. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35296744/>

Esparza, F., Vaquero, R., & Marfell-Jones, M. (2019). International protocol for anthropometric assessment. *International Society for Advancement of Kinanthropometry*.

Fanchini, M., Castagna, C., Coutts, A., Schena, F., McCall, A., & Impellizzeri, F. (2014). Are the Yo-Yo intermittent recovery test levels 1 and 2 both useful? Reliability, responsiveness and interchangeability in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1950-1957. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.969295>

General Assembly of the World Medical Association. (2013). World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of the American Medical Association*, 310(20):2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

Gundersen, H., Riiser, A., Algoy, E., Vestbøstad, M., Saeterbakken, A., Havstad, H., Grendstad, H., Hafstad, A., Kristoffersen, M., & Brekke, C. (2022). Associations between biological maturity level match locomotion and physical capacities in youth male soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 32(11), 1592-1601. <https://doi.org/10.1111/sms.14225>

Johnson, D., Bradley, B., Williams, S., Whiteside, E., Cumming, S. (2022). The effect of bio-banding on between-player variance in size and speed in male academy soccer players. *Sport Performance and Science Reports*, 157(1), 1-6. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sportperfsci.com/wp-content/uploads/2022/02/SPSR-157_Johnson.pdf

Little, T., & Williams, A. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76-78. <https://doi.org/10.1519/00124278-200502000-00013>

Loturco, I., Pereira, L., Reis, V., Bishop, C., Zanetti, V., Alcaraz, P., Freitas, T., & McGuigan, M. (2019). Power training in elite young soccer players Effects of using loads above or below the optimum power zone. *Journal of Sports Sciences*, 38(11-12), 1416-1422. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1651614>

Lüdin, D., Donath, L., Cobley, S., & Romann, M. (2021). Effect of bio-banding on physiological and technical-tactical key performance indicators in youth elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 22(11), 1659-1667. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1974100>

MacMaster, C., Portas, M., Parkin, G., Cumming, S., Wilcox, C., & Towson, C. (2021). The effect of bio-banding on the anthropometric, physical fitness and functional movement characteristics of academy soccer players. *Plos One*, 16(11), e0260136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260136>

Massa, M., Moreira, A., Costa, R. A., Lima, M. R., Thiengo, C. R., Márquez, W. Q., Vieira, L. F., & Aoki, M. S. (2022). Biological maturation influences selection process in youth elite soccer players. *Biology of Sport*, 39(2), 435-441. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.106152>

Segueida-Lorca, A., Villaseca-Vicuña, R., Barrera-Díaz, J., Pardo-Tamayo, C., Merino-Muñoz, P., & Pérez-Contreras, J. (2025). Comparación de la Aptitud física de jóvenes futbolistas chilenos categorizados por Bio-Banding. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 26(2), 193-209. <http://doi.org/10.29035/rcaf.26.214>

Mirkov, D., Nedeljkovic, A., Kukolj, M., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (2008). Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1046-1050. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31816eb4af>

Mirwald, R., Baxter-Jones, A., Bailey, D., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694. <https://doi.org/10.1249/00005768-200204000-00020>

Morán, J., Sandercock, G., Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Collison, J., & Parry, D. (2017). Age-related variation in male youth athletes' countermovement jump after plyometric training: a meta-analysis of controlled trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 552-565. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001444>

Negra, Y., Sammoud, S., Nevill, A., & Chaabene, H. (2022). Change of direction speed in youth male soccer players: the predictive value of anthropometrics and biological maturity. *Pediatric Exercise Science*, 35(1), 1-7. <https://doi.org/10.1123/pes.2021-0178>

Pérez-Contreras, J., Villaseca-Vicuña, R., Zapata-Huenullán, C., Benavides-Roca, L., Merino-Muñoz, P., & Vidal-Maturana, F. (2022). Condición física de futbolistas adultos y jóvenes de un equipo profesional de Nicaragua. *Revista Ciencias de La Actividad Física*, 23(2), 1-15. <https://doi.org/10.29035/rcaf.23.2.4>

Radnor, J., Staines, J., Bevan, J., Cumming, S., Kelly, A., Lloyd, R., & Oliver, J. (2021). Maturity has a greater association than relative age with physical performance in english male academy soccer players. *Sports*, 9(12), 171. <https://doi.org/10.3390/sports9120171>

Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J., & González-Badillo, J. (2016). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 196-206. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001476>

Rogol, A., Cumming, S., & Malina, R. (2018). Biobanding: a new paradigm for youth sports and training. *Pediatrics*, 142(5), e20180423. <https://doi.org/10.1542/peds.2018-0423>

Sariati, D., Hammami, R., Zouhal, H., Clark, C., Nebigh, A., Chtara, M., Chortane, S., Hackney, A., Souissi, N., Granacher, U., & Ounis, O. (2021). Improvement of physical performance following a 6 week change-of-direction training program in elite youth soccer players of different maturity levels. *Frontiers in Physiology*, 12, 668437. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.668437>

Sarmento, H., Anguera, M., Pereira, A., & Araújo, D. (2018). Talent identification and development in male football: a systematic review. *Sports Medicine*, 48(4), 907-931. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0851-7>

Schmitz, B., Pfeifer, C., Kreitz, K., Borowski, M., Faldum, A., & Brand, S. (2019). Normative Yo-Yo intermittent recovery level 1 and Yo-Yo intermittent endurance level 1 test values of boys aged

9-16 years. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(9), 1030-1037. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.05.016>

Segueida-Lorca, A., Barrera, J., Valenzuela-Contreras, L., & Herrera-Valenzuela, T. (2022). Comparación de la composición corporal de futbolistas jóvenes categorizados por Bio-Banding. *Apunts Educación Física y Deportes*, 149, 45-52. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/3\).149.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/3).149.05)

Sherar, L., Mirwald, R., Baxter-Jones, A., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics*, 147(4), 508-514. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.04.041>

Towlson, C., Abt, G., Barrett, S., Cumming, S., Hunter, F., Hamilton, A., Lowthorpe, A., Goncalves, B., Corsie, M., & Swinton, P. (2021b). The effect of bio-banding on academy soccer player passing networks: implications of relative pitch size. *Plos One*, 16(2), e0260867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260867>

Towlson, C., MacMaster, C., Gonçalves, B., Sampaio, J., Toner, J., MacFarlane, N., Barrett, S., Hamilton, A., Jack, R., Hunter, F., Myers, T., & Abt, G. (2020). The effect of bio-banding on physical and psychological indicators of talent identification in academy soccer players. *Science and Medicine in Football*, 5(4), 280-292. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1862419>

Towlson, C., Salter, J., Ade, J., Enright, K., Harper, L., Page, R., & Malone, J. (2021a). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: one size does not fit all. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 403-412. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.09.003>

Tumkur, N., Oliver, J., Lloyd, R., Pedley, J., & Radnor, J. (2021). The influence of growth, maturation and resistance training on muscle-tendon and neuromuscular adaptations: a narrative review. *Sports*, 9(5), 59. <https://doi.org/10.3390/sports9050059>

Valente, J., Coelho-E-Silva, M., Vaz, V., Figueiredo, A., Capranica, L., Sherar, L., Elferink-Gemser, M., & Malina, R., (2014). Maturity-associated variation in change of direction and dribbling speed in early pubertal years and 5-year developmental changes in young soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(3), 307-316. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24739293/>

Villaseca-Vicuña, R., Jesam-Sarquis, F., Mardones, C., Moreno, C., & Pérez-Contreras, J. (2021). Comparison of physical fitness and anthropometric profiles among Chilean female national football teams from U17 to senior categories. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(6), 3218-3226. <https://doi.org/10.7752/JPES.2021.S6440>

Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2002.002071>

Dirección para correspondencia

Pérez-Contreras, Jorge

Magíster

Universidad Santo Tomás, Escuela Ciencias del Deporte y Actividad Física

Chile

<https://orcid.org/0000-0002-2314-0204>

jperez51@santotomas.cl

Recibido: 28-05-2025

Aceptado: 10-11-2025



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional.