UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO LISBOA

Faculdade de Educação Física e Desporto

Doutoramento em Educação Física e Desporto

MORFOLOGIA BÁSICA Y PATRONES DE CRECIMIENTO EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES EN HUILA – COLOMBIA, Y SU IMPLICACIÓN EN LOS DEPORTES DE EQUIPO

Tese de doutoramento apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de Doutor em Educação Física e Desporto, na Especialidade de Didática da Educação Física e Desporto, orientada por Professor Doutor Luís Miguel Rosado da Cunha Massuça.

José David López Laiseca, n.º 21406100

2024

UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO LISBOA

Faculdade de Educação Física e Desporto

Doutoramento em Educação Física e Desporto

MORFOLOGIA BÁSICA Y PATRONES DE CRECIMIENTO EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES EN HUILA – COLOMBIA, Y SU IMPLICACIÓN EN LOS DEPORTES DE EQUIPO

"VERSÃO FINAL"

Tese defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário Lisboa no dia 09/12/2024, perante o Júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º 893/2024, de 24/06/2024, com a seguinte composição:

Presidente:

Prof. Doutor Jorge dos Santos Proença Martins, FEFD-ULusófona

Arguentes:

Prof. Doutora Maria Isabel Januário Fragoso, FMH-ULisboa

Prof. Doutora Sara Isabel Sampaio Pereira, FADE-UPorto

Vogais:

Prof. Doutor António João Labisa Palmeira, FEFD-ULusófona

Prof. Doutor Sérgio Bruno Antunes Selores Ramos, FEFD-ULusófona

Prof. Doutora Carla Sofia Pinho dos Santos, FEFD-ULusófona

Orientador:

Professor Doutor Luís Miguel Rosado da Cunha Massuça – FEFD-ULusófona

José David López Laiseca, n.º 21406100

2024

López-Laiseca, J.D. (2024). Morfología básica y patrones de crecimiento en niños, niñas y adolescentes en Huila – Colombia, y su implicación en los deportes de equipo. Tese para o grau de doutor em Educação Física e Desporto na Especialidade de Didática da Educação Física e Desporto, Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona – Centro Universitário Lisboa, Lisboa, Portugal.

Epígrafe

"Cada niño es una obra maestra en desarrollo."

Dedicatoria

"Dedico este estudio a todos los niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia, cuyo crecimiento físico y desarrollo morfológico han sido el foco de nuestra investigación. Su vitalidad, energía y compromiso con el deporte en equipo son una fuente de inspiración para todos nosotros. Que este estudio contribuya a promover su salud y bienestar, y a fomentar un futuro lleno de oportunidades y logros deportivos."

Agradecimientos

A mi orientador Profesor Doctor Luís Massuça por su ejemplo como profesional, como persona y, además, por haberme proporcionado la realización de este proyecto científico académico, contando siempre con su objetividad, disponibilidad y orientación.

Al Profesor Doctor Francisco Carreiro da Costa, por su supervisión, y la responsabilidad de la dirección de este Curso de Doctoramiento.

A la Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona – Centro Universitário Lisboa, en cuanto Institución de recepción.

Agradecimiento muy especial al Profesor Doctor Carlos Alberto Ramos Parrací, quién fue el autor principal de este curso de Doctorado.

A mi entrenador de taekwondo Ancizar Correa por iniciarme en mi etapa profesional.

A todos mis colegas de Doctorado, por los momentos de aprendizaje.

¡Una palabra de afecto a mi familia!

Sólo con su apoyo incondicional fue posible terminar este curso.

Resumo

A pesquisa concentra-se no crescimento e desenvolvimento morfológico de crianças e adolescentes em Huila, Colômbia, abrangendo idades de 2 a 18 anos. Quatro estudos foram realizados para abordar esse tema. Primeiramente, uma revisão sistemática entre 2003 e 2018 buscou estabelecer valores de referência para altura, peso e índice de massa corporal, destacando a variabilidade morfológica associada ao sexo, idade e país. Em seguida, foram criadas curvas de crescimento de referência, evidenciando que os valores em Huila são inferiores às referências de outras regiões, destacando a singularidade morfológica da população huilense. O crescimento em altura foi explorado, identificando-se as idades de velocidade máxima de crescimento em altura em ambos os sexos. Finalmente, o tamanho corporal de escolas esportivas em Neiva, Huila, foi analisado, avaliando a probabilidade de seleção em desportos coletivos e destacando diferenças significativas entre desportos e a população em geral. Essas descobertas fornecem uma visão detalhada do crescimento em Huila e sua relação com o desempenho esportivo, sendo essenciais para melhorar os programas de seleção de talentos e o foco no desenvolvimento de jovens atletas na região.

Palavras-chave: Altura, antropometria, crescimento, morfologia, peso.

Resumen

La investigación se centra en el crecimiento y desarrollo morfológico de niños y adolescentes en Huila, Colombia, abarcando edades de 2 a 18 años. Cuatro estudios fueron llevados a cabo para abordar este tema. En primer lugar, una revisión sistemática entre 2003 y 2018 buscó establecer valores de referencia para estatura, peso e índice de masa corporal, destacando la variabilidad morfológica asociada al sexo, edad y país. Seguidamente, se crearon curvas de crecimiento de referencia, evidenciando que los valores en Huila son inferiores a referencias de otras regiones, resaltando la singularidad morfológica de la población huilense. Se exploró la edad del estirón puberal en altura, identificando edades de velocidad máxima de crecimiento en altura en los dos sexos. Finalmente, se analizó el tamaño corporal de escuelas deportivas en Neiva, Huila, evaluando la probabilidad de selección en deportes de equipo y destacando diferencias significativas entre deportes y la población general. Estos hallazgos proporcionan una visión detallada del crecimiento en Huila y su relación con el rendimiento deportivo, siendo esenciales para mejorar programas de selección de talentos y el enfoque en el desarrollo de jóvenes atletas en la región.

Palabras-clave: Altura, antropometría, crecimiento, morfología, peso.

Abstract

The research focuses on children and adolescents' morphological growth and development in Huila, Colombia, covering ages 2 to 18 years. Four studies were conducted to address this topic. Firstly, a systematic review between 2003 and 2018 sought to establish reference values for height, weight, and body mass index, highlighting the morphological variability associated with sex, age, and country. Subsequently, reference growth curves were created, evidencing that values in Huila are lower than references from other regions, emphasising the morphological uniqueness of the Huila population. The age of peak height velocity was explored in females and males. Finally, the body size of sports schools in Neiva, Huila was analysed, evaluating the probability of selection in team sports and highlighting significant differences between sports and the general population. These findings provide a detailed insight into growth in Huila and its relationship with sports performance, which is essential to improving talent selection programs and focusing on the development of young athletes in the region.

Keywords: Anthropometry, growth, height, morphology, weight.

Índice de Abreviaturas

AMHV - *Age at minimal pre-spurt height velocity*

AMHVR - *Age at minimal pre-spurt peak height velocity return*

APHV - *Age at peak height velocity*

BMI - *Body Mass Index*

BOZ - *Bivariate Overlap Zone* [Zona Superposición Bivariada]

CDC - *Center for Disease Control and Prevention* [Centro para el control y la prevención de enfermedades]

cm - Centímetros

DANE - Departamento Nacional de Estadística

EE. UU - Estados Unidos de América

EF - Educación Física

EVCM - Edad de velocidad de crecimiento máximo

g - Gramos

H18 - Altura a los 18 años

H4 - Altura a los 4 años

HMHV - Altura en la velocidad de crecimiento de altura mínima pre-estirón

HMHVR - Altura en el retorno a la velocidad de altura mínima pre-estirón

HPHV - Altura en el pico de crecimiento de altura

HV - Velocidad de crecimiento en altura

IC - índice calidad

IMC - Índice de masa corporal

IQ - Clasificación de la calidad metodológica

kg - kilogramos

kg/m^2 - kilogramo sobre metro cuadrado

LMS - (L) Las tendencias observadas para la media (M) y el coeficiente de variación (S) se suavizaron de manera similar

LTAD - Modelo de desarrollo del atleta a largo plazo

M - Media

MHV - Velocidad de crecimiento de altura mínima pre-estirón

OMS - Organización Mundial de la Salud

P50 - Percentil cincuenta

PB - Base de pico de crecimiento en altura

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

PV - *Peak velocity*

PVH - *Peak height velocity*

SAS - *Statistical Analysis Software*

SD - Desviación estandar

SISBEN - Sistema de identificación de potenciales beneficiarios de programas sociales

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

SUDAAN - *Statistical Softwarefor Analyzing Correlated data*

UK - *United Kingdom*

WHO - *World Health Organization*

Índice General

Epígrafe ii
Dedicatoria iii
Agradecimientos iv
Resumo v
Resumen vi
Abstract vii
Índice de Abreviaturas viii
Índice de Tablas xiv
Índice de Figuras xv
Introducción General 1
Capítulo I – Referente Teórico 4
1.1. Evaluación morfológica de niños y adolescentes 5
1.2. Crecimiento y desarrollo físico 6
1.3. ¿Es relevante evaluar la maduración en deportistas jóvenes? 8
1.4. Maduración biológica y rendimiento deportivo 10
1.5. Objetivos de Estudio 12
1.6. Referencias bibliográficas 14
Capítulo II – Metodología General 19
2.1. Diseño de los estudios 20
2.2. Participantes 20
2.3. Variable, métodos e instrumentos 21
2.4. Estadísticos 22
2.5. Consideraciones éticas 24
2.6. Referencias bibliográficas 24
Capítulo III – Estudio I 26
3.1. Resumen 28
3.2. Abstract 29

3.3. Introducción 30
3.4. Materiales y métodos 31
3.4.1. Estrategia de búsqueda 31
3.4.2. Criterios de inclusión y exclusión 32
3.4.3. Identificación de estudios relevantes 32
3.4.4. Extracción de los datos y calidad de los estudios 33
3.5. Resultados 33
3.5.1. Proceso de selección de estudios 33
3.5.2. Diseño de los estudios incluidos 34
3.5.3. Participantes 34
3.5.4. Calidad de los estudios 35
3.5.5. Orientación de los objetivos 35
3.5.6. Características contextuales 35
3.5.7. Perfil antropométrico 38
3.6. Discusión 44
3.7. Conclusiones 45
3.8. Referencias 46
Capítulo IV – Estudio II 51
4.1. Resumen 53
4.2. Abstract 54
4.3. Introducción 55
4.4. Materiales y métodos 56
4.4.1. Tipo de estudio 56
4.4.2. Datos analizados 56
4.4.3. Contextualización de la ubicación geográfica de la población 57
4.4.4. Análisis estadístico 58
4.4.5. Consideraciones éticas 59
4.5 Resultados 59
4.6. Discusión 68
4.7. Conclusiones 80

4.8. Referencias 81

Capítulo V – Estudio III 87

5.1. Resumen 89

5.2. Abstract 90

5.3. Introducción 91

5.4. Materiales y métodos 92

5.4.1. Tipo de estudio 92

5.4.2. Datos analizados 92

5.4.3. Contextualización de la ubicación geográfica de la población 93

5.4.4. Edad del pico de velocidad de crecimiento en altura 94

5.4.5. Estirón de crecimiento en altura 95

5.4.6. Análisis estadístico 97

5.4.7. Consideraciones éticas 97

5.5. Resultados 97

5.6. Discusión 102

5.7. Conclusión 104

5.8. Referencias 104

Capítulo VI – Estudio IV 111

6.1. Abstract 113

6.2. Introduction 114

6.3. Methods 115

6.3.1. Participants 115

6.3.2. Morphological profile 117

6.3.3. Statistical Analysis 118

6.4. Results 119

6.5. Discussion 125

6.6. Final considerations 129

6.7. References 130

Capítulo VII – Discusión General 136

7.1. Introducción 137

7.2. Discusión de resultados 137

7.3. Limitaciones 138

7.4. Indicaciones futuras 139

7.5. Consideraciones finales 139

Conclusion 141

Referencias Generales 143

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Participantes de los estudios. …….. 21

Tabla 3.1. Características de las Búsquedas. 32

Tabla 3.2. Características principales de los estudios incluidos. 36

Tabla 3.3. Medianas de estatura (cm) según sexo presentes en la literatura revisada. 39

Tabla 3.4. Medianas de peso (kg) según sexo presentes en la literatura revisada. 41

Tabla 3.5. Medianas de índice de masa corporal (IMC), por sexo, presentes en la literatura revisada. 43

Tabla 4.1. Distribución de la muestra (n) según edad y sexo. 57

Tabla 4.2. Distribución de percentiles para el peso (en kg) de niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia. 63

Tabla 4.3. Distribución de percentiles para la altura (en cm) de niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia. 65

Tabla 4.4. Distribución de percentiles para el índice de masa corporal (IMC, kg/m2) de niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia. 67

Tabla 5.1. Distribución de la muestra (n) según edad y sexo. 93

Tabla 5.2. Parámetros del estirón de crecimiento de altura de los niños, niñas y adolescentes de Huilla, Colombia. 98

Tabla 5.3. Valores de referencia (simetría, L; mediana, M; coeficiente de variación, S) para la altura (cm) de los niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia, según la distancia del APHV. 99

Tabla 5.4. Parámetros de velocidad de crecimiento en altura para el Huila-Colombia (este estudio), Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y Organización Mundial de la Salud (WHO). 103

Table 6.1. Distribution of the sample (n) according to age and gender. 117

Table 6.2. Mean (M) and standard deviation (SD) of the regional (Huila department) and sports sample (Neiva City Sports School) by age and gender.. 121

Índice de Figuras

Figura 3.1. Diagrama de flujo para la selección de los artículos. 34

Figura 4.1. Caracterización geográfica del departamento de Huila, Colombia. 58

Figura 4.2. Curvas percentiles de peso (kg), altura (cm) e índice de masa corporal (IMC, kg/m^2) para niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia. 60

Figura 4.3. Curvas percentiles de peso (kg), altura (cm) e índice de masa corporal (IMC, kg/m^2) para niñas y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia. 61

Figura 4.4. Curvas percentiles (percentil 50) del peso (kg) de los varones según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y de Huila-Colombia (este estudio). 71

Figura 4.5. Curvas percentiles (percentil 50) de la altura (cm) de los varones según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y de Huila-Colombia (este estudio). 72

Figura 4.6. Curvas percentiles (percentil 50) del IMC (kg/ m2) de los varones según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y de Huila-Colombia (este estudio). 73

Figura 4.7. Curvas percentiles (percentil 50) del peso (kg) en el sexo femenino según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y Huila-Colombia (presente estudio). 77

Figura 4.8. Curvas percentiles (percentil 50) de la altura (cm) en el sexo femenino según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y Huila-Colombia (presente estudio). 78

Figura 4.9. Curvas percentiles (percentil 50) del IMC (kg/m^2) en el sexo femenino según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y Huila-Colombia (presente estudio). 79

Figura 5.1. Caracterización geográfica del departamento de Huila, en el sur de Colombia, compuesto por 37 municipios agrupados en cuatro regiones (centro, norte, oeste y sur). 94

Figura 5.2. Método de estimación de la edad en la velocidad máxima de crecimiento en altura (APHV). 95

Figura 5.3. Parámetros considerados en el análisis del estirón de crecimiento en altura. 96

Figura 5.4. Curvas de velocidad de crecimiento de altura alineadas por distancia de APHV, en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia. 99

Figura 5.5. Curvas de distancia para la altura y de velocidad de crecimiento en altura para niños, niñas y adolescentes del Huila, Colombia. 101

Figure 6.1. Geographic characterization of the department of Huila – Colombia. (López-Laiseca & Massuça, 2023). 116

Figure 6.2. The proportion of the background population overlaps in height and weight with the sport's height and weight of girls across age groups (9-14 years old) (Source: Authors' original work). 123

Figure 6.3. The proportion of the background population overlaps in height and weight with the sport's height and weight of boys across age groups (9-14 years old). (Source: Authors' original work). 124

Figure 6.4. The sum of all the BOZs (basketball, futsal, soccer and volleyball) in children ages 9-14. 125

"El crecimiento y la maduración, dos pasos en el camino de la vida."
José David López Laiseca

Introducción General

El entrenamiento de niños, niñas y jóvenes siempre ha sido mi principal motivación. Desde que completé mi Licenciatura en Educación Física y adquirí experiencia como entrenador de las categorías menores, he mantenido la firme convicción de que el entrenamiento de esta población requiere la intervención cualificada de profesores, entrenadores y profesionales con un profundo conocimiento de su contexto. A pesar de que nos enfrentamos a una variedad de contextos muy diferentes, es esencial contar con profesionales capacitados en la formación de jóvenes deportistas.

Mi formación doctoral ha sido fundamental para consolidar las ideas que surgieron durante mi licenciatura y mi experiencia como entrenador y metodólogo deportivo. Estas ideas han dado lugar a la realización de este estudio, que se centra en el entrenamiento deportivo de niños, niñas y jóvenes. Desafortunadamente, las investigaciones en el contexto de Huila, Colombia, son escasas, como se destacará más adelante al abordar el problema de investigación.

Durante mi tiempo como metodólogo deportivo, trabajando en colaboración con un grupo de profesionales que incluían psicólogos, licenciados en educación física y fisioterapeutas en el ámbito deportivo, fui gestando la idea de llevar a cabo una caracterización de la población que forma parte de las escuelas de formación deportiva. Esto permitiría generar un conjunto de datos descriptivos que, aunque valiosos, carecían de un enfoque investigativo sólido debido a la falta de formación en investigación por parte de nuestro equipo.

Sin embargo, al ingresar al programa de doctorado y bajo la orientación de mi profesor supervisor, esta idea comenzó a evolucionar y a adquirir nuevas dimensiones significativas para el campo de la investigación en entrenamiento con menores. El objetivo ahora no solo era profundizar en el conocimiento y las competencias relacionadas con el entrenamiento de niños, niñas y adolescentes, sino también desarrollar modelos de selección deportiva en deportes de conjunto. Este fue un camino largo y desafiante, especialmente cuando no se cuenta con las

herramientas de un investigador experimentado, pero ha resultado gratificante al obtener reconocimiento a nivel local, regional e internacional.

Para llevar a cabo este proyecto, fue esencial establecer sinergias locales y regionales, superando obstáculos y barreras burocráticas institucionales. El proyecto comenzó con la obtención de autorizaciones necesarias, como los consentimientos informados de los padres para que sus hijos participaran en el programa de escuelas deportivas, así como las cartas de solicitud de datos de las autoridades de salud municipal y departamental.

El proyecto se dividió en dos fases principales. En la primera fase, se realizaron pruebas antropométricas y físicas a los niños, niñas y jóvenes que formaban parte del programa de escuelas deportivas. En la segunda fase, se recopilaron bases de datos de años anteriores y se solicitaron los informes antropométricos de la población general del departamento de Huila.

Para llevar a cabo el estudio, se definieron tres variables antropométricas: altura, peso y índice de masa corporal. Estas mediciones se realizaron en la primera fase con los participantes de las escuelas de formación deportiva, mientras que en la segunda fase se recopilaron datos de la población general del departamento a través de entidades de salud municipal y departamental. Este documento representa un paso fundamental hacia la posterior publicación de varios artículos basados en los resultados obtenidos en este proyecto.

Este documento, organizado en siete capítulos, se encuentran estructurado de acuerdo con la tendencia creciente que se tiene verificado en la organización de este tipo de trabajos académicos, en la medida en que contempla la producción de varios artículos científicos que resultaran de los diversos estudios concretizados en el ámbito del proyecto de la Tesis, modelo igualmente previsto en el reglamento en el Doctorado.

El documento comienza con la presentación e introducción del trabajo y las motivaciones personales subyacentes en la problemática del estudio. En este capítulo también se presenta la organización de los trabajos, el problema como también los objetivos generales que dieron origen a la concretización.

En el Capítulo I, se expone el encuadre teórico que valoriza y enmarca las más importantes referencias que traducen la evidencia científica que sirvió de base para el desenvolvimiento de los diversos estudios realizados en el ámbito del proyecto.

En el Capítulo II, hace referencia al método utilizado para concretización del proyecto, considerando las especificidades descritas en cada uno de los manuscritos producidos.

En Capítulos III, IV, V y VI, se exhiben los cuatro estudios concretizados, considerando el formato en que fueron sometidos, aceptados según las publicaciones. La redacción de algunos

de los manuscritos está en inglés, por lo que este documento presenta, necesariamente, secciones en español y en inglés.

Finalmente, en el Capítulo VII se lleva a cabo la discusión general de la Tesis, estructurada de manera que permita una articulación coherente entre los diversos resultados obtenidos en los diferentes estudios. En este capítulo, también se presentan todas las posibles limitaciones observadas durante la realización de la investigación, así como las relevantes implicaciones prácticas que se derivan de los resultados y su interpretación a la luz de la evidencia científica más reciente, culminando con la conclusión general de la Tesis.

Capítulo I – Referente Teórico

"La búsqueda del éxito en el deporte es un viaje
donde la morfología y la maduración juegan un papel fundamental."
José David López Laiseca

La antropometría juega un papel esencial como método para comprender y evaluar la morfología, el crecimiento y la madurez de los jóvenes deportistas. Comprender estos procesos biológicos es de vital importancia no sólo para la salud, sino también para optimizar el desarrollo deportivo de esta población.

1.1. Evaluación morfológica de niños y adolescentes

La evaluación antropométrica de niños, niñas y adolescentes se ha consolidado como una herramienta clave que permite obtener datos sobre las dimensiones corporales, la composición corporal, y otros indicadores que no solo son esenciales para identificar riesgos relacionados con enfermedades crónicas (Khanna, 2022), sino también para guiar los procesos de iniciación y desarrollo deportivo (Ramos-Sepúlveda et al., 2016). Además, los valores antropométricos ayudan a comprender las variaciones en el crecimiento a lo largo del tiempo (Fryar, 2016) y la influencia de factores como sexo, etnia y región de residencia.

Los indicadores altura, peso y índice de masa corporal (IMC) puede servir como una herramienta diagnóstica para detectar patrones de salud y crecimiento en niños y adolescentes de ambos sexos (Ramos-Sepúlveda et al., 2016; Rodriguez-Valero et al., 2015).

La infancia y adolescencia son etapas de vulnerabilidad biológica debido al rápido ritmo de crecimiento, lo que incrementa la variabilidad biológica entre niños de la misma edad cronológica (Verdugo, 2015). Se destaca que los valores de referencia de altura, peso e IMC son parámetros dinámicos que sobre el terreno ayudan a evaluar el crecimiento, lo que también permite analizar disparidades entre diferentes grupos etarios, étnicos o geográficos (Mendez-Perez, 2020).

Desde el ámbito deportivo, la evaluación antropométrica se convierte en una herramienta esencial para la orientación y selección de talentos.

Estudiar las características morfológicas de los niños y adolescentes es crucial la orientación deportiva de niño, niñas y adolescentes en deportes que se ajusten a las

características físicas (biotipo) de cada uno de los jóvenes deportistas (Norton & Olds, 1995). Teniendo en cuenta que las transformaciones en los deportes (en las últimas décadas), tanto en términos técnicos como en la exigencia física de los atletas, han resaltado la importancia de comprender los procesos evolutivos de los jóvenes deportistas.

En suma, la evaluación antropométrica de niños, niñas y adolescentes es esencial para caracterizar los patrones de crecimiento y contribuir a la definición de criterios o parámetros importantes en los procesos de iniciación y orientación deportiva, y están estrechamente relacionadas con las etapas de desarrollo, que varían según el sexo (Aguilar et al., 2011). Por lo tanto, obtener valores de referencia de la población en relación a la altura, el peso y el IMC es esencial para interpretar los puntajes antropométricos y comprender mejor las diferencias entre grupos según edad, etnia, área y región de residencia.

1.2. Crecimiento y desarrollo físico

El creciente interés en las medidas corporales como indicadores esenciales del crecimiento y desarrollo físico desempeña un papel fundamental en diversos contextos regionales. Mason et al. (2011) había resaltado la importancia de estas mediciones en el contexto del crecimiento y desarrollo físico. Además, estas mediciones no solo son cruciales en el ámbito de la salud, sino que también son de gran relevancia en el ámbito deportivo. Esto, a su vez, genera una serie de características, normas, valores y referencias que permiten a investigadores y profesionales identificar a niños, niñas y adolescentes que requieren atención en términos de salud, así como orientar la selección de la modalidad deportiva más adecuada, teniendo en cuenta las cualidades morfológicas específicas.

La variación en la maduración biológica entre individuos es un factor que influye en el crecimiento, el rendimiento y el estado físico (Malina et al., 2004), siendo factores fundamentales para alcanzar el éxito en el deporte (Malina, 1994, 2002). También Balyi et al. (2005), y Reilly y Williams (2003), han resaltado la relevancia de estas mediciones en los procesos de selección deportiva.

A lo anterior se suma que el crecimiento y la maduración física en la adolescencia son procesos biológicos complejos que presentan notables diferencias entre sexos, i.e., las niñas suelen experimentar sus primeros cambios físicos entre los 11 y 12 años, mientras que los niños comienzan a atravesar estos procesos entre los 14 y 15 años, lo que refleja una variabilidad

biológica que influye en el ritmo y momento en que se alcanzan los hitos de desarrollo (Benavides-Roca et al., 2017).

En breve, según Williams et al. (2013), (i) el crecimiento se refiere al aumento en el tamaño corporal, medido a través de la altura, peso, o la composición corporal; y (ii) la maduración se refiere al ritmo y momento en que los individuos alcanzan un estado biológico maduro.

La maduración biológica es un proceso fundamental en el desarrollo de los jóvenes atletas (ya que afecta tanto su estructura corporal como su rendimiento físico), y se refiere a los cambios cualitativos en los sistemas del cuerpo (tanto estructurales como funcionales) que ocurren a medida que el individuo avanza hacia la madurez (Malina et al., 2019). Estos cambios incluyen el cierre de las placas epifisarias de los huesos largos y otras transformaciones en los sistemas biológicos. El proceso de maduración involucra tanto el tiempo como el ritmo de desarrollo, ya que diferentes sistemas del cuerpo maduran a velocidades distintas (Malina et al., 2019). Un ejemplo claro de esto es que, dentro de un grupo de niños menores de 13 años, puede haber una diferencia de hasta cinco años en la edad biológica esquelética entre dos jugadores con la misma edad cronológica (Gouvea et al., 2016).

Según la literatura, en términos de velocidad de crecimiento en altura, los niños crecen a un ritmo promedio de 6 cm/año, mientras que las niñas lo hacen a una tasa de aproximadamente nueve centímetros anuales. En la velocidad máxima de crecimiento en altura (PHV), los niños alcanzan una velocidad de 10 cm/año, lo que refleja las diferencias entre sexos (Williams et al., 2013).

Las tasas rápidas de crecimiento y la variabilidad en el momento del PHV se han asociado con un mayor riesgo de lesiones en jóvenes atletas (Bult et al., 2018; Jonson et al., 2019), por lo que es fundamental considerar los ritmos individuales de crecimiento y maduración, ya que los atletas que maduran más tarde tienen mayor riesgo de lesiones debido a la inmadurez de sus estructuras corporales y su desarrollo neuromuscular subóptimo, i.e., los atletas que maduran más tarde tienen el doble de probabilidades de sufrir lesiones en comparación con aquellos que maduran antes (McKay, 2016), lo que resalta la importancia de tener en cuenta tanto las características físicas como la maduración biológica al trabajar con jóvenes deportistas.

De hecho, durante el estirón de crecimiento, los cambios en la longitud ósea y en la coordinación neuromuscular pueden generar desajustes en las capacidades motrices, aumentando la vulnerabilidad a lesiones musculoesqueléticas. Así, calcular la *maturity offset* (y

edad del PHV) de un niño puede permitir al entrenador adaptar el programa de entrenamiento según su edad biológica en lugar de su edad cronológica (Hernández-Vásquez, 2012), i.e., predecir el estado de madurez y el momento de la aceleración del crecimiento es fundamental para el Modelo de Desarrollo del Atleta a Largo Plazo (LTAD) (Balyi et al., 2005).

1.3. ¿Es relevante evaluar la maduración en deportistas jóvenes?

La gran variabilidad individual de los procesos de crecimiento y maduración influye decisivamente en el desarrollo de la motricidad y el rendimiento deportivo de los deportistas (Fragoso et al., 2021; Malina et al., 2015; Ramos et al., 2020, 2021; Torres-Unda et al., 2013). En las categorías más jóvenes, los deportistas de mayor edad y precoces obtienen claras ventajas físicas (y de rendimiento deportivo) respecto a los deportistas más jóvenes y con mayor retraso en el proceso de desarrollo biológico, que muchas veces determina la selección para los mejores equipos (Malina et al., 2015; Ramos et al., 2019). Además, el proceso de selección deportiva parece tener una influencia decisiva en el proceso de formación deportiva de los jóvenes, ya que los deportistas seleccionados para los mejores equipos tienen acceso a mejores condiciones de práctica, que son cruciales para el desarrollo del deportista desde una perspectiva a largo plazo (Johnston et al., 2018; Vayens et al., 2008).

La evidente relevancia de las dimensiones corporales y la aptitud física en el rendimiento colectivo e individual de los deportistas (Ramos et al., 2020, 2021), refuerza la relevancia del seguimiento y control del proceso de crecimiento, maduración y rendimiento deportivo, fundamental en la identificación de deportistas de alto potencial, sino también como guía para la planificación del proceso de formación (Johnston et al., 2018). Es de destacar que la evaluación continua y sistemática de estos atributos permitirá a los entrenadores adaptar y prescribir el entrenamiento según las necesidades individuales de cada deportista.

La maduración se puede evaluar a través de dos perspectivas distintas: (i) el estado (es decir, el nivel de maduración alcanzado en la edad cronológica de observación), y (ii) el momento (es decir, la edad cronológica en la que ocurren ciertos eventos biológicos) (Malina et al., 2015). Los indicadores más utilizados para determinar el estado de maduración son la edad ósea y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, mientras que la edad de la menarquia y la edad de máximo crecimiento en altura son los indicadores habitualmente utilizados para determinar el momento del proceso de maduración (Malina et al., 2015).

Varios autores han hecho referencia a la maduración ósea como el mejor método para evaluar la edad biológica (o estado de madurez) de un sujeto (Malina, 2011, 2014). La edad ósea es un indicador de maduración biológica (Malina, 2011), y los métodos frecuentemente utilizados para estimarlo son: (i) el método de Greulich-Pyle (Greulich & Pyle, 1959); (ii) el método Fels (Roche et al., 1988); y (iii) el método Tanner-Whitehouse (Tanner et al., 2001). Los métodos son similares en el principio inherente al examen (es decir, radiografía de la muñeca y la mano, y comparación con un conjunto de criterios), aunque los criterios y procedimientos para estipular la edad ósea de los individuos varían ligeramente (Malina et al., 2015). Las principales limitaciones de estos métodos son: (i) tener costos elevados, (ii) requerir evaluadores calificados (es decir, con conocimiento de los protocolos de evaluación, sus limitaciones e interpretaciones), y (iii) exponer al evaluador a radiación electromagnética (aunque mínima - 0,001 milisievert; todavía existen algunas preocupaciones con respecto a su uso) (Malina et al., 2015).

Debido a las limitaciones de los métodos mencionados anteriormente y a la dificultad de su uso por parte de los agentes deportivos, se han desarrollado métodos no invasivos para evaluar la maduración somática de los deportistas.

Sin embargo, cabe destacar que la maduración somática se puede evaluar a través de (i) el porcentaje de altura adulta alcanzada a una edad determinada, y/o (ii) la edad a la que se produce la velocidad máxima de crecimiento en altura (PHV) (Malina et al., 2015).

El porcentaje de talla adulta alcanzada a una determinada edad refleja el estado de madurez alcanzado, ya que los jóvenes que se acercan más a su talla adulta final están más avanzados en su proceso de maduración y, en consecuencia, más cerca del estado de madurez (Malina et al., 2015). Para determinar el porcentaje de talla adulta alcanzada a una determinada edad, es necesario predecir la talla que alcanzará el niño (o adolescente) en su edad adulta, transformando posteriormente su talla actual en un valor relativo a su talla adulta prevista (Malina et al., 2015). De los métodos no invasivos desarrollados para estimar la altura adulta (es decir, métodos que no utilizan edad ósea), la ecuación predictiva más popular utiliza la interacción entre la edad decimal, la altura, la masa corporal y la altura media de los padres (Khamis & Roche, 1994).

La edad al PHV es un excelente indicador del momento de madurez, y se define como el momento (edad cronológica) en el que se produce una mayor tasa de crecimiento en altura (Malina et al., 2015).

A principios del siglo XXI se desarrolló un protocolo de evaluación de la maduración somática (*maturity offset*), que permite predecir la distancia (en años) desde la edad del PHV, y que utiliza la interacción entre la edad cronológica y medidas antropométricas (altura, altura sentado, masa corporal y longitud estimada de las extremidades inferiores) (Mirwald, et al., 2002), i.e., las ecuaciones predictivas de *maturity offset* (e.g.: Moore et al., 2015).

En definitiva, la evaluación de la maduración es fundamental en el proceso de identificación y selección deportiva, pero también para orientar el proceso de entrenamiento (adaptación de este a las necesidades y características del proceso de desarrollo biológico de los practicantes). Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere que los entrenadores, al no tener a su disposición medios de evaluación invasivos, utilicen medios no invasivos, concretamente el *maturity offset*, que utiliza la edad cronológica y medidas antropométricas como variables predictivas.

1.4. Maduración biológica y rendimiento deportivo

La maduración biológica y su relación con el rendimiento deportivo es un tema central en la investigación sobre el desarrollo de jóvenes atletas. La edad biológica ha emergido como un parámetro esencial en la selección de talentos, ya que refleja de manera más precisa el estado de desarrollo de un individuo que la edad cronológica.

A lo anterior se suma que es evidente que la maduración tiene un impacto significativo en el rendimiento físico de los jóvenes atletas, observándose que los jóvenes atletas que maduran antes suelen obtener mejores resultados en las pruebas de resistencia (Guimarães et al., 2019), y de velocidad y producción de fuerza (Murtagh et al., 2018), tanto en sexo femenino como en sexo masculino (Arede et al., 2019). Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la influencia de la maduración biológica sobre las condiciones físicas y morfológicas de los jóvenes atletas plantea cuestionamientos sobre la eficacia de la identificación temprana. Algunas investigaciones sugieren que la maduración temprana puede dar una ventaja, pero otras apuntan a que no todas las variables relacionadas con la maduración son determinantes para el rendimiento a largo plazo (Bidaurrazaga-Letona et al., 2019). Existe una gran heterogeneidad en los estudios, que varía según el deporte, los participantes y las pruebas realizadas (Arede et al., 2019).

A pesar de los avances en la comprensión de la maduración biológica, la clasificación y orientación de atletas jóvenes sigue siendo un tema controvertido, i.e., la edad cronológica ha sido utilizada tradicionalmente para clasificar a jóvenes en categorías deportivas, debido a su facilidad de medición. Sin embargo, este enfoque presenta limitaciones, ya que no refleja con precisión el estado de maduración biológica del individuo, lo que puede llevar a errores en la selección y desarrollo de talentos (Malina, 2011).

El estado de maduración de un joven atleta en comparación con sus compañeros puede proporcionar ventajas en cuanto a rendimiento físico y fisiológico, i.e., aquellos jugadores que maduran antes tienden a tener una ventaja competitiva, lo que a menudo lleva a una selección y progresión más rápida en su carrera deportiva (Gouvea et al., 2016). Además, los varones que maduran temprano suelen experimentar un estirón de crecimiento puberal más intenso, lo que se traduce en mayores ganancias en masa magra, tamaño y fuerza muscular, acentuando aún más esta ventaja, y tiene un impacto significativo en el rendimiento físico de los atletas jóvenes, observándose que los atletas jóvenes que maduraron antes suelen obtener mejores resultados en las pruebas de resistencia (Guimarães et al., 2019), y de velocidad y producción de fuerza (Murtagh et al., 2018), tanto en hombres como en mujeres (Arede et al., 2019).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente sobre la influencia de la maduración biológica de los jóvenes atletas plantea cuestionamientos sobre la eficacia de la identificación temprana. Algunas investigaciones sugieren que la maduración temprana puede dar una ventaja, pero otras apuntan a que no todas las variables relacionadas con la maduración son determinantes para el rendimiento a largo plazo (Bidaurrazaga-Letona et al., 2019).

En este sentido, comprender el ritmo individual de maduración se vuelve tan crucial como evaluar sus indicadores antropométricos para una planificación efectiva de su desarrollo deportivo. En vista de lo anterior, parece que el monitoreo longitudinal de la maduración es fundamental para identificar desajustes entre el nivel de desarrollo físico, y puede ofrecer una estimación más precisa del estado de madurez de los atletas (Corso, 2018).

La identificación temprana de talentos deportivos ha sido vista como una estrategia clave para los clubes deportivos. Los beneficios de este proceso incluyen la especialización temprana de los atletas, la integración de jóvenes promesas en equipos de alto nivel y la seguridad económica a largo plazo para los clubes (Pion et al., 2015; Peña-Gonzalez et al., 2018). En deportes con menores ingresos, la identificación temprana y el seguimiento de los talentos son esenciales para optimizar los recursos económicos (Hertzog et al., 2018). En este contexto, ha

surgido un creciente interés en desarrollar modelos que permitan no solo identificar sino también predecir el futuro rendimiento de los atletas jóvenes (Hertzog et al., 2018).

En los modelos de identificación de talentos deportivos, el rendimiento físico es considerado uno de los factores más importantes, ya que se vincula estrechamente con el rendimiento futuro de los jóvenes atletas (Johnson et al., 2018). Otro factor relevante es la morfología del deportista y su relación con el rendimiento deportivo (López-Plaza et al., 2017).

En resumen, las características morfológicas, la maduración biológica, y la condición física son factores interrelacionados que afectan el rendimiento deportivo de los jóvenes atletas. La identificación temprana de talentos basada en estos factores puede ser beneficiosa, pero debe considerarse con cautela, teniendo en cuenta la influencia del proceso de maduración. Las estrategias de identificación deben ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a las variaciones individuales de crecimiento y desarrollo, asegurando así una selección efectiva y equitativa.

Dada la importancia de estos temas, es esencial estar al tanto de la última investigación en este campo. Transformar el entrenamiento deportivo en menores implica determinar qué aspectos intervienen en los procesos de selección de talentos y bajo qué circunstancias tiene sentido desarrollar procesos para la selección y desarrollo de talento. Esto se vuelve indispensable para los entrenadores de hoy en día si desean evitar la monotonía en sus prácticas. Contribuir a la construcción de modelos teóricos en los deportes de conjunto hacia el alto rendimiento es un objetivo crucial.

En este contexto, surge la pregunta central de este estudio:

¿Cuáles son las características morfológicas y los patrones de crecimiento físico en niños, niñas y adolescentes (2-18 años) en la población de Huila, Colombia, y cómo se comparan con las referencias internacionales, considerando además la influencia de la participación en deportes en equipo?

1.5. Objetivos de Estudio

Considerando la problemática evidenciada, fue definido un objetivo general que orientó todo el proyecto de la Tesis, necesariamente operacionalizado de forma muy específica en cada uno de los estudios concretizados, teniendo en cuenta la extensa comprensión de la

problemática en curso. De este modo, el objetivo general trazado fue analizar las características morfológicas y los patrones de crecimiento físico de niños, niñas y adolescentes (2-18 años) en la población de Huila, Colombia, y compararlos con las referencias internacionales, teniendo en cuenta la influencia de la participación en deportes en equipo.

A partir de esta intención general, la operacionalización específica del objetivo general condujo la definición concreta de un objetivo para cada uno de los estudios, i.e.:

- Estudio I (Capítulo III). Identificar y sintetizar los estudios originales de investigación sobre dimensiones corporales básicas en niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años publicados entre 2003 y 2018.
- Estudio II (Capítulo IV). Construir curvas de crecimiento de referencia para el peso, la altura y el IMC de niños y adolescentes (2-18 años) en el departamento de Huila, Colombia.
- Estudio III (Capítulo V). (i) Identificar la edad de velocidad mínima de crecimiento pre-estirón en altura (AMHV), la edad de velocidad máxima de crecimiento en altura (APHV) y la edad de retorno a la velocidad mínima de crecimiento pre-estirón en altura (AMHVR) en población del Huila, Colombia; y (ii) Construir curvas de velocidad de crecimiento en altura.
- Estudio IV (Capítulo VI). (i) Analizar el tamaño corporal de niños y adolescentes de 9 a 14 años que participan en deportes de equipo en escuelas deportivas en Neiva, Huila, Colombia, y (ii) determinar la probabilidad de que un individuo elegido al azar de la población de referencia (Huila, Colombia) se encuentre dentro de la población de deportes de equipo para comprender la presión de selección de atletas basada únicamente en el tamaño corporal (antropometría).

1.6. Referencias bibliográficas

Aguilar, A. C., Pradilla, A., Mosquera, M., Gracia, A. B., Ortega, J. G., Leiva, J. H., & Ramírez-Vélez, R. (2011). Percentiles de condición física de niños y adolescentes de Santiago de Cali, Colombia. *Biomedica*, *31*(2), 242-249. https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i2.318

Arede, J., Ferreira, A. P., Gonzalo-Skok, O., & Leite, N. (2019). Maturational development as a key aspect in physiological performance and national-team selection in elite male basketball players. *International Journal of Sports Physiology, 14*(7), 902–910. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0037

Balyi, I., Hamilton, A., & Robertson, S. (2005). *Canadian Sport for Life: Long-Term Athlete Development* (Vol. 2). Canadian Sport Centres.

Benavides-Roca, L., Santos-Vásquez, P., & Guajardo-Valderas, L. (2017). Valoración del pico de velocidad de crecimiento y estatura prevista definitiva de acuerdo a las posiciones de juego de los futbolistas sub 15 y 16 de Rangers de Talca. *Revista Digital de Educación Física,* *8*(46), 107-115. https://emasf.webcindario.com/Valoracion_del_pico_de_velocidad_de_crecimiento_y_estatura_prevista_definitiva_de_acuerdo_a_las_posiciones_de_juego_de_los_futbolistas_sub.pdf

Bidaurrazaga-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. *Journal of Strength and Conditioning Research,* *33*(10), 2548–2558. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002656

Bult, H. J., Barendrecht, M., & Tak, I. J. R. (2018). Injury risk and injury burden are related to age group and peak height velocity among talented male youth soccer players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine,* *6*(12), 2325967118811042. https://doi.org/10.1177/2325967118811042

Corso, M. (2018). Developmental changes in the youth athlete: Implications for movement, skills acquisition, performance and injuries. *Journal of the Canadian Chiropractic Association, 62*(3), 150–160. PMID: 30662070; PMCID: PMC6319435.

Fragoso, I., Ramos, S., Teles, J., Volossovitch, A., Ferreira, A.P., & Massuça, L.M. (2021). The Study of Maturational Timing Effect in Elite Portuguese Adolescent Basketball Players:

Anthropometric, Functional and Game Performance Implications. *Appl. Sci.*, 11, 9894. https://doi.org/10.3390/app11219894

Fryar, C. D., Gu, Q., Ogden, C. L., & Flegal, K. M. (2016). Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2011-2014. *Vital and Health Statistics, 3*(39), 1-46.

Gouvea, M., Cyrino, E. S., Ribeiro, A. S., da Silva, D. R. P., Ohara, D., Valente-dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., & Ronque, E. (2016). Influence of skeletal maturity on size, function and sport-specific technical skills in youth soccer players. *International Journal of Sports Medicine, 37*(6), 464-469. https://doi.org/10.1055/s-0035-1569370

Greulich, W., & Pyle, S. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. 2nd ed. Stanford (CA): Stanford University Press.

Guimarães, E., Ramos, A., Janeira, M. A., Baxter-Jones, A. D. G., & Maia, J. (2019). How does biological maturation and training experience impact the physical and technical performance of 11-14-year-old male basketball players? *Sports, 7*(8), 243. https://doi.org/10.3390/sports7080243

Hernández-Vásquez, L. A. (2012). *Estudio sobre los perfiles antropométrico, motor y funcional, de escolares de ambos sexos en edades de 10-16 años y su relación con los procesos de formación deportiva en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca [recurso electrónico]*. http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/3896

Hertzog, M., Paul, D. J., Nassis, G. P., & Silva, J. R. (2018). Does early recruitment predict greater physical performance in academy soccer players? *Sports, 6*(3), 108. https://doi.org/10.3390/sports6030108

Johnson, D. M., Williams, S., Bradley, B., Sayer, S., Murray Fisher, J., & Cumming, S. (2019). Growing pains: Maturity associated variation in injury risk in academy football. *European Journal of Sport Science*, *20*(4), 544-552. https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1633416

Johnston, K., Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2018). Talent identification in sport: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(1), 97-109. DOI: 10.1007/s40279-017-0803-2

Khamis, H., & Roche, A. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: The Khamis-Roche method. *Pediatrics*, 94, 504–507.

Khanna, D., Peltzer, C., Kahar, P., & Parmar, M. S. (2022). Body mass index (BMI): A screening tool analysis. *Cureus, 14*(2), e22119. https://doi.org/10.7759/cureus.22119

López-Plaza, D., Alacid, F., Muyor, J. M., & López-Miñarro, P. (2017). Sprint kayaking and canoeing performance prediction based on the relationship between maturity status,

anthropometry and physical fitness in young elite paddlers. *Journal of Sports Sciences, 35*(10), 1083–1090. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1310191

Malina, R. M. (1994). Physical Growth and Biological Maturation of Young Athletes: *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *22*(1), 280-284. https://doi.org/10.1249/00003677-199401000-00012

Malina, R. M. (2002). The young athlete: Biological growth and maturation in a biocultural context. En *Children and youth in sports: A biopsychosocial perspective* (Segunda, pp. 261-292). Kendall Hunt Pub.

Malina, R. M. (2011). Skeletal Age and Age Verification in Youth Sport. *Journal of Sports Medicine*, *41*(11), 925-947.

Malina, R. M. (2014). Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *85*, 157-173.

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.

Malina, R. M., Cumming, S. P., Rogol, A. D., Coelho-E-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Konarski, J. M., & Kozieł, S. M. (2019). Bio-Banding in Youth Sports: Background, Concept, and Application. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *49*(11), 1671–1685. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01166-x

Malina, R. M., Rogol, A., Cumming, S., Coelho-e-Silva, M., & Figueiredo, A. (2015). Biological Maturation of Youth Athletes: Assessment and Implications. *British Journal of Sports Medicine*, *49*, 852-859. doi: 10.1136/bjsports-2015-094623

Mason, A., Malik, S., Russell, R. K., Bishop, J., McGrogan, P., & Ahmed, S. F. (2011). Impact of inflammatory bowel disease on pubertal growth. *Hormone Research in Paediatrics*, *76*(5), 293-299. https://doi.org/10.1159/000329991

McKay, D., Broderick, C., & Steinbeck, K. (2016). The adolescent athlete: A developmental approach to injury risk. *Pediatric Exercise Science, 28*(4), 488-500.

Méndez-Pérez, B. (2020). Crecimiento y maduración biológica asociados al desempeño físico del joven atleta. *Anales Venezolanos de Nutrición, 33*(1), 24-30. https://doi.org/10.5935/0798-07522020000100024

Mirwald, R., Baxter-Jones, A., Bailey, D., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise*, *34*(4), 689– 694.

Moore, S., McKay, H., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A.D., Cameron, N., & Brasher. P.M. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Med Sci Sports Exerc*., *47*(8), 1755-64. doi: 10.1249/MSS.0000000000000588. PMID: 25423445.

Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2018). Importance of speed and power in elite youth soccer depends on maturation status. *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(1), 297–303. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001962

Norton, K., & Olds, T. (1995). *Antropometrica [Spanish version of Anthropometrica]*. https://www.researchgate.net/publication/283664365_Antropometrica_Spanish_version_of_Anthropometrica_Norton_K_and_T_Olds_1995

Peña-González, I., Fernández-Fernández, J., Moya-Ramón, M., & Cervelló, E. (2018). Relative age effect, biological maturation, and coaches' efficacy expectations in young male soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 89*(3), 373–379. https://doi.org/10.1080/02701367.2018.1473461

Pion, J., Segers, V., Fransen, J., Debuyck, G., Deprez, D., Haerens, L., Vaeyens, R., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2015). Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *European Journal of Sport Science, 15*(4), 357–366. https://doi.org/10.1080/17461391.2014.977474

Ramos-Sepúlveda, J. A., Ramírez-Vélez, R., Correa-Bautista, J. E., Izquierdo, M., & García-Hermoso, A. (2016). Physical fitness and anthropometric normative values among Colombian-Indian schoolchildren. *BMC Public Health*, *16*, 962. https://doi.org/10.1186/s12889-016-3652-2

Ramos, S., Volossovitch, A., Ferreira, A. P., Barrigas, C., Fragoso, I., & Massuça, L. (2020). Differences in Maturity, Morphological, and Fitness Attributes Between the Better- and Lower-Ranked Male and Female U-14 Portuguese Elite Regional Basketball Teams. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(3), 878-887. doi: 10.1519/JSC.0000000000002691.

Ramos, S., Volossovitch, A., Ferreira, A. P., Fragoso, I., & Massuça, L. (2021). Training experience, maturational, morphological and fitness attributes as individual performance predictors in male and female Under-14 Portuguese elite basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 35*(7), 2025-2032. doi: 10.1519/JSC.0000000000003042.

Ramos, S., Volossovitch, A., Ferreira, A. P., Fragoso, I., & Massuça, L. (2019). Differences in maturity, morphological and physical attributes between players selected to the primary and secondary teams of a Portuguese Basketball elite academy. *Journal of Sports Sciences*, *37*(15), 1681-1689. doi: 10.1080/02640414.2019.1585410

Reilly, T., & Williams, M. (2003). *Science and soccer* (Segunda). Taylor & Francis e-Library. http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/77522/1/259.pdf

Roche, A., Chumlea, W., & Thissen, D. (1988*). Assessing the skeletal maturity of the hand wrist - FELS method*. Springfield, IL: CC Thomas.

Rodriguez-Valero, F. J., Gualteros, J. A., Torres, J. A., Umbarila-Espinosa, L. M. U., & Ramírez-Vélez, R. (2015). Asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. *Nutricion Hospitalaria*, *32*(4), 1559-1566. https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9310

Tanner, J., Healy, M., Goldstein, H., & Cameron, C., (2001). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method)*. London: W.B. Saunders.

Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Kortajarena, M., . . . Irazusta, J. (2013). Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *Journal of Sports Sciences*, *31*(2), 196-203.

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A., & Philippaerts, R. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Journal of Sports Medicine*, *38*(9), 703-714.

Verdugo, M. F. (2015). Biological maturation process and athletic performance. *Revista Chilena de Pediatría, 86*(6), 383-385. https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.10.003

Williams, C. A., Wood, L., & De Ste Croix, M. (2013). Growth and maturation during childhood. In M. De Ste Croix & T. Korff (Eds.), *Paediatric biomechanics and motor control: Theory and application* (pp. 73-89). Routledge.

Capítulo II – Metodología General

El presente capítulo detalla el o los métodos empleados en el desarrollo de esta investigación, la cual se enfoca en comprender el crecimiento y desarrollo morfológico de niños, niñas y adolescentes en la población de Huila, Colombia.

2.1. Diseño de los estudios

Este proyecto de investigación comprende cuatro estudios interconectados. En primer lugar, una revisión sistemática de las variables de peso, talla e índice de masa corporal (IMC). En segundo lugar, un estudio transversal que busca caracterizar la población general en términos de peso, talla e IMC. En tercer lugar, una extensión del estudio transversal para identificar las curvas de velocidad y aceleración de crecimiento según el sexo y la talla. Por último, un estudio que analiza el tamaño corporal de niños y adolescentes de 9 a 14 años en escuelas deportivas de Neiva, Huila, Colombia. El objetivo es determinar la probabilidad de que un individuo seleccionado al azar de la población de referencia (Huila, Colombia) forme parte de la población de deportes de equipo. Este análisis busca comprender la presión de selección basada exclusivamente en el tamaño corporal (antropometría).

2.2. Participantes

Hicieron parte del estudio transversal los datos de 130599 niños y adolescentes entre 2 a 18 años (niños, n = 65467; niñas, n = 65132), usuarios de las instituciones de salud públicas de los 37 municipios del departamento del Huila, Colombia. La muestra corresponde a niños y adolescentes, tanto del sector rural, como urbano, de niveles socioeconómicos bajos y medio registrados en el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de los Programas Sociales entre 2009 y 2016. Los datos fueron suministrados por la Secretaría de Salud departamental de la Gobernación del Huila, bajo Registro de la carta de autorización para utilizar los datos con número radicado: 2017sal00002074-1 del 02-022 del 2017.

Los datos de la población de referencia del departamento de Huila, que incluyeron a 14090 niños y adolescentes (de 9 a 14 años) del departamento de Huila (varones, n = 7997; mujeres, n = 9898) (ver López-Laiseca & Massuça, 2023), se utilizaron para estudiar la

optimización morfológica del peso y la altura en deportes de equipo (es decir, baloncesto, fútbol, fútbol sala y voleibol) de la población de las escuelas deportivas en el municipio de Neiva (varones, n = 257; mujeres, n = 310).

Todos los niños y adolescentes eran de un nivel socioeconómico bajo, determinado por el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de los Programas Sociales, a través de un puntaje, clasifican a la población según sus condiciones socioeconómicas. Los hogares con niveles SISBEN 1-3 son los más vulnerables y están más enfocados en los programas sociales. En la Tabla 2.1 se presenta la información referente a las características de las muestras.

Tabla 2.1. Participantes de los estudios.

Estudio	Sexo		n	Edad	Ubicación	Nivel socioeconómico	Modalidad deportiva
	Femenino	Masculino					
2	65132	65457	130599	2 a 18 años	Huila, Colombia	Bajo y medio	Ninguna
3	65132	65457	130600	2 a 18 años	Huila, Colombia	Bajo y medio	Ninguna
4	9898	7997	17895	9 a 14 años	Huila, Colombia	Bajo y medio	Ninguna
	310	257	567	9 a 14 años	Neiva, Huila, Colombia	Bajo	Baloncesto, Fútbol, Fútbol sala, Voleibol

2.3. Variable, métodos e instrumentos

Se obtuvieron datos de la población de las escuelas deportivas del municipio de Neiva siguiendo los estándares establecidos por el protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cinantropometría (Stewart et al., 2011).

- Para medir la altura, se utilizó un antropómetro (Kit Antropométrico Siber-Hegner Machines SA GPM).
- Para la masa corporal, se empleó una balanza (Báscula de Masa Corporal Vogel & Halke, Alemania, modelo Secca 761 7019009) que permite lecturas en intervalos de 500 g.

En primer lugar, se tomaron medidas antropométricas (peso, talla) a los niños, niñas y adolescentes de la modalidad de deportes de pelota (futbol, baloncesto, futbol de salón y voleibol) del programa de escuelas deportivas de la ciudad de Neiva – Huila. En segundo lugar, se solicitó información de las bases de datos del departamento del Huila, a ello se envió cartas a las secretarias de salud municipal y departamental de los últimos 10 años. Por último, se solicitó base de datos de programas anteriores de las escuelas deportivas.

2.4. Estadísticos

Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo y se importaron en el paquete de software utilizando el método de mínimos cuadrados medios (LMS). El método LMS permite que se desarrollen estándares de percentiles de crecimiento normalizados y trata generalmente con la asimetría, que podría estar presente en la distribución de variables.

Este método supone que los datos se pueden normalizar mediante el uso de una transformación de potencia, que elimina la asimetría del conjunto de datos extendiendo una cola de la distribución y reduciendo la otra. La potencia máxima requerida para obtener la normalidad se calculó para cada serie de grupos de edad y la tendencia se resumió mediante una curva suave (L). Las tendencias observadas para la media (M) y el coeficiente de variación (S) se suavizaron de manera similar. Estas curvas LMS contenían información para permitir que se dibujara cualquier curva centil y para convertir las mediciones en puntajes de desviación estándar exactos Cole (1990). Las regresiones de LMS se realizaron utilizando la versión 2.54 del software LMS Pro (The Institute of Child Health, Londres). Se seleccionó el número apropiado de grados de libertad en los percentiles en especial el P50, como valores de referencia específicos por edad y género, asimismo se halló la desviación estándar.

Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo y se importaron en el paquete de software utilizando el método de mínimos cuadrados medios (LMS) versión 2.54 software LMS Pro (The Institute of Child Health, Londres) (Pan & Cole, 2011). El método LMS permite crear las curvas de crecimiento y aceleración normalizados y trata generalmente con la asimetría, que podría estar presente en la distribución de variable estatura.

Asimismo, se desarrollaron gráficos de normalidad y estadísticas de la zona de superposición bivariada (BOZ) utilizando las diferencias entre el peso y la altura promedio de una población de referencia de jóvenes atletas de la ciudad de Neiva, en comparación con la

población general de Huila. El procesamiento de datos se realizó utilizando la versión de prueba del programa Matlab (*MATLAB*, 2023), que calculó las fórmulas necesarias descritas a continuación.

Cuando se trata de dos atributos relacionados (distribuciones bivariadas), la BOZ se representa gráficamente como la superposición de dos 'elipses de densidad'. Por ejemplo, en el estudio actual, estamos tratando la distribución de la altura (variable X) y el peso (variable Y) en dos poblaciones. Una población está compuesta por adultos jóvenes (ya sea hombres o mujeres por separado), llamada población de referencia ('Ref'). La otra población está formada por una muestra de atletas, la población deportiva ('s'). Queremos saber la probabilidad de que un individuo elegido al azar de la población de referencia caiga dentro de la distribución de la población deportiva. Calculamos la proporción (y posteriormente la probabilidad) de puntos de datos XY de la población general de niños que caían dentro de la distribución de la población deportiva. Esto se hace utilizando una estadística que sigue una distribución chi-cuadrado: X2 = (1/(1-rs)2)((((X-X)2)/(SX2))-2rs*(X-Xs)(Y -Ys)/((SXSY)+((Y -Ys)2/(SY2))), donde X e Y son los valores de cualquier punto de datos XY de la población de referencia, rs es la correlación entre los atributos X e Y en la población deportiva; Xs es la media de la muestra de la variable X en la población deportiva; sXs es la desviación estándar estimada (o calculada con tamaños de muestra deportiva más grandes) de la variable X en la población deportiva; Ys es la media de la muestra de la variable Y en la población deportiva, y sYs es la desviación estándar estimada o calculada de la variable Y en la población deportiva.

Las estadísticas para la población deportiva se recopilaron de nuestra muestra de atletas. Una vez que generamos el valor chi-cuadrado asociado con cada punto de datos XY, luego calculamos la probabilidad correspondiente (usando 2 grados de libertad). La probabilidad promedio es nuestro resultado y se llama BOZ. Si las poblaciones de referencia y deportiva tienen las mismas medias y desviaciones estándar para las variables X e Y, y las mismas correlaciones XY, el BOZ será muy cercano a 0.5. A medida que aumenten las diferencias entre las medias y las desviaciones estándar, el BOZ se acercará a 0. El BOZ se acercará a 1 a medida que las desviaciones estándar de las variables X e Y en la población deportiva se acerquen al infinito.

2.5. Consideraciones éticas

Este estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos para la realización de estudios biomédicos en seres humanos establecidos por la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013) y las normas científicas, técnicas y administrativas en investigación en salud de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud (Ministerio de Salud, 1993). Además, el estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Fundación del Caribe para la Investigación Biomédica BIOS, mediante Acta número 0127 del 31 de julio de 2015.

En la investigación se les ofreció un consentimiento informado, en el cual se les explicaba, los objetivos de las pruebas y el periodo de su aplicación, también se les manifestó a los padres de familia ya que ellos son los directamente responsables de los niños y niñas pertenecientes a las escuelas de formación deportiva.

La realización de este estudio de tipo descriptivo, se hizo teniendo en cuenta la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Según el artículo 11 este estudio clasifica como investigación de riesgo mínimo.

En el estudio no se manipuló la información, no se administraron medicamentos a los participantes, por lo tanto, no necesitó consentimiento informado y tampoco hubo beneficio económico o contraprestación a los investigadores.

2.6. Referencias bibliográficas

Cole, T. J. (1990). The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition*, *44*(1), 45-60.

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023). Edad del estirón puberal en altura en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, *71*(4), Article 4. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n4.102130

MATLAB (Versión R2023b). (2023). [Software]. The MathWorks Inc. https://matlab.mathworks.com/

Ministerio de Salud. (1993). *Resolución 008430. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.* [Gubernamental]. MinSalud.

https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF

Pan, H., & Cole, T. (2011). *LMSchartmaker, a program to construct growth reference data using the LMS method.* (2.54). http://www.healthforallchildren.com?product=lmschartmaker-pro.

Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, J. (2011). International Standards for Anthropometric Assessment. En *Potchefstroom, South Africa, ISAK* (Vol. 137).

World Medical Association (2013). *WMA Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 64th General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013*. The World Medical Association. https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/

Capítulo III – Estudio I

Estudio I

Valores de referencia para estatura, peso e índice de masa corporal en niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años. Una revisión sistemática con énfasis en la población colombiana

Height, weight and BMI reference values for 2- to 18-years-old children's and adolescents: a systematic review with emphasis on Colombian population

José David López-Laiseca[1]
Luís Miguel Massuça[1,2,3]

[1] Universidade Lusófona - Faculdade de Educação Física e Desporto - Centro de Investigação em Desporto, Educação Física, Exercício e Saúde (CIDEFES) - Lisboa - Portugal.
[2] Universidade de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana - Centro Interdisciplinar de Estudo da Performance Humana (CIPER) - Cruz Quebrada - Portugal.
[3] Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna - ICPOL - Lisboa - Portugal.

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2021). Reference values for height, weight, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18. A systematic review with an emphasis on the Colombian population. *Revista de la Facultad de Medicina*, *69*(1), e88774. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v69n1.88774

3.1. Resumen

Introducción: Las dimensiones corporales básicas (estatura, peso e índice de masa corporal - IMC) de niños, niñas y adolescentes son indicadores indispensables tanto en el ámbito de la salud, como en procesos de selección de talentos deportivos.

Objetivos: Identificar y sintetizar los estudios originales de investigación sobre dimensiones corporales básicas en niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años publicados entre 2003 y 2018.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda de la literatura en PubMed, Epistemonikos y Google Académico entre mayo de 2017 y junio de 2018. Se buscaron artículos originales de investigación en inglés, español o portugués que abordaran el perfil morfológico, que hubieran utilizado como criterio de referencia las dimensiones corporales básicas o de condición física; que su población de estudio fueran niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años, y que hubieran sido publicados entre 2003 y 2018 en revistas con factor de impacto y de libre acceso.

Resultados: Se encontraron 18 artículos que describían el perfil morfológico en niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años, todos de corte transversal. De estos, 5 se realizaron en Colombia y los 13 restantes en países o regiones de América, Europa y Asia.

Conclusión: La presente revisión sistemática permitió establecer un valor de referencia para las variables estatura, peso e IMC, y destacó la variabilidad del perfil morfológico básico asociada con el sexo, la edad y el país de evaluación.

Palabras claves: Estatura; Antropometría; Índice de masa corporal; morfología (DeCS).

3.2. Abstract

Introduction: The basic body dimensions of children and adolescents are essential indicators in the field (i) of health, and (ii) sports talent identification and selection.

Objective: To identify and synthesize original studies, dedicated to the basic bodily dimensions in children and adolescents from 2 to 18 years old, published between 2003 and 2018.

Method: The search was carried out in PubMed, Epistemonikos and Google Academic, between May 2017 and June 2018, and articles were subtracted from indexed databases (e.g.: SciELO, Redalyc and from the publishers of Springer and Elsevier).

Inclusion criteria: (i) original research article dedicated to the study of basic body dimensions of children and adolescents; (ii) basic body dimensions (height, weight and body mass index - BMI) or conditioning were reference criteria; (ii) children and adolescents from 2 to 28 years old were considered; (iii) published in a journal with an impact factor and free access (in English, Spanish or Portuguese) during the period from 2013 to 2018.

Results: It culminated in the inclusion of 18 articles. Five papers studied the body dimensions of children and adolescents from Colombia.

Conclusion: This study highlights that the variability of basic body dimensions profile seems to be associated with sex, year of data collection and country/region.

Keywords: Body Height; Anthropometry; Body Mass Index; morphology (MeSH).

3.3. Introducción

El estudio de las medidas corporales como indicadores del crecimiento y desarrollo físico juega un papel fundamental tanto en el ámbito de la salud en lo que respecta a la identificación de riesgo de algún tipo de patología,[1] como en el ámbito del deporte en procesos de selección de talentos.[2] De esta forma, identificar las características y referencias morfológicas de la población humana permite prevenir enfermedades,[3] implementar cuidados de la salud en relación con la nutrición[4] y orientar y seleccionar la práctica de una modalidad deportiva[5-8] en niños, niñas y adolescentes, todo esto gracias a que a partir de dichas características es posible establecer las potencialidades de las cualidades morfológicas de cada individuo.

En general, en los distintos deportes se han presentado grandes cambios durante las últimas décadas, por lo que con el paso del tiempo hay una necesidad cada vez mayor de que los deportistas tengan una buena condición física, así como ciertos perfiles morfofuncionales para un óptimo rendimiento,[9] en especial cuando se trabaja con niños, niñas y adolescentes, ya que se debe respetar su ritmo de crecimiento y la velocidad de maduración funcional individual[10] para evitar afectar su desarrollo. Un ejemplo de lo anterior es la estimulación prematura de los diferentes sistemas metabólicos, lo que puede producir un daño irreversible en su desarrollo.[11]

En ese sentido, la antropometría es una herramienta que permite orientar a la población para seleccionar una disciplina deportiva en la que se pueda tener buen rendimiento.[12] Por ejemplo, la estatura, el peso corporal y el índice de masa corporal (IMC) son aspectos que pueden ayudar a establecer si alguien es talentoso o no en un determinado deporte.[1,13,14]

La identificación de los biotipos predominantes en las diversas disciplinas deportivas (i.e., establecer un parámetro que facilite un proceso de selección riguroso)[15] permitiría predecir la capacidad atlética futura de los niños, niñas y adolescentes en dicha disciplina.

A nivel internacional, varios países como EE. UU. han elaborado tablas de referencias antropométricas por sexo y por edad, en su gran mayoría enfocadas al ámbito de salud, con el objetivo de caracterizar el comportamiento de variables como peso, estatura e IMC, y, de esta forma, establecer su relación con algunas patologías; los estudios para la elaboración de estas tablas se han realizado en población escolar.[16]

El presente artículo es el resultado de la primera fase de un proyecto de investigación que consta de cuatro partes: (i) revisión sistemática sobre las dimensiones corporales básicas

de niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años; (ii) caracterización del perfil morfológico de esta población en Huila, Colombia; (iii) determinación del ritmo de crecimiento y de la velocidad de desarrollo de esta población, y (iv) análisis bivariado de las dimensiones corporales de referencia para este rango de edad y el deporte practicado. Por tanto, los objetivos de la esta revisión fueron identificar y sintetizar los estudios originales de investigación sobre las dimensiones corporales básicas en niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años publicados entre 2003 y 2018.

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Estrategia de búsqueda

La búsqueda de la literatura se realizó entre mayo de 2017 y junio de 2018 en PubMed, Epistemonikos y Google Académico. Se tuvieron en cuenta artículos publicados en inglés, español y portugués.

La primera búsqueda se realizó el 28 de mayo de 2017 con los descriptores young+colombia y arrojó 835000 registros sin límite de periodo de publicación; luego se usaron los descriptores young+children+colombia, con 212000 registros, y young+anthropometric+colombia, con 10990 registros.

Para una búsqueda más específica se agregaron otros descriptores y se emplearon operadores booleanos de la siguiente manera: young AND anthropometric AND physical activity OR physical ability AND Colombia, ecuación que arrojó 8240 estudios. A continuación, se especificaron los límites temporales de publicación (años) y se suprimió la opción de citas y patentes, con lo que se obtuvieron 980 estudios. De igual manera, tanto en PubMed como en Epistemonikos se emplearon los descriptores height+weight+BMI+children+young, obteniéndose 5138 y 101 estudios, respectivamente. En la Tabla 3.1 se presenta la información referente a las características de las búsquedas.

Tabla 3.1. Características de las Búsquedas

Plataforma de búsqueda	Descriptores	Operadores booleanos*
Google Académico PubMed Epistemonikos	1. Grupo poblacional: "Young" – "children" 2. "Anthropometric", "Sport" 3. "Estatura", "Peso" "IMC", "Tablas de Referencia" 4. País: "Colombia" y "Comunidad International"	+, And, Or

* Combinación de descriptores y términos utilizados.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Criterios de inclusión y exclusión

Se buscaron artículos originales de investigación en inglés, español o portugués que abordaran el perfil morfológico; que hubieran utilizado como criterio de referencia las dimensiones corporales básicas o las de la condición física; que en su población de estudio incluyeran niños, niñas y adolescentes de 2 a 18 años, y que hubieran sido publicados entre 2003 y 2018 en revistas con factor de impacto y de libre acceso.

Por otra parte, se excluyeron monografías, disertaciones, tesis, libros, revisiones sistemáticas de literatura o puntos de vista de opinión de especialistas como ensayos; también se descartaron estudios realizados con niños y adolescentes con características especiales, síndromes o enfermedades, y aquellos que no presentaran descripción de la población por edad y sexo o que tuvieran un objetivo diferente al de interés de esta revisión

3.4.3. Identificación de estudios relevantes

Los estudios con potencial para ser analizados fueron seleccionados mediante la lectura de los títulos y los resúmenes, y una vez escogidos los de interés, estos fueron examinados mediante la lectura del texto completo. Todo el proceso de selección de los estudios se hizo con base en las recomendaciones PRISMA[17] y se presenta en la Figura 3.1.

3.4.4. Extracción de los datos y calidad de los estudios

Para extraer los datos se elaboró un aplicativo con la información pertinente en una hoja del programa Microsoft Excel; esta actividad fue ejecutada por un solo investigador.

Por su parte, la calidad metodológica general de los estudios se midió utilizando los formularios de revisión crítica para estudios cuantitativos,[18] los cuáles consideran 13 temas generales. A partir de estos se establecieron 16 ítems (forma de citación; propósitos; bases conceptuales; diseño de estudio; conocimiento del tema y el problema; variables; consideraciones éticas; sesgos muéstrales; sesgos de medición; sesgos de intervención; descripción de la muestra; justificación de la muestra; confiabilidad y validez; resultados; abandonos, y conclusiones y limitaciones) que fueron evaluados con dos opciones de repuesta: cumple o no cumple, a las cuales se les asignó un valor: 1 o 2, respectivamente; para los casos en que el ítem no fuera aplicable, se marcó NA.

Los resultados de esta aproximación fueron expresados como un porcentaje calculado para cada estudio[19] y el índice de calidad final correspondió a la suma de los resultados en un determinado artículo dividido por el número total de los ítems. Tales porcentajes se clasificaron según los intervalos de clasificación de calidad metodológica: excelente (>75%), buena (51-75%) y baja (≤50%).

3.5. Resultados

3.5.1. Proceso de selección de estudios

La búsqueda inicial arrojó 6219 resultados: 5138 provenientes de PubMed, 980 de Google Académico y 101 de Epistemonikos; estos últimos se obtuvieron a través de una búsqueda manual. Una vez analizados los estudios, se excluyeron 6149 a partir del análisis del título y el resumen. Posteriormente, los 70 artículos restantes se analizaron a profundidad y se encontró que 40 no eran relevantes para la investigación y/o estaban duplicados. De los 30 artículos restantes, se excluyeron 12 por no cumplir los criterios de inclusión. Finalmente, se incluyeron 18 artículos para el análisis cualitativo (Figura 3.1).

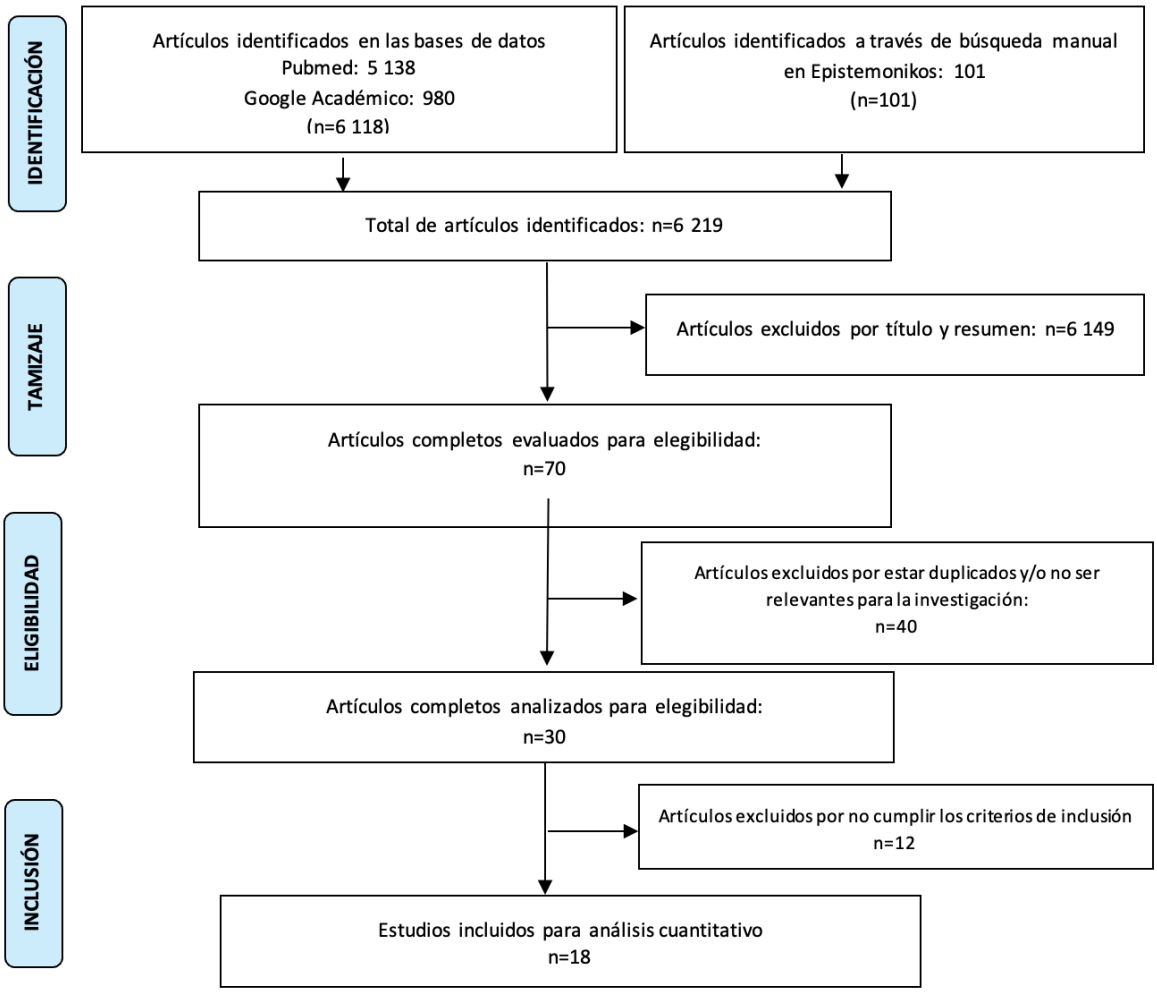


Figura 3.1. Diagrama de flujo para la selección de los artículos.

3.5.2. Diseño de los estudios incluidos

Los 18 estudios incluidos eran de corte transversal; además, 2 de ellos eran complementarios y su metodología se había descrito en estudios anteriores.

3.5.3. Participantes

En total, los estudios sumaron 690919 participantes, 14720 de publicaciones colombianas y 676199 internacionales (Tabla 3.2). Los países con menor y mayor número de

participantes fueron Alemania (n = 797) y Grecia (n = 473837), respectivamente. En ningún estudio se presentaron diferencias significativas en cuanto al sexo en el número de participantes.

El rango de edad de los participantes en la mayoría de estudios incluidos va desde los 2 hasta los 18 años. Solos los estudios internacionales presentan datos por cada año de edad, mientras que los realizados en Colombia lo hacen por grupo etario (hasta 2 años por grupo); además, el rango de edad de la población colombiana va desde los 5 hasta los 18 años

3.5.4. Calidad de los estudios

La calidad metodológica de los estudios revisados fue buena, con un índice promedio de 77%: 7 estudios tuvieron índices >75% y 11, entre 51% y 75% (Tabla 3.2).

3.5.5. Orientación de los objetivos

Se observó que los estudios concluyen con la elaboración de tablas de referencias antropométricas para medir el desarrollo y el crecimiento físico de niños, niñas y adolescentes, unas enfocadas en la salud (exceso de peso, adiposidad, etc.) y otras relacionadas con la condición física y el deporte.

3.5.6. Características contextuales

Para el contexto colombiano se encontraron 5 estudios, 3 en Bogotá, 1 en Medellín y 1 en Argelia; debe mencionarse que, de los 3 estudios realizados en Bogotá, 1 fue seleccionado en representación de 5 estudios del proyecto FUPRECOL al tener la misma muestra. Por su parte, los estudios internacionales fueron 13 y se realizaron en países o regiones de América (EE. UU., Perú, Argentina y Brasil), Europa (España, Portugal, Alemania, Polonia, Italia y Grecia) y Asia (Corea, Hong Kong, Arabia Saudí y Bahréin). Los resultados se presentan en Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Características principales de los estudios incluidos.

Ciudad/País	Año/Periodo de estudio	Población	Edades (años)	Variables	Programa	Autor (Referencia)	IQ	IC
Bogotá, Colombia	2014-2015	8034 escolares (3488 niños y 4546 niñas)	9 a 17.9	Estatura Peso IMC	LMS	Ramírez-Vélez *et al.*[20] 2017	E	75
Bogotá, Colombia	No hay datos	306 niños de 32 escuelas de fútbol	7 a 16	Estatura Peso IMC	SPSS	Correa[21] 2008	B	69
Bogotá, Colombia	2013	2241 escolares (1082 niños y 1159 niñas)	6 a 17.9	Estatura Peso IMC	LMS	Diaz-Bonilla *et al*.[22] 2018	E	75
Medellín (Antioquia), Colombia	No hay datos	2611 escolares (1253 niños; 1358 niñas)	6 a 18	Estatura Peso	SPSS	Uscátegui-Peñuela *et al*.[23] 2003	M	51
Argelia (Cauca), Colombia	2009	1528 escolares (786 niños y 742 niñas)	5 a 19	Estatura Peso	SPSS	Ortega-Bonilla & Chito-Trujillo[24] 2014	M	51
Estados Unidos	2007-2010	20015 personas (3343 niños y 3091 niñas)	2 a 19	Estatura Peso IMC	SUDAAN	Fray *et al*.[16] 2012	B	69
Brasil	2004-2005	41654 escolares (23328 niños y 18326 niñas)	7 a 17	Estatura Peso IMC	SPSS	silva *et al*.[25] 2010	B	75
Perú *	2009-2011	8753 escolares (4130 niños y 4623 niñas)	4 a 17	Estatura Peso IMC	LMS	Bustamante *et al*.[26] 2015	B	75
Grecia	2014	473837 escolares (241657 niños y 232180 niñas)	4 a 18	Estatura Peso IMC	LMS	Tambalis *et al*.[27] 2015	E	88
Polonia	2007-2009	13015 escolares (6227 niños; 6558 niñas) †	6.5 a 18.5	Estatura Peso IMC	LMS	Kaluga *et al*.[28] 2010	E	88
España	2007-2009	6463 participantes (3408 hombres y 3055 mujeres)	3 a 24	Estatura Peso IMC	SAS v.8.2	López-de Lara *et al*.[29] 2010	E	88

Ciudad/País	Año/Periodo de estudio	Población	Edades (años)	Variables	Programa	Autor (Referencia)	IQ	IC
Italia	1994-2004	69917 escolares (35227 niños; 34690 niñas)	2 a 20	Estatura Peso IMC	LMS	Cacciari *et al*.[30] 2006	B	75
Alemania	No hay datos	797 niños y adolescentes turcos nacidos en Alemania (371 niños y 426 niñas)	0 a 18	Estatura Peso IMC	LMS	Redlefsen *et al*.[31] 2007	B	75
Portugal	2008-2010-2012	3094 escolares (1557 niños y 1537 niñas)	7 a 17	Estatura Peso IMC	LMS	Chavez *et al*.[32] 2015	B	75
Corea	2009-2011	1919 (1024 niños; 895 niñas)	10 a 18	Estatura Peso IMC	LMS	Kim *et al*.[33] 2016	E	88
Bahréin	1999-2001	2594 (1268 niños y 1326 niñas)	6 a 18	Estatura Peso IMC	LMS	Gharid *et al*.[34] 2009	E	88
Hong Kong	2005-2006	14842 (7472 niños y 7370 niñas)	6 a 18	Estatura Peso IMC	SPSS	Sung *et al*.[35] 2008	E	94
Arabia Saudí	2016 ‡	19299 escolares (9827 niños; 9472 niñas)	5 a 18	Estatura Peso IMC	LMS	El Mouzan *et al*.[36] 2016	E	88

IC: índice calidad.

IQ: clasificación de la calidad metodológica.

LMS: lmschartmaker pro software.

SAS: Statistical Analysis Software.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

SUDAAN: Statistical Software for Analyzing Correlated data.

* El estudio informa datos de población peruana en comparación con referencias de población argentina y norteamericana.

† In the original study 230 individuals were excluded for having a posture deficiency, genetic syndrome, cancer, or other chronic disease.

‡ El estudio se basó en datos recolectados en las 13 regiones del Reino de Arabia Saudita entre 2004 y 2005.

Fuente: Elaboración propia.

3.5.7. Perfil antropométrico

Para describir el comportamiento de las variables estatura, peso e IMC en los estudios revisados se utilizó como referencia el percentil 50 (P50) o mediana.

3.5.7.1. Estatura

Sexo masculino*:* Esta población en Colombia presentó variedad en la estatura, en especial a la edad de 15 años. Además, en Bogotá se observaron diferencias de hasta 7 cm en la edad de 15 años.[20,21] Por otra parte, cuando se comparó con la población de Medellín, la de Bogotá presentó diferencias de -2 cm a la edad de 16 años.[23] Finalmente, la mediana de estatura en el país fue 168.3 cm para la edad de 17 años.[20-24]

En el ámbito internacional, para la edad de 17 años, se encontró que en América el P50 más alto para estatura fue el de EE. UU. (176.1 cm),[16] seguido del de Brasil (174.2 cm),[25] Argentina (171.7 cm)[26] y Perú (163.2 cm),[26] siendo este último el país con la mediana más baja; en Europa el P50 más alto fue el de Grecia (178.3 cm),[27] seguido del de Polonia (178.1 cm),[28] España (175.5 cm),[29] Italia (175.3 cm),[30] Alemania[31] (174.28 cm) y Portugal (172 cm),[32] y, por último, en Asia el país con mayor P50 fue Corea (173.8 cm),[33] seguido de Bahréin (171 cm),[34] Hong Kong (171.9 cm)[35] y Arabia Saudí (167.4 cm)[36] (Tabla 3.3).

Sexo femenino*:* La mediana de estatura de las mujeres en Colombia fue 158.8 cm para la edad de 17 años.[20-24]

En el ámbito internacional, para la edad de 17 años, se encontró que en América el P50 más alto de estatura fue el de EE. UU. (164 cm),[16] seguido del de Brasil (162.5 cm),[25] Argentina (160.7 cm)[26] y Perú (152.9 cm);[26] en Europa el P50 más alto fue el de Portugal (166 cm),[32] seguido del de Grecia (164.9 cm),[27] Polonia (164.7 cm),[28] España (162.6 cm)[29], Italia (162.3 cm),[30] y Alemania (160.04 cm),[31] y, finalmente, en Asia el país con P50 más alto fue Corea (161.6 cm),[33] seguido de Hong Kong (158.9 cm),[35] Bahréin (156.3 cm),[34] y Arabia Saudí (155.5 cm)[36] (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Medianas de estatura (cm) según sexo presentes en la literatura revisada.

Edad (años)	Colombia					Argentina[26]	Perú[26]	Brasil[25]	Estados Unidos[16]	España[29]	Portugal[32]	Italia[30]	Grecia[27]	Alemania[31]	Polonia[28]	Bahréin[34]	Arabia Saudí[36]	Hong Kong[35]	Corea[33]
	Bogotá			Cauca	Antioquia														
	[20]	[21]	[22]	Argelia[24]	Medellín[23]														
Sexo masculino																			
2	-	-	-	-	-	-	-	-	92.0	-	-	88.8	-	88.32	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	98.8	98.1	-	97.0	-	96.93	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	101.9	104.7	-	106.0	100.6	-	104.1	110.3	104.78	-	-	-	-	-
5	-	-	-	116	-	107.9	109.6	-	113.1	107.8	-	110.7	116.3	111.46	-	-	107.9	-	-
6	-	114	-	-	119.4	114.2	113.5	-	119.5	114.2	-	116.8	122.3	118.17	-	118.0	113.6	120.4	-
7	117.5	120	-	-	-	120.2	119.1	127.7	124.8	121.2	125	122.8	128.1	123.91	124.9	121.5	119.1	125.7	-
8	125.8	126	-	129	128.3	125.9	123.5	131.6	131.4	127.1	129	128.4	133.8	129.18	130.6	126.0	124.4	130.7	-
9	129.1	131	133.5	-	-	131.1	128.8	137.4	136.7	133.2	133	133.8	139.4	134.56	136.3	130.5	129.4	135.6	-
10	134.7	136	137.3	-	137.7	135.8	133.0	141.3	142.5	139.0	138	139.0	145.2	139.70	141.5	134.5	133.9	141.2	142.3
11	138.8	143	141.9	143	-	140.3	138.5	146.1	149.3	142.9	144	144.3	151.2	144.22	146.7	139.5	133.6	147.3	149.0
12	145.8	149	147.1	-	150.5	145.4	145.1	152.1	153.4	148.4	150	150.2	157.4	149.57	152.6	146.3	144.0	154.1	156.3
13	153.0	157	153.5	-	-	151.5	150.1	158.9	164.5	154.8	157	157.2	163.3	155.79	160.3	151.3	149.6	161.2	162.2
14	156.0	164	158.9	157	161.2	158.4	156.8	165.6	169.5	159.9	162	164.4	168.6	163.04	166.8	162.0	155.8	166.3	169.4
15	160.7	167	163.3	-	-	164.6	160.8	169.7	173.7	167.0	167	170.4	172.9	168.69	172.8	164.0	161.4	169.8	171.7
16	166.9	168	166.7	-	170.1	169.1	163.1	173.4	175.4	172.7	170	173.7	176.1	172.33	175.5	169.0	165.1	170.9	173.8
17	-	170	168.1	167	-	171.7	163.2	174.2	176.1	175.5	172	175.3	178.3	174.28	178.1	171.0	167.4	171.9	173.8
18	-	-	-	-	-	-	-	-	176.8	177.6	-	176.0	180.2	175.14	178.5	171.0	168.8	171.7	173.2
Sexo femenino																			
2	-	-	-	-	-	-	-	-	90.0	-	-	87.2	-	87.00	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	99.0	95.9	-	95.4	-	95.81	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	100.5	103.5	-	104.7	103.8	-	102.8	109.2	103.55	-	-	-	-	-
5	-	-	-	116	-	106.7	109.3	-	112.0	109.9	-	109.7	115.2	110.55	-	-	107.8	-	-
6	-	113.4	-	-	118.2	113.0	113.0	-	118.8	116.9	-	116.1	121.3	117.35	-	118.7	113.0	118.7	-
7	-	121.6	-	-	-	118.8	118.5	125.6	125.1	123.0	124	122.0	127.2	122.92	123.6	120.0	118.5	124.2	-
8	-	127.7	-	128	129.0	124.1	124.3	131.0	130.7	128.7	128	127.6	133.3	127.97	129.1	125.4	123.8	129.9	-
9	-	133.4	134.6	-	-	129.2	129.8	137.7	136.7	135.0	132	133.1	139.4	133.17	135.1	130.3	129.1	135.1	-
10	-	140.7	138.4	-	139.8	134.6	135.2	142.4	144.5	139.9	138	139.0	145.5	138.61	140.7	136.4	134.6	141.7	143.8
11	-	146.5	143.7	145	-	140.6	142.0	148.8	150.7	148.2	144	145.5	151.2	144.22	146.8	141.8	140.3	148.9	150.3
12	-	151.2	148.5	-	151.5	147.0	145.9	154.3	156.7	152.4	151	151.9	156.0	150.67	153.4	147.6	145.5	153.1	155.8
13	-	155.7	152.4	-	-	152.9	149.6	157.7	159.5	157.8	156	156.8	159.6	155.81	159.1	152.8	149.8	156.2	157.8
14	-	157.0	154.6	154	156.0	157.2	151.0	160.3	161.9	161.4	160	159.2	162.0	158.26	162.4	156.1	152.6	157.6	159.6
15	-	158.2	155.7	-	-	159.6	152.3	160.7	161.7	163.7	162	161.2	163.6	159.35	163.6	155.5	154.3	158.3	160.7
16	-	157.2	156.4	-	156.9	160.5	153.0	163.6	161.4	163.8	164	162.0	164.4	159.90	164.5	156.6	155.1	158.3	159.8
17	-	158.1	156.8	156	-	160.7	152.9	162.5	164.0	162.6	166	162.3	164.9	160.04	164.7	156.3	155.5	158.9	161.6
18	-	-	-	-	-	-	-	-	163.0	164.2	-	162.5	165.3	160.10	165.1	156.6	155.8	158.6	161.1

Fuente: Elaboración propia.

3.5.7.2. Peso

Sexo masculino: Esta población en Colombia presentó variedad en el peso, en especial a la edad de 15 años. Además, en Bogotá se observaron diferencias de hasta 7 kg a la edad de 15 años.[20,21] Por otra parte, cuando se comparó con la población de Medellín,[23] la de Bogotá presentó diferencias de -3 kg a la edad de 16 años. Finalmente, la mediana de peso en el país fue de 59.9 kg para la edad de 17 años,[20-24] siendo la más baja la de Argelia (57.6 kg para la edad de 17 años).[24]

En el ámbito internacional, para la edad de 17 años, se encontró que en América el p50 más alto para peso fue el de EE. UU. (71.0 kg),[16] seguido del de Brasil (66.1 kg),[25] Argentina (63.3 kg)[26] y Perú (57.4 kg);[26] en Europa el P50 más alto fue el de Grecia (73.2 kg),[27] seguido del de Alemania (69.44 kg),[31] España[29](68.9 kg), Italia (67.3 kg),[30] Polonia[28] (67.2 kg) y Portugal (66.23 kg)[32], y, finalmente, en Asia el país con P50 más alto fue Corea[33] (65.9 kg), seguido de Bahréin[34] (63.2 kg), Hong Kong (61.5 kg)[35] y Arabia Saudí[36] (58.5 kg) (Tabla 3.4).

Sexo femenino: La mediana de peso de las mujeres en Colombia se fue 55 kg para la edad de 17 años.[20-24]

En el ámbito internacional, para la edad de 17 años, se encontró que en América el P50 más alto de peso fue el de EE. UU. (60.8 kg),[16] seguido del de Brasil (57.1 kg),[25] Argentina (53.1 kg)[26] y Perú (52.5 kg);[26] en Europa el P50 más alto fue el de Portugal (61.46 kg),[32] seguido del de Grecia (59.7 kg),[27] Alemania (57.15 kg),[31] España[29] (56.1 kg), Italia (55.8 kg)[30] y Polonia[28] (55.8 kg), y, finalmente, en Asia el país con P50 más alto fue Bahréin (57.6 kg),[34] seguido de Corea (56.7 kg),[33] Arabia Saudí (53.2 kg)[36] y Hong Kong (51.4 kg)[35] (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Medianas de peso (kg) según sexo presentes en la literatura revisada.

Edad (años)	Colombia					Argentina[26]	Perú[26]	Brasil[25]	Estados Unidos[16]	España[29]	Portugal[32]	Italia[30]	Grecia[27]	Alemania[31]	Polonia[28]	Bahréin[34]	Arabia Saudí[36]	Hong Kong[35]	Corea[33]
	Bogotá			Cauca	Antioquia														
	20	21	22	Argelia[24]	Medellín[23]														
Sexo masculino																			
2	-	-	-	-	-	-	-	-	13.9	-	-	12.8	-	12.90	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9	14.9	-	15.2	-	15.71	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	16.7	18.2	-	17.7	15.5	-	17.4	19.0	18.45	-	-	-	-	-
5	-	-	-	21.0	-	18.7	20.2	-	20.2	17.6	-	19.6	21.8	21.08	-	-	16.5	-	-
6	-	21.3	-	-	23.3	20.7	21.7	-	23.1	19.7	-	22.0	24.7	24.18	-	20.2	18.6	23.9	-
7	20.9	24.4	-	-	-	23.1	24.2	27.5	24.9	23.1	26.68	24.7	27.8	26.76	24.3	21.5	20.6	26.4	-
8	25.6	27.9	-	28.2	27.2	25.7	26.7	30.0	29.8	25.8	28.61	27.4	31.3	29.51	27.4	23.7	23.2	29.3	-
9	27.7	30.8	32.1	-	-	28.6	29.9	33.4	33.0	29.7	31.42	31.3	35.1	32.63	30.7	27.0	26.0	32.7	-
10	31.7	34.1	34.5	-	32.9	31.7	32.7	34.3	38.0	34.5	34.83	35.1	39.4	36.24	34.3	29.7	29.0	37.5	38.8
11	33.9	39.1	37.2	37.4	-	35.0	37.4	38.9	42.4	36.7	39.01	39.4	44.1	39.88	38.0	33.6	32.4	41.8	45.0
12	36.8	42.9	41.3	-	42.2	39.1	42.0	42.5	49.2	41.8	43.95	44.2	49.1	44.38	42.2	40.6	36.4	46.6	49.4
13	41.5	46.9	46.0	-	-	44.3	44.5	47.8	56.6	47.5	49.24	49.7	54.5	49.91	48.0	42.0	40.8	51.1	54.7
14	43.6	53.6	50.0	43.9	50.3	50.5	50.1	53.6	60.4	49.7	54.38	55.8	59.7	56.66	53.8	51.7	45.7	54.9	61.6
15	50.3	56.2	54.4	-	-	56.5	53.8	57.7	66.0	55.6	59.08	61.3	64.7	62.54	60.1	53.2	50.7	59.1	61.6
16	53.0	60.1	57.7	-	59.9	60.8	56.5	63.1	70.7	62.7	62.94	65.2	69.2	66.78	63.1	61.7	55.1	60.6	65.5
17	-	61.3	60.8	57.6	-	63.3	57.4	66.1	71.0	68.9	66.23	67.3	73.2	69.44	67.2	63.2	58.5	61.5	65.9
18	-	-	-	-	-	-	-	-	78.3	71.2	-	68.7	77.0	70.77	70.0	64.9	61.2	62.3	65.2
Sexo femenino																			
2	-	-	-	-	-	-	-	-	13.2	-	-	12.3	-	12.5	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	15.4	13.5	-	14.5	-	15.19	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	16.3	17.5	-	17.1	16.1	-	16.8	18.7	17.71	-	-	-	-	-
5	-	-	-	21.0	-	18.1	19.9	-	19.7	18.2	-	19.2	21.3	20.35	-	-	16.4	-	-
6	-	21.1	-	-	22.5	20.1	21.3	-	22.5	20.7	-	21.9	24.2	23.39	-	21.1	18.4	21.8	-
7	-	24.2	-	-	-	22.5	24.0	27.0	25.2	23.9	26.62	24.8	27.3	26.16	24.0	21.6	20.6	24.9	-
8	-	27.9	-	27.4	27.8	25.2	26.7	30.1	29.2	27.1	28.79	28.0	30.8	28.99	26.1	24.8	23.1	27.8	-
9	-	30.4	32.1	-	-	28.2	30.4	32.0	31.9	30.8	31.42	31.4	34.8	32.38	29.4	28.1	25.9	30.8	-
10	-	34.1	35.0	-	34.2	31.5	33.2	35.4	39.0	34.3	34.76	35.2	39.2	36.44	33.3	33.9	29.3	35.3	37.1
11	-	39.6	38.3	39.3	-	35.6	39.1	40.0	43.3	40.6	39.03	40.0	43.6	41.55	37.7	38.3	33.5	40.1	42.5
12	-	41.3	42.8	-	43.9	40.5	41.8	45.0	51.4	43.8	44.08	45.4	47.8	47.60	42.6	43.7	38.3	44.1	47.6
13	-	47.5	47.4	-	-	45.2	45.7	48.2	52.3	47.8	49.32	50.7	51.5	51.92	47.8	50.9	43.2	47.8	50.6
14	-	53.2	51.0	48.2	49.9	48.9	48.2	51.2	59.0	53.4	53.65	53.7	54.6	54.79	51.7	54.3	47.2	49.0	53.0
15	-	52.8	52.7	-	-	51.3	50.1	53.1	59.5	54.4	56.83	55.1	56.9	56.22	53.3	54.3	50.0	50.5	53.4
16	-	52.9	53.9	-	52.8	52.5	51.6	57.7	58.7	55.8	59.28	55.6	58.6	57.17	54.7	56.7	52.0	50.7	54.7
17	-	55.3	55.1	54.6	-	53.1	52.5	57.1	60.8	56.1	61.46	55.8	59.7	57.15	55.8	57.6	53.2	51.4	56.7
18	-	-	-	-	-	-	-	-	58.6	56.6	-	55.9	-	56.62	56.1	57.2	53.6	51.3	53.9

Fuente: Elaboración propia.

3.5.7.3. Índice de masa corporal

Sexo masculino*:* En Colombia no fue posible obtener una mediana de IMC nacional debido a que los estudios de Medellín[23] y Argelia[24] no presentaron datos. Sin embargo, la mediana de IMC en población de Bogotá, a la edad de 16 años, fue de 20 kg/m^2 en chicos no entrenados,[20,22] y de 18 kg/m^2 en chicos entrenados.[21]

En el ámbito internacional, para la edad de 16 años, se encontró que en América el P50 más alto para IMC fue el de EE. UU. (22.7 kg/m^2),[16] seguido del de Perú (21.1 kg/m^2),[26] Brasil (20.9 kg/m^2)[25] y Argentina (20.2 kg/m^2);[26] en Europa el P50 más alto fue el de Alemania (22.49 kg/m^2),[31] seguido del de Grecia (22.43 kg/m^2),[27] Portugal (21.77 kg/m^2),[32] Italia (21.7 kg/m^2),[30] España (21.0 kg/m^2)[29] y Polonia (20.4 kg/m^2),[28] y, finalmente, en Asia el país con P50 más alto fue Corea (21.6 kg/m^2),[33] seguido de Bahréin (21.0 kg/m^2),[34] Hong Kong (20.7 kg/m^2)[35] y Arabia Saudí (20.3 kg/ m^2) (Tabla 5).

Sexo femenino*:* La mediana de IMC de las mujeres en Colombia fue 22 kg/m^2 para la edad de 16 años.

En el ámbito internacional, para la edad de 16 años, se encontró que en América el P50 más alto para IMC fue el de EE. UU. (22.1 km/m^2),[16] seguido del de Perú [26] (22.0 kg/m^2), Brasil (21.4 kg/m^2)[25] y Argentina[26] (21.6 kg/m^2); en Europa el P50 más alto fue el de Alemania (22.37 kg/m^2),[31] seguido del de Portugal (22.07 kg/m^2),[32] Grecia (21.83 kg/m^2),[27] Italia (21.0 kg/m^2),[30] España (20.8 kg/m^2)[29] y Polonia (20.2 kg/m^2),[28] y, finalmente, en Asia el país con P50 más alto fue Bahréin[34] (23.1 kg/m^2), seguido de Arabia Saudí (21.5 kg/m^2),[36] Corea[33](21.4 kg/m^2) y Hong Kong[35] (20.2 kg/m^2) (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Medianas de índice de masa corporal (IMC), por sexo, presentes en la literatura revisada.

Edad (años)	Colombia			Argentina[26]	Perú[26]	Brasil[25]	Estados Unidos[16]	España[29]	Portugal[32]	Italia[30]	Grecia[27]	Alemania[31]	Polonia[28]	Bahréin[34]	Arabia Saudí[36]	Hong Kong[35]	Corea[33]
	Bogotá																
	20	21	22														
Sexo masculino																	
2	-	-	-	-	-	-	16.6	-	-	16.5	-	16.54	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	16.2	15.4	-	15.9	-	16.72	-	-	-	-	-
4	-	-	-	16.0	16.6	-	16.0	15.2	-	15.8	15.74	16.8	-	-	-	-	-
5	-	-	-	16.0	16.7	-	15.7	15.1	-	15.8	16.05	16.96	-	-	14.4	-	-
6	-	16.4	-	16.0	16.8	-	16.1	15.1	-	16.0	16.40	17.32	-	14.3	14.5	16.2	-
7	15.1	16.6	-	16.1	17.0	16.8	15.8	15.6	16.85	16.3	16.86	17.43	15.6	14.6	14.7	16.6	-
8	16.0	17.3	-	16.3	17.4	17.2	16.7	15.9	17.13	16.8	17.43	17.68	16.0	15.2	15.0	17.0	-
9	16.5	17.7	17.8	16.9	17.9	17.6	17.3	16.6	17.53	17.3	18.06	18.02	16.5	15.8	15.6	17.6	-
10	17.3	18.2	18.1	17.6	18.3	17.1	18.4	17.7	18.03	18.0	18.71	18.57	17.1	16.5	16.2	18.7	19.0
11	17.5	18.8	18.3	18.3	19.4	17.9	19.1	17.9	18.60	18.7	19.34	19.17	17.4	16.6	16.9	19.1	20.1
12	17.2	19.2	18.9	18.8	19.7	18.1	19.9	18.9	19.23	19.5	19.95	19.84	18.0	18.7	17.6	19.4	20.1
13	18.3	18.6	19.4	19.1	19.6	18.8	20.4	19.7	19.91	20.2	20.57	20.57	18.6	18.9	18.3	19.6	20.7
14	17.8	19.7	19.7	19.4	20.2	19.4	21.0	19.4	20.58	20.9	21.21	21.32	19.0	19.5	18.9	19.8	21.4
15	19.3	20.1	20.3	19.8	20.7	19.9	21.5	19.9	21.23	21.3	21.83	21.98	19.9	19.7	19.6	20.4	20.7
16	18.9	20.1	20.8	20.2	21.1	20.9	22.7	21.0	21.77	21.7	22.43	22.49	20.4	21.0	20.3	20.7	21.6
17	-	20.6	21.5	-	-	21.7	23.3	22.3	22.25	21.9	23.02	22.86	21.1	21.6	20.9	20.8	21.7
18	-	-	-	-	-	-	25.1	22.6	-	22.0	23.59	23.07	21.7	21.8	21.4	21.1	21.8
Sexo femenino																	
2	-	-	-	-	-	-	16.4	-	-	16.1	-	16.52	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	15.8	14.6	-	15.7	-	16.54	-	-	-	-	-
4	-	-	-	16.1	16.3	-	15.7	14.9	-	15.6	15.59	16.52	-	-	-	-	-
5	-	-	-	16.0	16.6	-	15.8	15.0	-	15.8	15.91	16.66	-	-	14.3	-	-
6	-	16.3	-	15.9	16.6	-	15.8	15.1	-	16.1	16.29	16.99	-	14.8	14.4	15.4	-
7	-	16.3	-	16.0	17.0	17.0	15.9	15.7	17.22	16.4	16.77	17.32	15.5	14.9	14.7	16.0	-
8	-	17.1	-	16.3	17.2	17.4	17.1	16.3	17.55	16.9	17.33	17.71	15.6	15.5	15.1	16.3	-
9	-	17.0	17.6	16.8	17.9	17.0	17.3	16.8	17.96	17.4	17.94	18.26	16.1	16.4	15.6	16.8	-
10	-	18.1	18.1	17.5	18.0	17.4	18.9	17.4	18.33	18.1	18.58	18.97	16.8	17.9	16.0	17.4	17.8
11	-	18.3	18.4	18.1	19.2	18.0	19.0	18.3	18.75	18.9	19.22	19.98	17.3	18.8	17.1	19.0	18.7
12	-	19.3	19.3	18.8	19.5	18.9	20.6	18.7	19.38	19.8	19.86	20.97	17.9	19.9	18.1	18.7	19.5
13	-	20.0	20.3	19.4	20.4	19.4	20.9	19.1	20.22	20.4	20.47	21.39	18.7	21.6	19.2	19.6	20.2
14	-	21.5	21.3	20.2	21.1	20.0	22.4	20.5	20.97	70.8	21.02	21.88	19.4	22.2	20.1	19.7	20.8
15	-	21.1	21.7	20.9	21.5	20.6	22.1	20.3	21.57	21.0	21.47	22.17	20.1	22.4	20.8	20.1	20.6
16	-	21.4	22.0	21.6	22.0	21.4	22.1	20.8	22.07	21.0	21.83	22.37	20.2	23.1	21.5	20.2	21.4
17	-	22.1	22.4	-	-	21.6	22.5	21.2	22.47	21.1	22.14	22.28	20.5	23.3	21.9	20.3	21.7
18	-	-	-	-	-	-	21.8	21.0	-	21.1	22.42	22.09	20.6	23.3	22.0	20.4	20.7

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Discusión

Según los hallazgos, la mediana de estatura más alta se registra en los países europeos,[37] llegando a alcanzar diferencias de hasta 15cm en el sexo masculino y 13.1 cm en el sexo femenino con relación a los países de baja estatura como Colombia y Perú. La diferencia de estatura entre los 3 continentes fue de entre 10 cm y 15 cm en el sexo masculino y entre 6.5 cm y 14 cm en el sexo femenino.

De la misma manera, en el sexo masculino se observaron incrementos en la estatura de hasta 10cm entre los 15 y los 17-18 años; en el sexo femenino esta diferencia fue de hasta 4cm. También se observó una disminución de la mediana de estatura al final de los 18 años, en especial en regiones asiáticas como Corea[33] y Hong Kong[35] (0.5 cm y 0.3 cm para ambos sexos, respectivamente), y en EE. UU.[16] (1 cm en el sexo femenino). En el peso, las diferencias fueron de hasta 12 kg en los hombres y de hasta 3 kg en las mujeres. Por su parte, el IMC varió hasta 2 kg/m^2 en el sexo masculino y hasta 1.3 kg/m^2 en el sexo femenino, variaciones que dependieron de la edad[16,27,32] y fueron mayores en los hombres[27,29].

En el ámbito continental se pudo establecer que el sexo masculino presenta las medianas más altas de estatura y peso en Europa (e.g.: Grecia[27]) y de IMC en Europa (e.g.: Grecia[27]) y en América (e.g.: EE.UU.). Por su parte, el sexo femenino presentó los P50 más altos de estatura y peso en Europa y de IMC en Asia (e.g.: Bahréin[34]). Además, en los hombres, las medianas más bajas para estatura, peso e IMC se observaron en América (e.g.: Perú[26]). En el caso de las mujeres, las medianas de estatura y peso más bajas se encontraron en el continente americano (e.g.: Perú[26]) y en Asia (e.g.: Hong Kong[35] y Arabia Saudí[36]), mientras que la mediana de IMC más baja fue la de Europa (e.g.: España[29] y Polonia[28]) y Asia (e.g.: Hong Kong[35]).

A nivel país, para el sexo masculino Grecia[27] tuvo las medianas más altas en estatura, mientras que EE. UU.[16] las tuvo en IMC y peso; asimismo, para el sexo femenino Portugal[32] presentó los P50 más altos en estatura y peso, mientras Bahréin[34] los presentó en IMC. En oposición, en Perú[26] se registraron las medianas más bajas de estatura y peso para ambos sexos, mientras que para el IMC los P50 más bajos fueron los de Argentina[26] para los hombres y los de Hong Kong[35] para las mujeres.

A partir de lo anterior, es evidente el alcance de este tipo de estudios morfológicos en el desarrollo de temas de salud y antropométricos, pero sobre todo en el ámbito deportivo, pues se describen diferencias en las variables analizadas (altura, peso y IMC) a edades determinadas, lo que permite identificar y construir el perfil de las dimensiones corporales básicas en un

momento histórico. Por ejemplo, en Asia se observó un incremento de 1.7 cm en hombres de 17 años al comparar un estudio realizado en 1993 en jóvenes japoneses,[38] donde el promedio de estatura fue 170 cm, con uno realizado en jóvenes coreanos en 2005,[35] donde este mismo promedio fue 171.7 cm; asimismo, se observó también un incremento de 0.7 cm en el promedio de estatura de las mujeres de esta edad entre ambos estudios (promedio de estatura: 157.9 cm). En cuanto al peso, la comparación de estos mismos estudios[35,38] mostró un incremento de 800 gr en el sexo masculino y una disminución de 500 gr en el sexo femenino durante un periodo de 15 años.[35,38] De este modo, se evidencia la relevancia de contextualizar las referencias morfológicas de niños, niñas y adolescentes en diferentes periodos históricos.

Además, en los estudios incluidos en la presente revisión las medidas internas o contextualizadas son superiores a los valores de referencia de peso, estatura e IMC establecidos internacionalmente por el *Centers for Diseases Control and Prevention*[39] y la Organización Mundial de la Salud[40] en la mayoría de edades[25,34]. De este modo, se evidencia la necesidad de establecer valores de referencia para cada país;[41,42] lo anterior también permitirá demostrar que las medidas de peso y estatura tienden a aumentar a lo largo del tiempo en este tipo de población.[43]

Si bien es cierto que estos datos, en especial los de niños, niñas y adolescentes, están influenciados por la velocidad de desarrollo y las condiciones ambientales, sociales y económicas de cada individuo, pueden ser útiles para proyectar a los individuos hacia una carrera deportiva.[44] De esta forma, al conocer su contexto, el entrenador o profesional del deporte puede direccionar los procesos de entrenamiento hacia alguna modalidad deportiva. Por consiguiente, la valoración y seguimiento a lo largo de las diferentes fases del crecimiento y desarrollo determinan las ventajas y desventajas que puede tener un individuo en los diferentes contextos regionales, los cuales varían según factores ambientales,[45] étnicos, de género y socioeconómicos.[46,47]

3.7. Conclusiones

Para el caso de Colombia, los estudios académicos en revistas con factor de impacto relacionados con la antropometría en niños, niñas y adolescentes son escasos y abordan dos componentes: la salud, con relación al estado nutricional en materia de sobrepeso y obesidad, y la condición física asociada a riesgo cardiovascular. Además, llama la atención que, de

acuerdo a lo observado, ninguno de los estudios incluidos en la presente revisión fue realizado por las entidades gubernamentales encargadas de la salud en cada país, sino por investigadores o instituciones independientes.

La presente revisión sistemática permitió establecer un valor de referencia para las variables estatura, peso e IMC, y destacó la variabilidad del perfil morfológico básico asociada con el sexo, la edad y el país de evaluación. En vista de lo anterior, parece pertinente pasar a la siguiente fase del programa de investigación del que hace parte esta revisión: caracterización del perfil morfológico de niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia.

3.8. Referencias

1. Muzzo, S. (2003). Crecimiento normal y patológico del niño y del adolescente. *Rev. Chil. nutr.*, 30(2), 92-100. https://doi.org/cz73db
2. Côté, J., Macdonald, D.J., Baker, J., & Abernethy, B. (2006). When "where" is more important than "when": Birthplace and birthdate effects on the achievement of sporting expertise. *J Sports Sci.*, 24(10), 1065-73. https://doi.org/bwf4d8
3. Ahn, Y., Choi, S., & Sohn, M. (2013). Adiposity of Korean school-age children measured by national and international growth charts. Res Nurs Health, 36(1), 16-25. https://doi.org/frmn
4. Soares, N.T. (2003). Um novo referencial antropométrico de crescimento: significados e implicações. *Rev Nutr.*, 16(1), 93-103. https://doi.org/dfzp25
5. Matkovic, B.R., Misigoj-Durakovic, M., Matković, B., Jankovic, S., Ruzic, L., Leko, G., & Kondric, M. (2003). Morphological differences of elite Croatian soccer players according to the team position. *Coll Antropol.*, 27(Suppl 1), 167-74.
6. Coelho-e-Silva, M.J., Figueiredo, A.J., Simões, F., Seabra, A., Natal, A., Vaeyens, R., Philippaerts, R., Cumming, S. P., & Malina, R. M. (2010). Discrimination of U-14 Soccer Players by Level and Position. *Int J Sports Med.*, 31(11), 790-6. https://doi.org/b8zhzd
7. Bloomfield, J., Polman, R., Butterly, R., & O'Donoghue, P. (2005). Analysis of age, stature, body mass, BMI and quality of elite soccer players from 4 European Leagues. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(1), 58-67.

8. Hirose, N. (2009). Relationships among birth-month distribution, skeletal age and anthropometric characteristics in adolescent elite soccer players. *J Sports Sci.*, 27(11), 1159-66. https://doi.org/ffg9mg
9. Souto-Toyos, G.P. (2011). Análisis comparativo del perfil antropométrico de dos equipos de básquetbol sub 15. *Revista Universitaria de la educación Física y el Deporte*. 4(4), 54-63.
10. Figueroa-de-Quintero, O. (2012). Conceptos básicos de crecimiento y maduración física. *VITAE*, 50.
11. Ré, A.H.N. (2011). Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. *Motricidade*, 7(3), 55-67.
12. Norton, K., & Olds, T. (1995). *Antropométria: Un libro de referencia sobre mediciones corporales humanas para la educación en deportes y salud*. Rosario: BIOSYSTEM Servicio Educativo.
13. Cossio-Bolaños, M.A., Bustamante, A., Caballero-Cartagena, L., Gómez-Campos, R., & de Arruda, M. (2012). Crecimiento físico de niños escolares a nivel del mar y a altitud moderada. *An Fac Med.*, 73(3), 183-90.
14. Aouichaoui, C., Trabelsi, Y., Tabka, Z., Dogui, M., Richalet, J.P., & Bouhlel, E. (2014). Effect of Anthropometric Characteristics and Socio-Economic Status on Vertical Jumping Performances in Tunisian Athletic Children. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(1), 6-16.
15. Regnier, G., Salmela, J., Russell, S.J. (1993). *Talent detection and development in sport.* In: Singer, Murphey, Tennant, editors. Handbook on research on sport psychology. New York: Macmillan. p. 290-313.
16. Fryar, C.D., Gu, Q., & Ogden, C.L. (2012). Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. *Vital Health Stat. Series 11*, 11(252), 1-48.
17. Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P.C., Ioannidis, J.P.A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*, 339, b2700. https://doi.org/dh2cj4
18. Law, M., Stewart, D., Lette, I., Pollock, N., Bosch, J., & Westmorland, M. (1998). Instrucciones para el formulario de revisión crítica estudios cuantitativos. Westmorland, M.: McMaster University.

19. Faber, I.R., Bustin, P.M.J., Oosterveld, F.G.J., Elferink-Gemser, M.T., Nijhuis-Van Der Sanden, M.W.G. (2015). Assessing personal talent determinants in young racquet sport players: a systematic review. *J Sports Sci.*, 35(5), 395-410.

20. Ramírez-Vélez, R., Martínez, M., Correa-Bautista, J.E., Lobelo, F., Izquierdo, M., Rodríguez-Rodríguez, F., & Cristi-Montero, C. (2017). Normative Reference of Standing Long Jump for Colombian Schoolchildren Aged 9-17.9 Years: The FUPRECOL Study. *J Strenght Cond Res.*, 31(8), 2083-90. https://doi.org/fq5c

21. Correa, J.E. (2008). Determinación del perfil antropométrico y cualidades físicas de niños futbolistas de Bogotá. *Rev Cienc Salud*, 6(2), 74-84.

22. Díaz-Bonilla, E., Torres-Galvis, C.L., Gómez-Campos, R., de Arruda, M., Pacheco-Carrillo, J., & Cossio-Bolaños, M. (2018). Weight, height and body mass index of children and adolescents living at moderate altitude in Colombia. *Arch Argent Pediatr*. 116(2), e241-50. https://doi.org/fq5g

23. Uscátegui-Peñuela, R.M., Pérez-Giraldo, J.A., Aristizábal-Rivera, J.C., Camacho-Pérez, J.A. (2003). Exceso de peso y su relación con presión arterial alta en escolares y adolescentes de Medellín, Colombia. *ALAN*, 53(4), 376-82.

24. Ortega-Bonilla, R.A., & Chito-Trujillo, D.M. (2014). Valoración del estado nutricional de la población escolar del municipio de Argelia, Colombia. *Rev salud pública*, 16(4), 547-59. https://doi.org/frk2

25. Silva, D.A.S., Pelegrini, A., Petroski, E.L., & Gaya, A.C.A. (2010). Comparison between the growth of Brazilian children and adolescents and the reference growth charts: data from a Brazilian project. *J Pediatr (Rio J)*, 86(2), 115-120. https://doi.org/10.2223/JPED.1975

26. Bustamante, A., Freitas, D., Pan, H., Katzmarzyk, P.T., Maia, J. (2015). Centile Curves and Reference Values for Height, Body Mass, Body Mass Index and Waist Circumference of Peruvian Children and Adolescents. *Int J Environ Res Public Health*, 12(3), 2905-22. https://doi.org/f68dnh

27. Tambalis, K.D., Panagiotakos, D.B., Arnaoutis, G., Psarra, G., Maraki, M., Mourtakos, S., Grigorakis, D., & Sidossis, L. S. (2015). Establishing cross-sectional curves for height, weight, body mass index and waist circumference for 4- to 18-year-old Greek children, using the Lambda Mu and Sigma (LMS) statistical method. *Hippokratia*, 19(3), 239-48.

28. Kulaga, Z., Litwin, M., Tkaczyk, M., Różdżyńska, A., Barwicka, K., Grajda, A., Świąder, A., Gurzkowska, B., Napieralska, E., & Pan, H. (2010). The height-, weight-, and BMI-for-age of Polish school-aged children and adolescents relative to international and local growth references. *BMC Public Health*, 10, 109. https://doi.org/cnrb4f
29. López-de Lara, D., Santiago Paniagua, P., Tapia Ruiz, M., Rodríguez Mesa, M.D., Gracia Bouthelier, R., & Carrascosa Lezcano, A. (2010). Valoración del peso, talla e IMC en niños, adolescentes y adultos jóvenes de la Comunidad Autónoma de Madrid. *An Pediatr (Barc)*, 73(6), 305-19. https://doi.org/bsb3kh
30. Cacciari, E., Milani, S., Balsamo, A., Spada, E., Bona, G., Cavallo, L., Cerutti, F., Gargantini, L., Greggio, N., Tonini, G., & Cicognani, A. (2006). Italian cross-sectional growth charts for height, weight and BMI (2 to 20 yr). *J Endocrinol Investigat.*, 29(7), 581-93. https://doi.org/gfgmgn
31. Redlefsen, T., Commentz, J., Meigen, C., & Hermanussen, M. (2007). Reference values for height, weight and body mass index of German born Turkish children. *Anthropol Anz.*, 65(3), 236-74. https://doi.org/frk3
32. Chaves, R., Baxter-Jones, A., Souza, M., Santos, D., & Maia, J. (2015). Height, weight, body composition, and waist circumference references for 7- to 17-year-old children from rural Portugal. *HOMO*, 66(3), 264-77. https://doi.org/frk4
33. Kim, K., Hong, S., & Kim, E.Y. (2016). Reference Values of Skeletal Muscle Mass for Korean Children and Adolescents Using Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLoS One*, 11(4), e0153383. https://doi.org/f8z2fd
34. Gharib, N.M., & Rasheed, P. (2009). Anthropometry and body composition of school children in Bahrain. *Ann Saudi Med*., 29(4), 258-69. https://doi.org/fss26x
35. Sung, R.Y., So, H.K., Choi, K.C., Nelson, E.A., Li, A.M., Yin, J.A., Kwok, C. W., Ng, P.-C., & Fok, T.-F. (2008). Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children. *BMC Public Health*, 8, 324. https://doi.org/dznfm3
36. El Mouzan, M., Salloum, A.A., Omer, A.A., Alqurashi, M., & Herbish, A.A. (2016). Growth reference for Saudi school-age children and adolescents: LMS parameters and percentiles. *Ann Saudi Med.*, 36(4), 265-8. https://doi.org/frk5
37. Hauspie, R.C., Vercauteren, M., & Susanne, C. (1996). Secular changes in growth. *Horm Res.*, 45(2), 8-17. https://doi.org/bgkr6z

38. Suwa, S., & Tachibana, K. (1993). Standard Growth Charts for Height and Weight of Japanese Children from Birth to 17 Years Based on a Cross-sectional Survey of National Data. *Clin Pediatr Endocrinol.*, 2(2), 87-97. https://doi.org/frmv

39. Kuczmarski, R.J., Ogden, C.L., Grummer-Strawn, L.M., Flegal, K.M., Guo, S.S., Wei, R., Mei, Z., Curtin, L. R., Roche, A. F., & Johnson, C. L. (2000). CDC growth charts: United States. Advance Data, 314, 1-27.

40. Garza, C., de Onis, M., Martorell, R., Onyango, A.W., Victoria, C., Lartey, A., Bhan, M., Bjoerneboe, G.-E., Alasfoor, D., Dewey, K., Frongillo, E., & Martines, J. (2006). Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatrica*, 95, 56-65.

41. Ma, J., Wang, Z., Song, Y., Hu, P., & Zhang, B. (2010). BMI percentile curves for Chinese children aged 7-18 years, in comparison with the WHO and the US Centers for Disease Control and Prevention references. *Public Health Nutr.*, 13(12), 1990-6. https://doi.org/bwzcqc

42. Al Herbish, A.S., El Mouzan, M.I., Al Salloum, A.A., Al Qureshi, M.M., Al Omar, A.A., Foster, P.J., & Kecojevic, T. (2009). Body mass index in Saudi Arabian children and adolescents: a national reference and comparison with international standards. *Ann Saudi Med.*, 29(5), 342-7. https://doi.org/fpbn55

43. Marwaha, R.K., Tandon, N., Ganie, M.A., Kanwar, R., Shivaprasad, C., Sabharwal, A., Bhadra, K., & Narang, A. (2011). Nationwide reference data for height, weight and body mass index of Indian schoolchildren. *Natl Med J India*, 24(5), 269-77.

44. Lochbaum, M.R., & Roberts, G.C. (1993). Goal orientations and perceptions of the sport experience. Journal of Sport & Exercise Psychology, 15(2), 160-71. https://doi.org/frmz

45. Hauspie, R.C., Vercauteren, M., & Susanne, C. (1997). Secular changes in growth and maturation: an update. *Acta Paediatr Suppl.*, 86(Suppl 423), 20-7. https://doi.org/frm3

46. Olszowy, K.M., Dufour, D.L., Bender, R.L., Bekelman, T.A., & Reina, J.C. (2012). Socioeconomic status, stature, and obesity in women: 20-year trends in urban Colombia. *Am J Hum Biol.*, 24(5), 602-10. https://doi.org/f36tz9

47. Li, H., Zong, X., Zhang, J., & Zhu, Z. (2011). Physical Growth of Children in Urban, Suburban and Rural Mainland China: A Study of 20 Years' Change. *Biomed Environ Sci.*, 24(1), 1-11. https://doi.org/frm5

Capítulo IV – Estudio II

Estudio II

Percentiles y curvas de crecimiento para el peso, la altura y el índice de masa corporal de niños y adolescentes de 2 a 18 años de Huila, Colombia

Growth percentiles and growth curves for weight, height, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18 years from Huila, Colombia

José David López-Laiseca [1]
Luís Miguel Massuça [1,2]

[1] Universidade Lusófona - Centro de Investigação em Desporto, Educação Física, Exercício e Saúde - Lisboa - Portugal.
[2] Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna – Lisboa - Portugal.

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023). Percentiles y curvas de crecimiento para el peso, la altura y el índice de masa corporal de niños y adolescentes de 2 a 18 años de Huila, Colombia [*Growth percentiles and growth curves for weight, height, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18 years from Huila, Colombia*]. *Rev. Fac. Med.*, *71*(3), e102119. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.102119

4.1. Resumen

Introducción: El crecimiento físico, en términos de peso, altura e índice de masa corporal (IMC), es un parámetro relevante que refleja el patrón de crecimiento y desarrollo de una comunidad.

Objetivo: Construir curvas de crecimiento de referencia para el peso, la altura y el IMC de niños y adolescentes (2-18 años) en el departamento de Huila, Colombia.

Materiales y métodos: Estudio analítico transversal realizado con datos de 130599 niños y adolescentes (varones, n = 65467; mujeres, n = 65132) registrados entre 2009 a 2016 en el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de los Programas Sociales. Se utilizó el método LMS para establecer los percentiles (3, 10, 25, 50, 75, 90, 97) de peso, altura e IMC para cada rango de edad (cada seis meses). Las curvas centiles de referencia se crearon en el programa LMS Chart Maker.

Resultados: Según el percentil 50, se observó que en los varones el mayor incremento del peso, altura e IMC ocurre entre los 13 y14 años (5.09 kg), 2 y 3 años (8.90 cm), y entre 13 y 14 años (0.66 kg/m^2), respectivamente, y en mujeres a los 12 y 13 años (4.54 kg), 2 y 3 años (7.36 cm), y 13 y 14 años (0.94 kg/m^2), respectivamente. Además, a los 18 años, el peso, altura e IMC en varones fueron 61.01 kg, 168.58 cm y 20.65 kg/m^2 respectivamente, y para mujeres fue 55.76 kg, 157.64 cm y 21.88 kg/m^2.

Conclusión: Los valores de referencia de crecimiento para peso y altura en la población pediátrica del Huila son inferiores a los valores de referencia del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y la Organización Mundial de la Salud (WHO), así como de los descritos en países europeos y en Colombia (este último excepto en la altura a los 5 años y el peso a los 18 años del sexo femenino).

Palabras clave: Crecimiento; Estatura; Peso corporal; Índice de masa corporal; Colombia (DeCS).

4.2. Abstract

Introduction: Physical growth, in terms of weight, height and body mass index (BMI), is a relevant parameter that reflects the growth and development pattern of a community.
Objective: To construct reference growth curves for weight, height and BMI of children and adolescents (2-18 years) from the department of Huila, Colombia.
Materials and methods: Cross-sectional analytical study conducted with data from 130599 children and adolescents (males, n = 65467; females, n = 65132) registered between 2009 to 2016 in the Identification System of Potential Beneficiaries of Social Welfare Programs. The LMS method was used to establish weight-for-age, height-for-age and BMI-for-age percentiles (3, 10, 25, 50, 50, 75, 90, 97) for each age range (every six months). Reference centile curves were created using the LMSchartmaker program.
Results: According to the 50^{th} percentile, the greatest increase in weight, height and BMI occurred in males between 13 and 14 years (5.09 kg), 2 and 3 years (8.90 cm) and 13 and 14 years (0.66 kg/m^2), respectively, and in females, between 12 and 13 years (4.54 kg), 2 and 3 years (7.36 cm), and 13 and 14 years (0.94 kg/m^2), respectively. Furthermore, at 18 years, weight, height, and BMI were 61.01 kg, 168.58 cm and 20.65 kg/m^2 and 55.76 kg, 157.64 cm and 21.88 kg/m^2 in males and females, respectively.
Conclusion: The reference weight-for-age and height-for-age growth values in the pediatric population of Huila are lower than the reference values described by the Center for Disease Control and Prevention and the World Health Organization, as well as those reported in European countries.

Keywords: Growth; Body height; Body weight; Body mass index; Colombia (MeSH).

4.3. Introducción

El crecimiento físico, en términos de peso, altura e índice de masa corporal (IMC), se considera un parámetro relevante que refleja el patrón de crecimiento y desarrollo en una comunidad[1,2].

Los percentiles de peso, altura e IMC proveen información funda- mental para deducir el estado nutricional y de salud de niños y adolescentes[3-5]. El valor real de las curvas reside en ayudar a determinar el grado en que las necesidades fisiológicas de los niños y adolescentes se están cumpliendo durante el proceso de crecimiento y desarrollo motor[6], es decir, la medición antropométrica es un método temprano y una fuente de datos adecuada para evaluar el crecimiento en esta población[7,8].

Los valores de referencia de crecimiento concuerdan con las etapas de desarrollo humano, las cuales son diferentes según el sexo[9], y se pueden utilizar tanto para evaluar el estado general de salud, como en el ámbito deportivo (por ejemplo, el seguimiento de las adaptaciones y cambios físicos experimentados durante una temporada)[10].

Este enfoque prescriptivo reconoce explícitamente que los valores de referencia de crecimiento a menudo se utilizan como estándares de referencia, es decir, como herramientas que permiten emitir juicios de valor sobre la población pediátrica. Por lo tanto, las tablas de crecimiento infantil se encuentran entre los instrumentos comúnmente empleados para evaluar el estado nutricional y de salud de niños y adolescentes de forma individual, así como el bienestar general de las comunidades en las que viven[11-13].

En Colombia, hay muy pocos estudios que describen los valores de referencia para el peso, la altura y el IMC en niños y adolescentes y abordan dos aspectos relacionados con la salud (sobrepeso y obesidad; asociación entre la condición física y el riesgo cardiovascular)[14]. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de estudio fue construir curvas de crecimiento de referencia para el peso, la altura y el IMC de niños y adolescentes (2-18 años) en el departamento de Huila, Colombia.

4.4. Materiales y métodos

4.4.1. Tipo de estudio

Estudio analítico transversal.

4.4.2. Datos analizados

Para construir las curvas de referencia para peso (kg), altura (cm) e IMC (kg/m^2) se utilizaron los datos de 130599 niños y adolescentes entre 2 a 18 años (varones, n = 65467; mujeres, n = 65132) usuarios de las instituciones de salud públicas de los 37 municipios del departamento del Huila, Colombia. La muestra corresponde a niños y adolescentes, tanto del sector rural como urbano, de niveles socioeconómicos bajo y medio registrados en el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de los Programas Sociales entre 2009 y 2016. Es importante mencionar que la mayoría de esta población es mestiza y un pequeño porcentaje pertenece a pueblos indígenas. Los datos fueron suministrados por la Secretaría de Salud departamental de la Gobernación del Huila, bajo Registro de la carta de autorización para utilizar los datos con número radicado: 2017sal00002074-1 del 02-022 del 2017. La distribución de los participantes por grupos de edad y sexo se describe en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Distribución de la muestra (n) según edad y sexo.

Edad (años)	Sexo		Total
	Masculino	Femenino	
2.0	94	80	174
2.5	58	56	114
3.0	53	74	127
3.5	64	66	130
4.0	58	66	124
4.5	59	57	116
5.0	4.656	4.527	9.183
5.5	9.740	9.394	19.134
6.0	9.635	9.137	18.772
6.5	8.961	8.421	17.382
7.0	8.234	7.777	16.011
7.5	4.096	4.154	8.250
8.0	4.752	4.755	9.507
8.5	3.502	3.373	6.875
9.0	3.978	3.823	7.801
9.5	2.582	2.624	5.206
10.0	1.538	1.432	2.970
10.5	529	544	1.073
11.0	356	407	763
11.5	222	306	528
12.0	186	284	470
12.5	160	259	419
13.0	191	239	430
13.5	116	239	355
14.0	241	412	653
14.5	330	481	811
15.0	191	340	531
15.5	132	312	444
16.0	157	282	439
16.5	129	266	395
17.0	180	350	530
17.5	199	375	574
18.0	88	220	308
Total	65.467	65.132	130.599

4.4.3. Contextualización de la ubicación geográfica de la población

El departamento de Huila se encuentra en el sur de Colombia y está compuesto por 37 municipios agrupados en cuatro regiones (centro, norte, oeste y sur) (Figura 4.1). El Huila se caracteriza por tener diversos climas, donde la temperatura varía según la altitud. De acuerdo con el censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en 2005[15], su población era de 1011418 habitantes, de los cuales 697093 vivían en las cabeceras

municipales y 476785, en el resto del territorio. Étnicamente, la población se divide en mestizos (97.75%), afrodescendientes (1.17%), indígenas (1.05%).

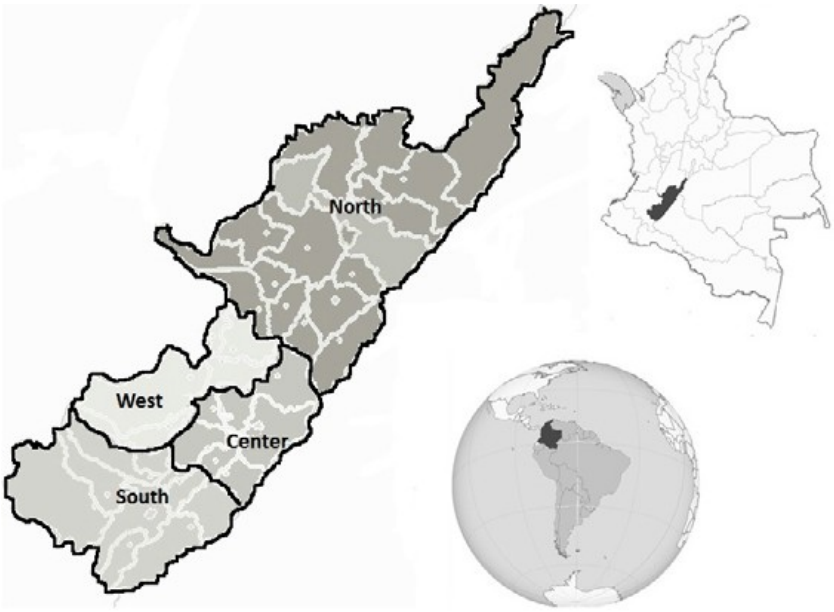


Figura 4.1. Caracterización geográfica del departamento de Huila, Colombia.

4.4.4. Análisis estadístico

Con el método LMS se establecieron los percentiles de peso (kg), altura (cm) e IMC (kg/m^2) para cada rango de edad establecido (cada 6 meses), usando transformaciones de Box-Cox para ajustar los datos a una distribución normal[16]. Los valores L, M y S se suavizaron para cada rango de edad y sexo[17] y los percentiles considerados como apropiados (3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97) se seleccionaron como valores de referencia específicos para cada edad y sexo. La construcción de las curvas percentiles se realizó en el programa LMS Chart Maker pro (versión 2.54; The Institute of Child Health, Londres, UK) mediante tres curvas que representan la asimetría (curva L), la mediana (curva M) y el coeficiente de variación (curva S).

4.4.5. Consideraciones éticas

Este estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos para la realización de estudios biomédicos en seres humanos establecidos por la Declaración de Helsinki[18] y las normas científicas, técnicas y administrativas en investigación en salud de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud[19]. Además, fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Fundación del Caribe para la Investigación Biomédica BIOS, mediante Acta número 0127 del 31 de julio de 2015.

4.5 Resultados

La distribución de percentiles para el peso, altura e IMC, por edad y sexo se presenta en las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4. En todos los casos se observó que: (i) los valores mostraron un aumento creciente conforme aumentaba la edad; (ii) se obtuvo un buen ajuste de normalización, como lo indica la cercanía entre los valores esperados y los ajustados; y (iii) las curvas de peso y altura muestran los patrones de representación de crecimiento sigmoidal esperados. Las curvas centiles de referencia se presentan en las Figuras 4.2 y 4.3.

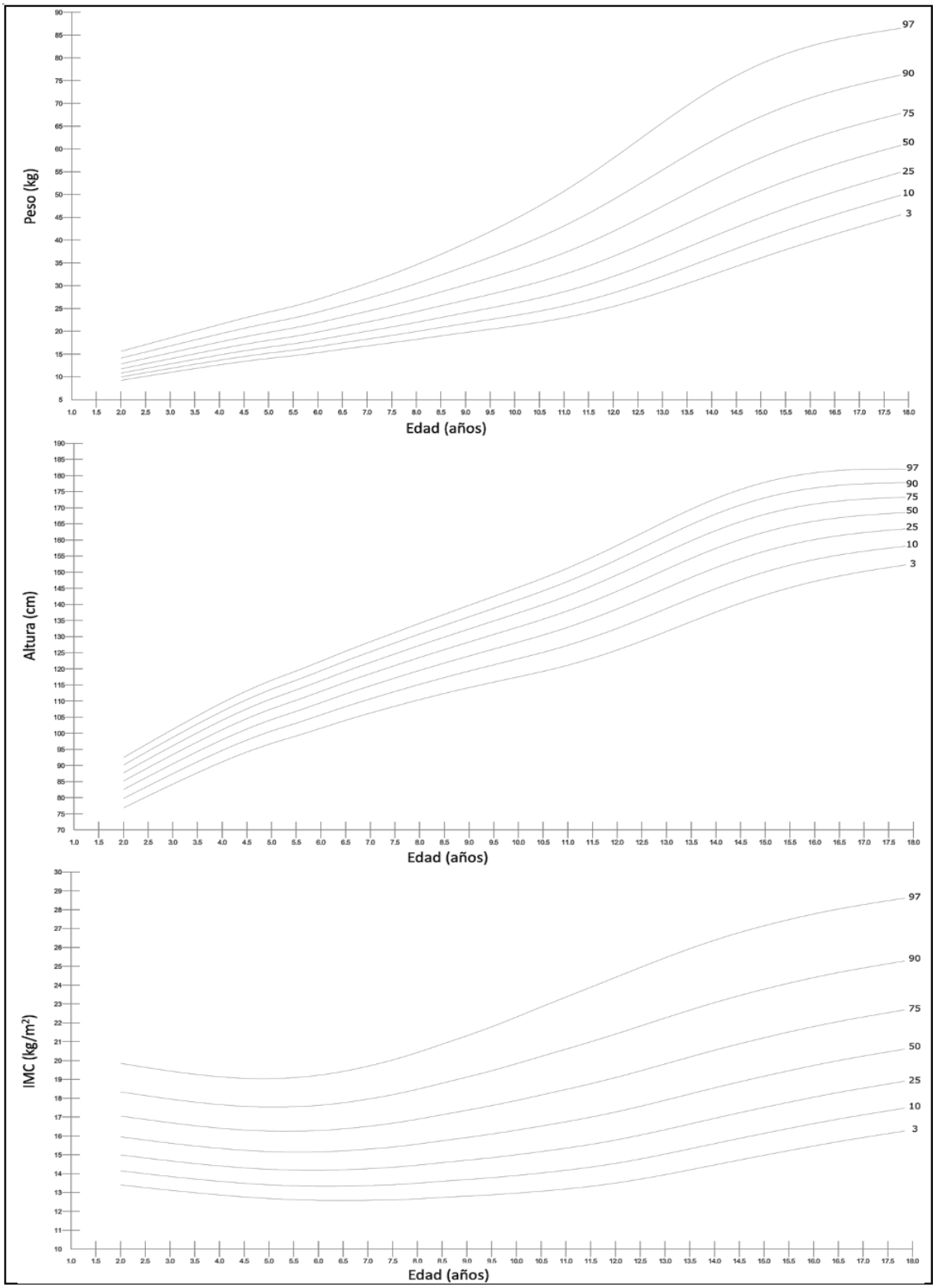


Figura 4.2. Curvas percentiles de peso (kg), altura (cm) e índice de masa corporal (IMC, kg/m^2) para niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia.

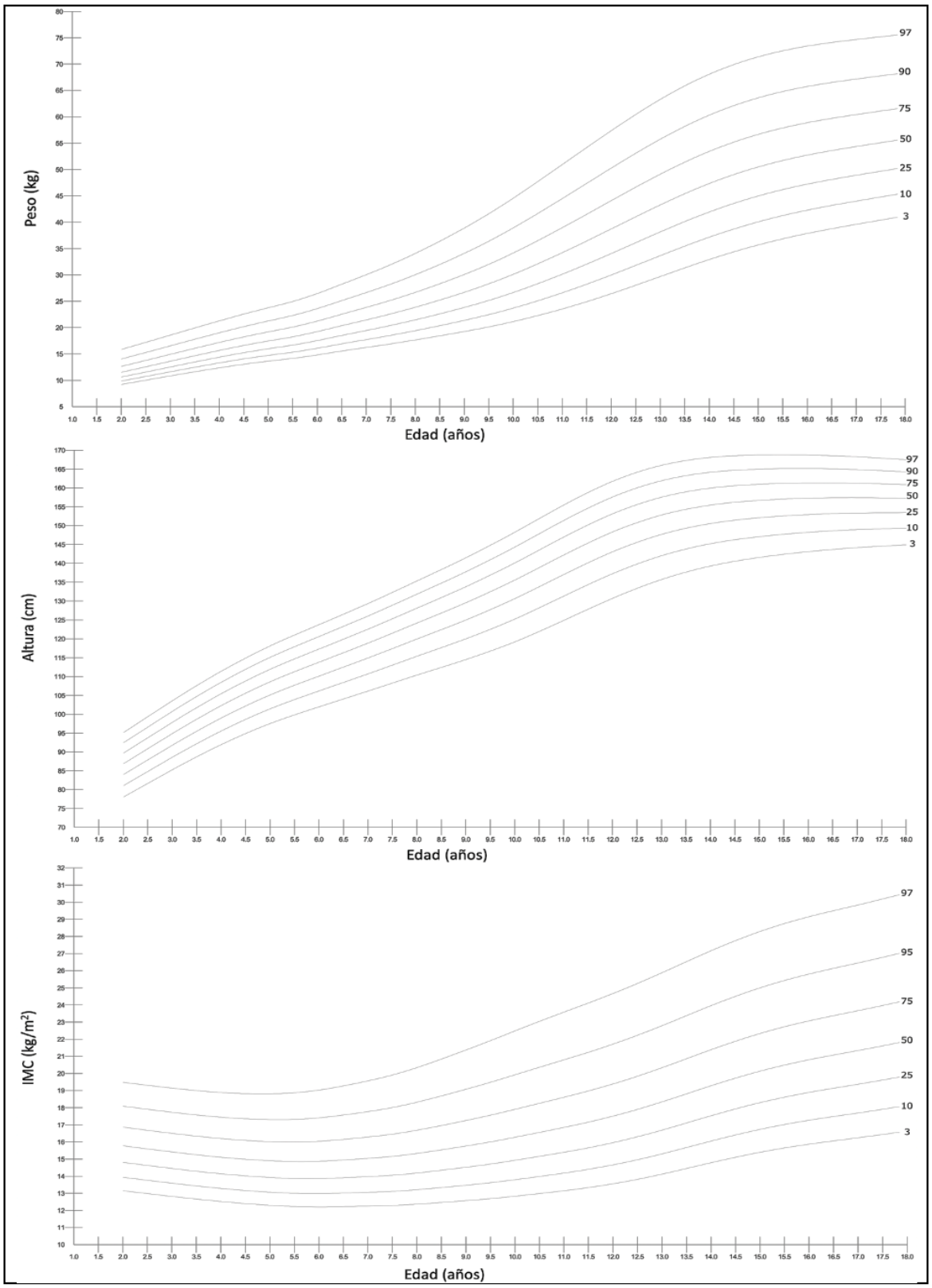


Figura 4.3. Curvas percentiles de peso (kg), altura (cm) e índice de masa corporal (IMC, kg/m^2) para niñas y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia.

En lo que respecta al peso, en los varones se observó lo siguiente: (i) en el percentil 97 el mayor incremento ocurre a los 13 años, mientras que en los percentiles 50, 75 y 90, ocurre a los 13.5 años (entre los 2.56 y 3.27 kg), y en los percentiles 3, 10 y 25 ocurre a los 14 años (entre los 1.95 y 2.11 kg); (ii) en el percentil 50 el incremento se mantiene por en- cima de los 2 kg entre los 12 y los 15.5 años, observándose el máximo incremento (2.56 kg) a los 13.5 años; (iii) en los percentiles 90 y 97 se presentan incrementos por encima de los 3 kg entre los 11.5 y los 13.5 años; y finalmente, (iv) a la edad de 18 años se observan incrementos >1 kg en los percentiles 3, 10, 25, 50 y 75, y <1 kg en los percentiles 90 y 97 (Figura 4.2 y Tabla 4.2).

Por otra parte, en lo que respecta al sexo femenino se encontró lo siguiente: (i) en los percentiles 50, 75, 90 y 97, el mayor incremento ocurre entre los 12 y 11 años (entre los 2.3 y 3.3 kg), mientras que en los percentiles 3, 10 y 25 ocurre a los 12.5 y 13 años (entre los 1.68 a 2.07 kg), y a partir de esas edades, este incremento va disminuyendo hasta los 18 años en todos los percentiles; (ii) en el percentil 50 el incremento se mantiene por encima de los 2 kg entre los 10.5 y 13.5 años, observándose el máximo incremento (2.3 kg) a los 12 años; (iii) en el percentil 97, se presentan incrementos por encima de 3 kg entre los 9.5 y 12.5 años; y, por último, (iv) entre los 16 y 18 años, los incrementos son <1 kg en todos los percentiles (Figura 4.3 y Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Distribución de percentiles para el peso (en kg) de niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia.

Edad	Masculino									Femenino								
(años)	L	S	3	10	25	50 (M)	75	90	97	L	S	3	10	25	50 (M)	75	90	97
2.0	-0.71	0.13	9.48	10.15	10.91	11.87	12.99	14.16	15.50	-0.99	0.12	9.33	9.99	10.75	11.64	12.68	13.94	15.46
2.5	-0.71	0.13	10.37	11.10	11.92	12.98	14.20	15.48	16.95	-0.95	0.13	10.14	10.87	11.72	12.69	13.85	15.22	16.89
3.0	-0.71	0.13	11.25	12.03	12.93	14.08	15.40	16.79	18.39	-0.90	0.13	10.95	11.75	12.68	13.75	15.02	16.52	18.33
3.5	-0.71	0.13	12.11	12.96	13.93	15.17	16.60	18.10	19.83	-0.86	0.13	11.73	12.61	13.62	14.80	16.17	17.81	19.77
4.0	-0.71	0.13	12.94	13.85	14.90	16.23	17.78	19.40	21.26	-0.81	0.13	12.47	13.43	14.53	15.80	17.29	19.06	21.19
4.5	-0.71	0.13	13.71	14.69	15.81	17.23	18.89	20.64	22.65	-0.78	0.13	13.15	14.19	15.37	16.75	18.35	20.26	22.55
5.0	-0.71	0.13	14.40	15.44	16.63	18.15	19.92	21.79	23.95	-0.74	0.14	13.75	14.85	16.12	17.60	19.32	21.37	23.82
5.5	-0.71	0.14	15.01	16.11	17.37	18.99	20.89	22.89	25.21	-0.72	0.14	14.28	15.46	16.82	18.40	20.25	22.44	25.08
6.0	-0.71	0.14	15.71	16.89	18.24	19.98	22.02	24.19	26.71	-0.69	0.14	14.95	16.22	17.68	19.39	21.39	23.77	26.64
6.5	-0.71	0.14	16.48	17.74	19.20	21.08	23.29	25.65	28.41	-0.67	0.15	15.70	17.07	18.66	20.52	22.71	25.31	28.46
7.0	-0.71	0.15	17.22	18.57	20.14	22.17	24.57	27.15	30.18	-0.65	0.15	16.39	17.88	19.60	21.62	24.01	26.86	30.31
7.5	-0.71	0.15	17.95	19.40	21.09	23.29	25.91	28.73	32.07	-0.62	0.16	17.10	18.71	20.58	22.77	25.37	28.49	32.28
8.0	-0.71	0.16	18.72	20.29	22.11	24.50	27.35	30.45	34.15	-0.59	0.16	17.86	19.60	21.64	24.03	26.87	30.29	34.45
8.5	-0.71	0.16	19.52	21.20	23.17	25.76	28.89	32.30	36.41	-0.55	0.17	18.67	20.57	22.79	25.40	28.52	32.26	36.82
9.0	-0.71	0.17	20.30	22.10	24.23	27.04	30.45	34.21	38.77	-0.50	0.17	19.52	21.59	24.02	26.88	30.29	34.39	39.39
9.5	-0.71	0.18	21.05	22.99	25.28	28.32	32.05	36.19	41.26	-0.45	0.18	20.45	22.72	25.38	28.51	32.24	36.73	42.18
10.0	-0.71	0.18	21.83	23.90	26.37	29.67	33.73	38.29	43.93	-0.40	0.18	21.52	24.00	26.91	30.35	34.43	39.32	45.25
10.5	-0.71	0.19	22.69	24.91	27.56	31.12	35.55	40.55	46.80	-0.35	0.19	22.72	25.44	28.62	32.36	36.80	42.10	48.49
11.0	-0.71	0.19	23.70	26.07	28.92	32.77	37.58	43.06	49.96	-0.31	0.19	24.05	27.01	30.45	34.50	39.29	44.97	51.79
11.5	-0.71	0.20	24.91	27.45	30.51	34.66	39.88	45.84	53.41	-0.27	0.19	25.50	28.69	32.40	36.74	41.84	47.88	55.07
12.0	-0.71	0.20	26.33	29.05	32.33	36.79	42.42	48.88	57.11	-0.23	0.19	27.06	30.47	34.42	39.04	44.43	50.78	58.28
12.5	-0.71	0.20	27.95	30.85	34.36	39.14	45.17	52.11	60.96	-0.21	0.19	28.70	32.31	36.49	41.34	46.98	53.58	61.34
13.0	-0.71	0.20	29.73	32.82	36.55	41.62	48.04	55.42	64.83	-0.19	0.19	30.38	34.17	38.54	43.58	49.43	56.22	64.16
13.5	-0.71	0.20	31.63	34.89	38.83	44.18	50.94	58.69	68.55	-0.17	0.18	32.05	35.98	40.50	45.70	51.69	58.62	66.67
14.0	-0.71	0.20	33.58	37.00	41.12	46.71	53.74	61.78	71.97	-0.16	0.18	33.63	37.68	42.31	47.61	53.70	60.72	68.81
14.5	-0.71	0.19	35.52	39.08	43.35	49.13	56.36	64.59	74.95	-0.15	0.17	35.06	39.20	43.91	49.28	55.42	62.47	70.57
15.0	-0.71	0.19	37.41	41.08	45.47	51.38	58.73	67.04	77.43	-0.15	0.17	36.34	40.53	45.29	50.70	56.86	63.90	71.97
15.5	-0.71	0.18	39.23	42.98	47.45	53.43	60.83	69.13	79.42	-0.15	0.17	37.46	41.68	46.46	51.88	58.04	65.06	73.06
16.0	-0.71	0.18	40.95	44.76	49.27	55.28	62.66	70.87	80.97	-0.15	0.16	38.41	42.66	47.45	52.86	59.00	65.97	73.89
16.5	-0.71	0.17	42.58	46.41	50.94	56.93	64.23	72.29	82.11	-0.15	0.16	39.25	43.50	48.28	53.68	59.78	66.69	74.53
17.0	-0.71	0.17	44.12	47.96	52.47	58.41	65.59	73.46	82.96	-0.15	0.16	40.00	44.25	49.03	54.40	60.46	67.30	75.05
17.5	-0.71	0.16	45.60	49.43	53.92	59.78	66.82	74.47	83.61	-0.15	0.15	40.73	44.98	49.74	55.08	61.10	67.88	75.54
18.0	-0.71	0.15	47.07	50.88	55.32	61.10	67.98	75.40	84.19	-0.15	0.15	41.46	45.70	50.45	55.76	61.74	68.45	76.03

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la altura, en los varones se observó lo siguiente: (i) en todos los percentiles, el mayor incremento ocurre entre los 13 y 13.5 años (entre los 3.15 y 3.93 cm); (ii) en el percentil 50, el incremento se mantiene por encima de los 3 cm entre los 12 y 14 años, observándose que el máximo incremento (3.58 cm) ocurre a los 13 años; y (iii) a partir de los 15.5 años en el percentil 97, de los 16 años en los percentiles 50, 75 y 90, de los 16.5 años en los percentiles 10 y 25, y de los 17.0 años en el percentil 3, se presentan incrementos <1 cm (Figura 4.2 y Tabla 4.3).

En lo que respecta al sexo femenino se encontró lo siguiente: (i) en los percentiles 3, 10, 25 y 50 el mayor incremento se observó a los 11 años (entre los 3.11 y 3.39 cm), mientras que en los percentiles 75, 90 y 97 ocurre a los 10.5 años (entre los 3.49 y 3.67 cm); (ii) en el percentil 50, el incremento se mantiene por encima de los 3 cm entre los 9.5 y 11.5 años, observándose el máximo incremento (3.39 cm) a los 11 años; y (iii) en los percentiles 50, 75, 90 y 97 se presentan incrementos <1 cm a partir de los 13.5 años, en los percentiles 10 y 25 a partir de los 14 años, y en el percentil 3 a partir de los 14.5 años (Figura 4.3 y Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Distribución de percentiles para la altura (en cm) de niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia.

Edad	Masculino									Femenino								
(años)	L	S	3	10	25	50 (M)	75	90	97	L	S	3	10	25	50 (M)	75	90	97
2.0	2.72	0.05	74.51	78.04	81.32	84.38	87.27	90.00	92.59	1.12	0.05	80.16	82.82	85.50	88.47	91.43	94.08	96.69
2.5	2.77	0.05	78.75	82.38	85.74	88.88	91.84	94.64	97.29	1.34	0.05	83.55	86.33	89.11	92.17	95.19	97.89	100.52
3.0	2.83	0.05	82.93	86.63	90.07	93.28	96.30	99.16	101.88	1.55	0.05	86.90	89.80	92.68	95.83	98.91	101.65	104.31
3.5	2.88	0.05	86.94	90.72	94.22	97.49	100.57	103.48	106.24	1.76	0.05	90.19	93.20	96.18	99.41	102.56	105.34	108.03
4.0	2.93	0.05	90.70	94.54	98.10	101.42	104.55	107.50	110.31	1.96	0.05	93.34	96.47	99.55	102.87	106.08	108.90	111.62
4.5	2.97	0.05	94.13	98.02	101.62	104.99	108.16	111.16	114.00	2.14	0.05	96.28	99.54	102.72	106.13	109.41	112.28	115.03
5.0	3.01	0.05	97.11	101.05	104.70	108.12	111.33	114.36	117.24	2.30	0.05	98.96	102.34	105.63	109.13	112.49	115.41	118.20
5.5	3.04	0.05	99.68	103.68	107.38	110.84	114.10	117.17	120.09	2.44	0.05	101.34	104.85	108.25	111.85	115.30	118.27	121.11
6.0	3.05	0.05	102.25	106.32	110.09	113.62	116.94	120.07	123.04	2.56	0.05	103.54	107.19	110.71	114.42	117.95	121.00	123.89
6.5	3.05	0.05	104.80	108.97	112.84	116.45	119.85	123.06	126.11	2.67	0.05	105.70	109.50	113.14	116.97	120.60	123.72	126.67
7.0	3.04	0.05	107.15	111.44	115.42	119.14	122.64	125.94	129.07	2.75	0.05	107.88	111.83	115.61	119.56	123.30	126.50	129.53
7.5	3.02	0.05	109.35	113.79	117.91	121.75	125.36	128.77	132.01	2.83	0.05	110.09	114.22	118.14	122.23	126.09	129.39	132.50
8.0	3.00	0.05	111.45	116.05	120.32	124.30	128.04	131.57	134.93	2.89	0.05	112.29	116.61	120.69	124.94	128.93	132.33	135.53
8.5	2.98	0.05	113.40	118.18	122.61	126.75	130.63	134.30	137.78	2.95	0.05	114.47	118.98	123.23	127.65	131.78	135.30	138.60
9.0	2.95	0.05	115.25	120.23	124.85	129.15	133.19	137.00	140.62	3.01	0.05	116.72	121.44	125.87	130.46	134.74	138.37	141.78
9.5	2.94	0.05	117.02	122.24	127.06	131.55	135.75	139.72	143.49	3.06	0.05	119.16	124.09	128.70	133.46	137.89	141.64	145.15
10.0	2.94	0.05	118.75	124.22	129.26	133.95	138.34	142.47	146.39	3.11	0.05	121.86	126.98	131.76	136.67	141.24	145.10	148.70
10.5	2.94	0.05	120.52	126.26	131.53	136.42	140.99	145.29	149.36	3.15	0.05	124.82	130.10	135.01	140.05	144.73	148.68	152.37
11.0	2.96	0.05	122.50	128.51	134.01	139.11	143.86	148.33	152.54	3.18	0.05	127.93	133.30	138.31	143.44	148.20	152.21	155.96
11.5	2.97	0.05	124.80	131.08	136.81	142.10	147.03	151.66	156.02	3.21	0.05	131.02	136.44	141.48	146.66	151.45	155.50	159.29
12.0	2.99	0.05	127.42	133.95	139.90	145.38	150.48	155.26	159.77	3.22	0.05	133.94	139.34	144.37	149.53	154.33	158.38	162.16
12.5	3.01	0.05	130.33	137.08	143.22	148.88	154.13	159.05	163.68	3.23	0.05	136.55	141.86	146.82	151.93	156.68	160.69	164.45
13.0	3.03	0.05	133.43	140.36	146.66	152.46	157.84	162.87	167.61	3.23	0.05	138.76	143.94	148.80	153.80	158.47	162.43	166.14
13.5	3.05	0.05	136.58	143.63	150.03	155.92	161.39	166.50	171.31	3.22	0.05	140.55	145.57	150.29	155.17	159.74	163.62	167.25
14.0	3.07	0.05	139.59	146.69	153.14	159.07	164.57	169.72	174.57	3.21	0.04	141.93	146.79	151.37	156.12	160.57	164.36	167.92
14.5	3.09	0.05	142.38	149.44	155.87	161.78	167.27	172.41	177.25	3.20	0.04	142.97	147.67	152.12	156.74	161.08	164.78	168.27
15.0	3.12	0.05	144.89	151.85	158.19	164.04	169.47	174.56	179.36	3.19	0.04	143.77	148.33	152.65	157.15	161.40	165.01	168.42
15.5	3.14	0.05	147.09	153.88	160.09	165.83	171.16	176.17	180.88	3.18	0.04	144.43	148.85	153.06	157.46	161.60	165.14	168.48
16.0	3.16	0.05	148.95	155.53	161.56	167.14	172.35	177.23	181.84	3.18	0.04	144.97	149.27	153.37	157.66	161.72	165.18	168.46
16.5	3.19	0.05	150.45	156.77	162.59	167.98	173.02	177.76	182.23	3.18	0.04	145.41	149.59	153.59	157.78	161.74	165.13	168.34
17.0	3.21	0.04	151.62	157.66	163.24	168.42	173.27	177.84	182.16	3.18	0.04	145.74	149.81	153.70	157.79	161.65	164.97	168.11
17.5	3.23	0.04	152.55	158.30	163.62	168.57	173.22	177.61	181.77	3.19	0.04	145.98	149.93	153.71	157.69	161.46	164.70	167.76
18.0	3.26	0.04	153.35	158.80	163.86	168.58	173.03	177.23	181.21	3.19	0.04	146.17	150.00	153.67	157.54	161.21	164.36	167.35

Fuente: elaboración propia.

Con respecto al IMC en los varones se encontró lo siguiente: (i) en todos los percentiles los incrementos no sobrepasan 1 kg/m^2; (ii) en los percentiles 90 y 95 los incrementos ocurren a partir de los 5 años, en el percentil 75, a partir de los 5.5 años, en los percentiles 10, 25 y 50, a partir de los 6 años, y en el percentil 3, a partir de los 6.5 años; (iii) en el percentil 50 hay incrementos superiores los 0.30 kg/m^2 entre los 12.5 y 14.5 años; y, finalmente; (iv) en el percentil 97 los mayores incrementos ocurren a los 10 y 13.5 años, en los percentiles 50, 75 y 90, a los 12.5 y 13 años, y en los percentiles 3, 10, y 25, a los 13.5 y 14 años (Figura 4.2 y Tabla 4.4).

En cuanto al sexo femenino se encontró lo siguiente: (i) en todos los percentiles los incrementos no sobrepasan 1 kg/m^2; (ii) se presentan incrementos a partir de los 5 años en los percentiles 90 y 97, de los 5.5 años, en los percentiles 25, 50 y 75, y a los 6 años en los percentiles 3 y 10; (iii) en todos los percentiles presentan el mayor incremento ocurre entre los 13 y 14 años; y (vi) en el percentil 50, los incrementos son >0.40 kg/m^2 entre los 13 y los 15 años (Figura 4.3 y Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Distribución de percentiles para el índice de masa corporal (IMC, kg/m^2) de niños y adolescentes entre 2 y 18 años de Huila, Colombia.

Edad	Masculino									Femenino								
(años)	L	S	3	10	25	50 (M)	75	90	97	L	S	3	10	25	50 (M)	75	90	97
2.0	-1.18	0.10	13.51	14.19	14.96	15.93	17.06	18.23	19.57	-0.78	0.10	13.27	13.99	14.78	15.76	16.87	17.99	19.23
2.5	-1.18	0.10	13.37	14.04	14.81	15.77	16.88	18.04	19.37	-0.80	0.10	13.11	13.81	14.61	15.59	16.69	17.81	19.06
3.0	-1.18	0.10	13.23	13.90	14.66	15.61	16.72	17.86	19.18	-0.82	0.10	12.95	13.65	14.44	15.41	16.52	17.64	18.90
3.5	-1.18	0.10	13.11	13.77	14.52	15.47	16.57	17.71	19.02	-0.85	0.10	12.79	13.49	14.28	15.25	16.36	17.49	18.75
4.0	-1.18	0.10	12.99	13.65	14.40	15.35	16.44	17.58	18.89	-0.87	0.10	12.66	13.35	14.13	15.11	16.22	17.36	18.64
4.5	-1.18	0.10	12.89	13.55	14.30	15.25	16.35	17.49	18.81	-0.90	0.10	12.54	13.23	14.02	15.00	16.12	17.27	18.58
5.0	-1.18	0.10	12.81	13.48	14.23	15.19	16.29	17.45	18.79	-0.93	0.11	12.44	13.14	13.93	14.92	16.05	17.23	18.56
5.5	-1.18	0.10	12.76	13.43	14.19	15.16	16.29	17.47	18.84	-0.97	0.11	12.37	13.07	13.87	14.87	16.03	17.23	18.61
6.0	-1.18	0.10	12.72	13.40	14.18	15.17	16.32	17.54	18.95	-1.01	0.11	12.35	13.06	13.87	14.89	16.08	17.32	18.75
6.5	-1.18	0.11	12.71	13.41	14.21	15.23	16.42	17.68	19.15	-1.04	0.11	12.37	13.09	13.92	14.97	16.19	17.48	18.98
7.0	-1.18	0.11	12.73	13.44	14.27	15.32	16.55	17.87	19.42	-1.07	0.11	12.40	13.14	13.98	15.06	16.33	17.68	19.26
7.5	-1.18	0.11	12.76	13.49	14.34	15.43	16.72	18.10	19.74	-1.09	0.12	12.44	13.20	14.06	15.18	16.50	17.92	19.59
8.0	-1.18	0.12	12.82	13.58	14.46	15.59	16.94	18.39	20.12	-1.11	0.12	12.52	13.30	14.20	15.36	16.74	18.23	20.00
8.5	-1.18	0.12	12.90	13.68	14.59	15.77	17.18	18.71	20.54	-1.11	0.13	12.62	13.43	14.36	15.57	17.02	18.59	20.47
9.0	-1.18	0.12	12.97	13.78	14.72	15.95	17.42	19.03	20.97	-1.11	0.13	12.73	13.56	14.53	15.79	17.31	18.97	20.98
9.5	-1.18	0.13	13.05	13.88	14.86	16.13	17.67	19.36	21.43	-1.10	0.13	12.86	13.72	14.72	16.04	17.63	19.38	21.50
10.0	-1.18	0.13	13.14	14.00	15.01	16.34	17.95	19.74	21.92	-1.08	0.14	13.01	13.90	14.95	16.32	17.99	19.82	22.06
10.5	-1.18	0.14	13.25	14.14	15.19	16.56	18.25	20.12	22.44	-1.06	0.14	13.17	14.10	15.18	16.61	18.34	20.26	22.60
11.0	-1.18	0.14	13.38	14.29	15.37	16.79	18.54	20.50	22.94	-1.03	0.14	13.35	14.30	15.42	16.90	18.70	20.68	23.11
11.5	-1.18	0.14	13.52	14.46	15.57	17.04	18.85	20.89	23.44	-1.00	0.14	13.54	14.52	15.68	17.21	19.07	21.11	23.62
12.0	-1.18	0.14	13.71	14.67	15.80	17.31	19.18	21.29	23.94	-0.96	0.15	13.76	14.78	15.98	17.55	19.47	21.57	24.14
12.5	-1.18	0.14	13.92	14.91	16.07	17.62	19.54	21.71	24.44	-0.93	0.15	14.03	15.08	16.32	17.94	19.91	22.07	24.70
13.0	-1.18	0.14	14.17	15.17	16.36	17.95	19.91	22.13	24.93	-0.89	0.15	14.34	15.43	16.70	18.38	20.40	22.62	25.30
13.5	-1.18	0.14	14.43	15.45	16.67	18.28	20.28	22.54	25.40	-0.86	0.15	14.68	15.80	17.12	18.85	20.93	23.20	25.93
14.0	-1.18	0.14	14.70	15.74	16.97	18.61	20.64	22.93	25.82	-0.83	0.15	15.02	16.19	17.55	19.32	21.45	23.77	26.55
14.5	-1.18	0.14	14.96	16.01	17.26	18.92	20.97	23.28	26.20	-0.80	0.15	15.35	16.55	17.95	19.76	21.94	24.31	27.13
15.0	-1.18	0.14	15.22	16.28	17.54	19.21	21.28	23.60	26.53	-0.77	0.15	15.65	16.88	18.31	20.17	22.39	24.79	27.64
15.5	-1.18	0.14	15.47	16.54	17.81	19.49	21.57	23.90	26.83	-0.75	0.15	15.91	17.16	18.62	20.52	22.77	25.21	28.09
16.0	-1.18	0.14	15.71	16.79	18.07	19.76	21.85	24.18	27.10	-0.72	0.15	16.13	17.41	18.89	20.81	23.10	25.56	28.47
16.5	-1.18	0.14	15.94	17.03	18.31	20.01	22.10	24.43	27.34	-0.70	0.15	16.31	17.62	19.12	21.08	23.39	25.88	28.80
17.0	-1.18	0.14	16.15	17.24	18.53	20.23	22.32	24.65	27.54	-0.68	0.15	16.50	17.82	19.35	21.33	23.67	26.17	29.12
17.5	-1.18	0.14	16.35	17.44	18.74	20.44	22.53	24.85	27.72	-0.66	0.15	16.69	18.04	19.59	21.60	23.97	26.50	29.46
18.0	-1.18	0.13	16.54	17.64	18.94	20.65	22.73	25.04	27.90	-0.64	0.15	16.90	18.27	19.85	21.88	24.29	26.84	29.82

Fuente: elaboración propia.

4.6. Discusión

En este artículo se construyeron curvas de crecimiento de referencia para el peso, la altura y el índice de masa corporal (IMC) de los niños y adolescentes (2-18 años) del departamento de Huila, Colombia (datos de los 37 municipios).

En el presente estudio, en los varones, según el percentil 50, se observó que: (i) el incremento de peso es >2 kg entre los 12 y los 15.5 años (con el mayor incremento a los 13.5 años: 2.56 kg); (ii) el incremento de altura es >3 cm entre los 12 y 14 años (mayor incremento a los 13 años: 3.58 cm), y <1 cm a partir de los 16.5 años; y (iii) el incremento de IMC ocurre a partir de los 6 años, siendo >0.30 kg/m^2 entre los 12.5 y 14.5 años. Finalmente, en el percentil 50, el peso, altura e IMC de los varones a los 18 años fueron 61.10 kg, 168.58 cm, y el IMC de 20.65 kg/m^2, respectivamente.

En comparación con los datos de poblaciones colombianas, algunas de ellas reportadas a fondo en la revisión sistemática de López-Laiseca y Massuça[14], en el presente estudio, según el percentil 50, en los varones de 16 y 17 años: (i) el peso (55.28 y 58.41 kg, respectivamente) está por debajo del reportado en esta población en Bogotá[20] (16 años: 57.3 kg; 17 años: 60.7 kg), y Medellín (mediana de peso de 59.9 kg a los 16 años)[21], pero por encima de la mediana de peso reportada para los adolescentes varones de 17 años de Argelia, Cauca (57.6 kg)[22]; (ii) la altura (167.14 y 168.42 cm, respectivamente) fue superior a la reportada para Bogotá (16 años: 166 cm; 17 años: 168 cm)[20] y Argelia-Cauca (17 años: 167 cm)[22], aunque fue inferior al reportado en Medellín para los 16 años (170.1 cm)[21]; y (iii) el IMC (19.76 y 20.23 kg/m^2, respectivamente) fue inferior a lo informado en esta población en Bogotá (16 años: 20. 8kg/m^2; 17 años: 21.6 kg/m^2)[20].

Por otra parte, en comparación con los datos poblacionales inter- nacionales descritos en detalle en la revisión sistemática realizada por López-Laiseca y Massuça[14], en el presente estudio, según el percentil 50, en los varones de 17 y 18 años:

a) El peso (58.41 kg y 61.10 kg, respectivamente) está por encima del reportado en adolescentes varones peruanos (mediana de peso a los 17 años: 57.4 kg)[23], es similar a la mediana de peso para ambas edades en esta población en Arabia Saudita (58.5 kg y 61.2 kg, respectivamente)[24], y está por debajo de las medianas de peso reportadas para esta población en Argentina (17 años: 63.3 kg)[23], Brasil (17 años: 66.1 kg)[25], EE.UU. (71 y 78.3 kg, respectivamente)[26], España (68.9 y 71.2 kg)[27], Portugal (17 años: 66.23 kg)[28], Italia (67.3 y

68.7 kg)[29], Grecia (73.2 y 77 kg)[30], Alemania (69.44 y 70.77 kg)[31], Polonia (67.2 y 70 kg)[32], Bahréin (63.2 y 64.9 kg)[33], Hong Kong (61.5 y 62.3 kg)[34] y Corea del Sur (65.9 y 65.2 kg)[35].

b) La altura (168.42 y 168.58 cm, respectivamente) es mayor que el reportado en adolescentes varones en Perú (mediana de altura a los 17 años: 163.2 cm)[23], es similar a la mediana de al- tura para ambas edades en esta población en Arabia Saudita (167.4 y 168.8 cm, respectivamente)[24], y está por debajo de las medianas de altura descritas para esta población en Argentina (17 años: 171.7 cm)[23], Brasil (174.2 cm)[25], EE.UU. (176.1 y 176.8 cm, respectivamente)[26], España (175.5 y 177.6 cm)[27], Portugal (17 años: 172 cm)[28], Italia (175.3 y 176 cm)[29], Grecia (178.3 y 180.2 cm)[30], Alemania (174.28 y 175.14 cm)[31], Polonia (178.1 y 178.5 cm) [32], Bahréin (171 y 171 cm) [33], Hong Kong (171.9 y 171.7 cm)[34] y Corea del Sur (173.8 y 173.2 cm)[35].

c) El IMC (20.23 y 20.65 kg/m^2, respectivamente) es inferior a la mediana de IMC reportada para los adolescentes varones de estas edades en Brasil (17 años: 21.7 kg/m^2) ([25]), EE.UU. (23.3 y 25.1 kg/m^2, respectivamente)[26], España (22.3 y 22.6 kg/m^2)[27], Portugal (17 años: 22.75 kg/m^2)[28], Italia (21.9 y 22.0 kg/m^2)[29], Grecia (23.02 y 23.59 kg/m^2)[30], Alemania (22.86 y 23.07 kg/m^2)[31], Polonia (21.1 y 21.7 kg/m^2)[32], Bahréin (21.6 y 21.8 kg/m^2)[33], Arabia Saudita (20.9 y 21.4 kg/m^2)[24], Hong Kong (20.8 y 21.1 kg/m^2)[34] y Corea del Sur (21.7 y 21.8 kg/m^2)[35].

Por último, en el presente estudio, el valor de referencia (percentil 50), en el caso de los niños y adolescentes:

a) Para el peso: (i) a los 5 años (18.15 kg) fue inferior a los valores internacionales de referencia establecidos por el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, -0.33 kg)[36,37] y la Organización Mundial de la Salud (WHO, -0.15 kg)[38], así como del punto de corte a los 5 años establecido por Durán et al.[39] en un estudio realizado en 27209 niños, niñas y adolescentes (0-20 años) colombianos (-0.75 kg); (ii) a los 7 años, el valor de referencia de este estudio para el peso (22.17 kg) fue inferior a los valores reportados por el CDC (-0.99 kg)[36,37] y la WHO (-0.73 kg)[40]; (iii) a los 12 años (36.79 kg) fue inferior que el reportado para Colombia (-5.31 kg)[39] y el CDC en el ámbito internacional (-3.88 kg)[36,37]; y (iv) a los 18 años (61.10 kg) es inferior al reportado en población colombiana (-2.90 kg)[39] y por el CDC (-6.18 kg)[36,37].

b) Para la altura: (i) a los 5 años (108.12 cm) fue inferior a los valores internacionales de referencia reportados por el CDC (-1.05 cm)[36,37] y la WHO (-1.88 cm)[38] y a los valores de referencia para Colombia (-0.98 cm)[39]; (ii) a los 7 años, el valor de referencia de este estudio (119.14 cm) fue inferior al reportado en la población pediátrica colombiana (-2.76 cm)[39] y a los

reportados internacionalmente por el CDC (-2.89 cm)[36,37] la WHO (-2.56 cm)[40]; (iii) a los 12 años (145.38 cm) también fue inferior al reportado por Durán et al.[39] para niños colombianos (-3.62 cm) y por el CDC (-3.92 cm)[36,37] y la WHO (-3.72 cm)[40] en el contexto internacional, estas diferencias se mantuvieron hasta los 17 años; y (iv) a los 18 años (168.58 cm) fue inferior de los reportados internacional- mente por el CDC (-7.6 cm)[36,37] y la WHO (-7.52 cm)[40].

c) Para el IMC en los varones: (i) a los 5 años (15.19 kg/m^2) fue similar a los valores de referencia internacional (WHO: 0.01 kg/m^2; CDC: -0.22 kg/m^2)[36-38]; (ii) a los 7 años, el valor de referencia (15.32 kg/m^2) fue inferior al reportado para Colombia (-1.38 kg/m^2)[39], aunque similar con los valores informados internacionalmente por el CDC (-0.12 kg/m^2)[36,37] y la WHO (-0.11 kg/m^2)[40]; (iii) a los 12 años (17.31 kg/m^2) fue inferior al reportado en población pediátrica colombiana (-1.49 kg/m^2)[39] y similar al informado internacionalmente por la WHO (-0.19 kg/m^2)[40] y el CDC (-0.5 kg/m^2)[36,37]; y (iv) a los 18 años (20.65 kg/m^2) fue inferior a la reportada por la WHO (-1.05 kg/m^2)[40] y el CDC (-1.24 kg/m^2)[36,37] en el contexto internacional.

Las curvas percentiles (percentil 50) de los valores de referencia para el peso, la altura y el IMC en varones del CDC[36,37], del estudio de Durán et al. (población colombiana)[39], del presente estudio (Huila-Colombia) y de la WHO (peso hasta los 10 años)[38,40] se presentan en las Figuras 4.4, 4.5 y 4.6, respectivamente.

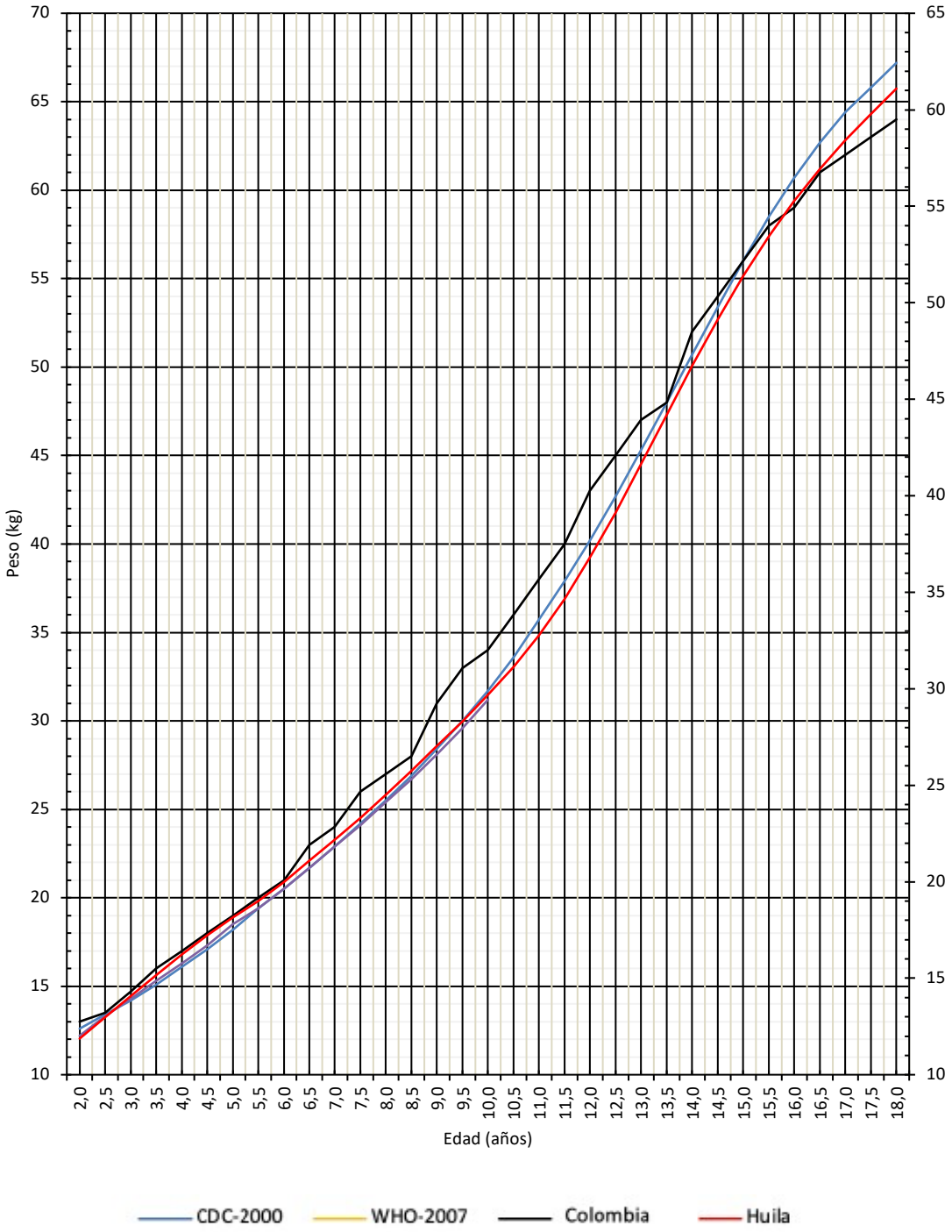


Figura 4.4. Curvas percentiles (percentil 50) del peso (kg) de los varones según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y de Huila-Colombia (este estudio).

Fuente: elaboración propia.

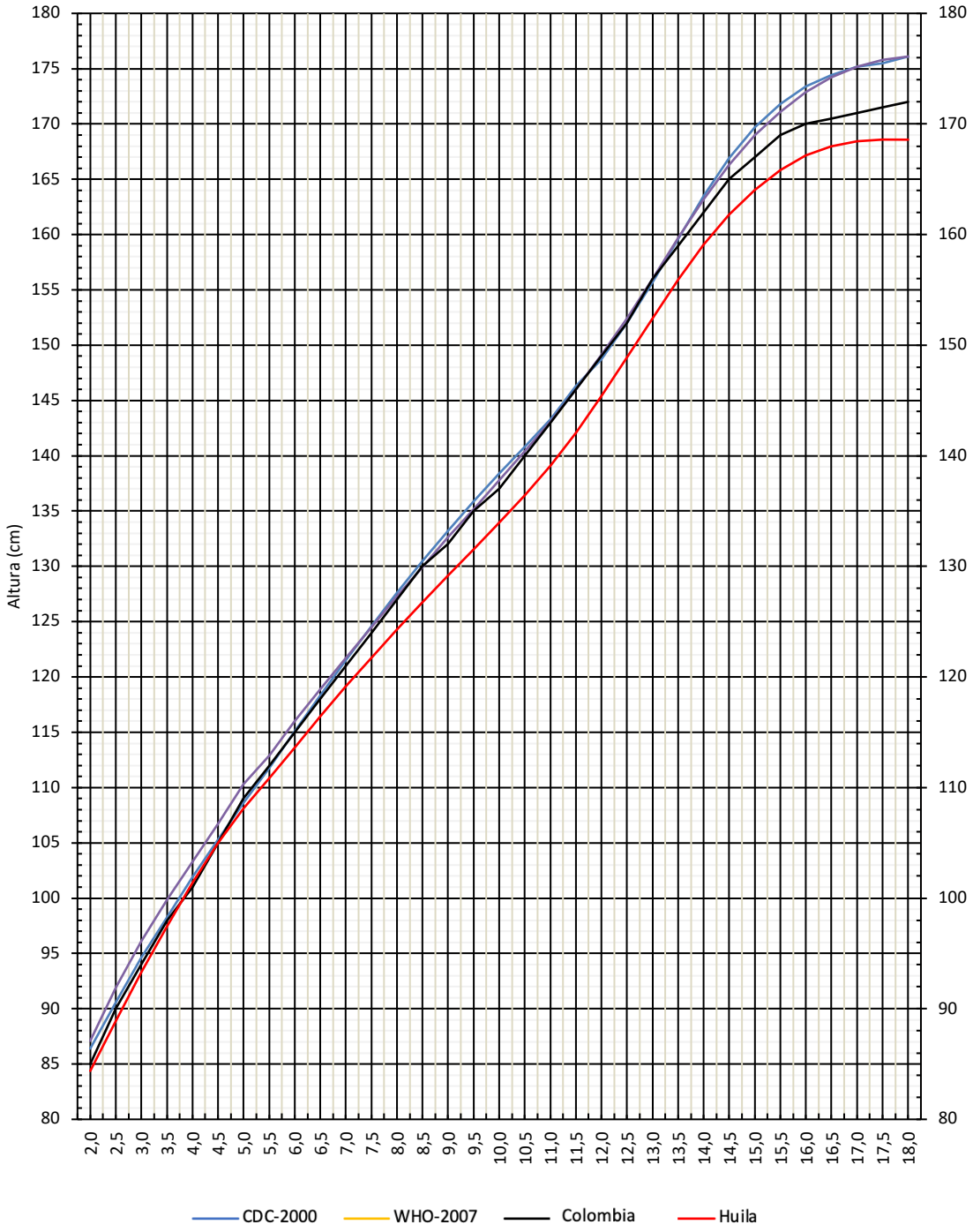


Figura 4.5. Curvas percentiles (percentil 50) de la altura (cm) de los varones según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia [39] y de Huila-Colombia (este estudio).

Fuente: elaboración propia.

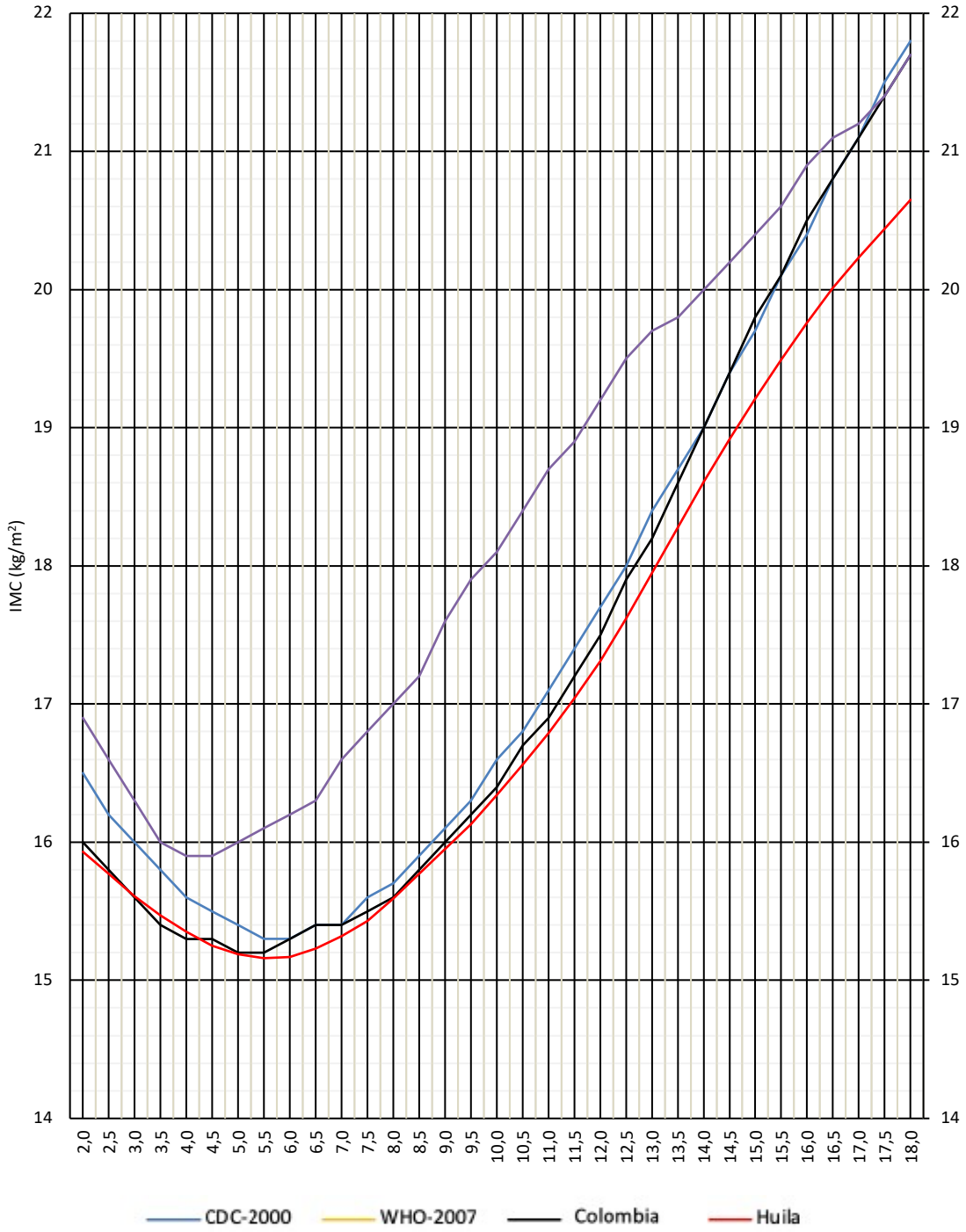


Figura 4.6. Curvas percentiles (percentil 50) del IMC (kg/ m2) de los varones según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y de Huila-Colombia (este estudio).

Fuente: elaboración propia.

En el caso de las niñas, según el percentil 50, se observó que: (i) el incremento de peso es >2 kg entre los 10.5 y 13.5 años (con el mayor incremento a los 12 años: 2.3 kg); (ii) el incremento de altura es >3 cm entre los 9.5 y 11.5 años (mayor incremento a los 11 años: 3.39 cm) y <1 cm a partir de los 14 años; y (iii) el incremento de IMC es >0.40 kg/m^2 de los 13 a los 15 años. Finalmente, en el percentil 50, el peso, altura e IMC de las niñas y adolescentes a los 18 años fueron 55.76 kg, 157.64 cm y 21.88 kg/m^2, respectivamente.

En comparación con los datos de las poblaciones colombianas, revisadas a fondo en la revisión sistemática de López-Laiseca y Massuça[14], en el presente estudio, según el percentil 50 en las mujeres de 17 años: (i) el peso (54.40 kg) está por debajo del reportado en esta población en Bogotá (55.8 kg)[20], pero es similar al informado en Argelia-Cauca (54.6 kg)[22]; (ii) la altura (157.79 cm) fue similar a la de las mujeres de Bogotá (157 cm)[20], pero superior a las mujeres en Cauca-Argelia (156 cm)[22]; y (iii) el IMC (21.33 kg/m^2) fue inferior que el reportado para mujeres en Bogotá (22.6 kg/m^2)[20].

Además, la comparación del percentil 50 de mujeres de 16, 17 y 18 años con los datos poblacionales internacionales descritos en detalle en la revisión sistemática realizada por López-Laiseca y Massuça[14], permite destacar que:

a) El peso (52.86 kg, 54.40 kg y 55.76 kg, respectivamente) está por encima de la mediana de peso reportada para esta población en Argentina (16 años: 52.5 kg; 17 años: 53.1 kg)[22], Perú (16 años: 51.6 kg; 17 años: 52.5 kg)[23], Arabia Saudita (16 años: 52 kg; 17 años: 53.2 kg; 18 años: 53.6 kg)[24] y Hong Kong (16 años: 50.7 kg; 17 años: 51.4 kg; 18 años: 51.3 kg)[34]. Por el contrario, el peso está por debajo del reportado para Brasil (16 años: 57.7 kg; 17 años: 57.1 kg)[25], EE.UU. (16 años: 58.7 kg; 17 años: 60.8 kg; 18 años:58.6 kg)[26], España (16 años: 55.8 kg; 17 años: 56.1 kg; 18 años: 56.6 kg)[27], Portugal (16 años: 59.28 kg; 17 años: 61.46 kg)[28], Italia (16 años: 55.6 kg; 17 años: 55.8 kg; 18 años: 55.9 kg)[29], Grecia (16 años: 58.6 kg; 17 años: 59.7 kg)[30], Alemania (16 años: 57.17 kg; 17 años: 57.15 kg; 18 años: 56.62 kg)[31], Polonia (16 años: 54.7 kg; 17 años: 55.8 kg; 18 años: 56.1 kg)[32] y Bahréin (16 años: 56.7 kg; 17 años: 57.6 kg; 18 años: 57.2 kg)[33]. En el caso de Corea del Sur, es inferior a los 16 y 17 años (54.7 kg y 56.7 kg) aunque superior a los 18 (53.9 kg)[35].

b) Los valores de referencia para la altura (157.66 cm, 157.79 cm y 157.54 cm, respectivamente) son mayores que los reportados para esta población en Perú (16 años: 153 cm; 17 años: 152.9 cm)[23], Bahréin (16 años: 156.6 cm; 17 años: 156.3 cm; 18 años: 156.6 cm)[33], Arabia Saudita (16 años: 155.1 cm; 17 años: 155.5 cm; 18 años: 155.8 cm)[24]; por el contrario, son inferiores que los reportados en la población de Argentina (16 años: 160.5 cm; 17 años:

160.7 cm)[23], Brasil (16 años: 163.6 cm; 17 años: 162.5 cm)[25], EE.UU. (16 años: 161.4 cm; 17 años: 164.0 cm; 18 años: 163 cm)[26], España (16 años: 163.8 cm; 17 años: 162.6 cm; 18 años: 164.2 cm)[27], Portugal (16 años: 164 cm; 17 años: 166 cm)[28], Italia (16 años: 162 cm; 17 años: 162.3 cm; 18 años: 162.5 cm)[29], Grecia (16 años: 164.4 cm; 17 años: 164.9 cm; 18 años: 165.3 cm)[30], Alemania (16 años: 159.9 cm; 17 años: 160.04 cm; 18 años: 160.1 cm)[31], Polonia (16 años: 164.5 cm; 17 años: 164.7 cm; 18 años: 165.1 cm)[32], Hong Kong (16 años: 158.3 cm; 17 años: 158.9 cm; 18 años: 158.6 cm)[34] y Corea del Sur (16 años: 159.8 cm; 17 años: 161.6 cm; 18 años: 161.1 cm)[35].

c) El IMC (20.81 kg/m^2, 21.33 kg/m^2 y 21.88 kg/m^2, respectivamente) es inferior que el reportado en Argentina (16 años: 21.6 kg/m^2)[23], Perú (16 años: 22 kg/m^2)[23], Portugal (16 años: 22.07 kg/m^2; 17 años: 22.47 kg/m^2)[28], Grecia (16 años: 21.83 kg/m^2; 17 años: 22.14 kg/m^2; 18 años: 22.42 kg/m^2)[30], Alemania (16 años: 22.37 kg/m^2; 17 años: 22.28 kg/m^2; 18 años: 22.09 kg/m^2)[31], Bahréin (16 años: 23.1 kg/m^2; 17 años: 23.3 kg/m^2; 18 años: 23.3 kg/ m^2)[33] y Arabia Saudita (16 años: 21.5 kg/m^2; 17 años: 21.9 kg/m^2; 18 años: 22 kg/m^2)[24], Brasil (16 años: 21.4 kg/m^2; 17 años: 21.6 kg/m^2)[25], EE.UU. (16 años: 22.1 kg/m^2; 17 años: 22.5 kg/m^2)[26], Italia (16 años: 21 kg/m^2)[29] y Corea del Sur (16 años: 21.4 kg/m^2; 17 años: 21.7 kg/m^2)[35]; por el contrario, es superior a los valores reportados en España (17 años: 21.2 kg/m^2; 18 años: 21 kg/m^2)[27], Corea del Sur (18 años: 20.7 kg/m^2), Italia (17 años: 21.1 kg/m^2; 18 años: 21.1 kg/m^2)[29], Polonia (16 años: 20.2 kg/m^2; 17 años: 20.5 kg/m^2; 18 años: 20.6 kg/m^2)[32] y Hong Kong (16 años: 20.2 kg/m^2; 17 años: 20.3 kg/m^2; 18 años: 20.4 kg/m^2)[34]; además, coincide con los reportados para los 16 años en España (20.8 kg/m^2)[27] y los 18 en EE.UU. (21.8 kg/m^2)[26].

Por último, en el presente estudio, se identificó que, en las mujeres, el valor de referencia (percentil 50):

a) El peso: (i) a los 5 años (17.60 kg) fue inferior a los valores reportados internacionalmente por el CDC (-0.42 kg)[36,37] y la WHO (-0.61 kg)[(38], así como de los nacionales (-0.9 kg)[39]; (ii) a los 7 años (21.62 kg) es inferior a los valores reportados por el CDC (-1.24 kg)[36,37] y WHO (-0.78 kg)[40] en el contexto internacional; (iii) el valor de referencia a los 10 años (30.35 kg) fue inferior que el reportado para Colombia (-3.05 kg)[40] e internacionalmente por el CDC (-2.71 kg)[36,37] y la WHO (-1.55 kg)[40]; por último, (iv) el valor de referencia para los 18 años (55.76 kg) es inferior que el informado por el CDC (-0.46 kg)[36,37], pero superior que el reportado para Colombia (+1.76 kg)[39].

b) La altura: (i) a los 5 años (109.13 cm) fue similar a los valores reportados por Durán et al. para Colombia (+0.63 cm)[38] y los internacionales de CDC (-0.04 cm)[36,37] y la WHO (-

0.27 cm)[38]; (ii) a los 7 años (119.56 cm) fue inferior al reportado para Colombia (-0.74 cm)[39], así como las referencias internacionales de CDC (-2.2 cm)[36,37] y la WHO (-1.24 cm)[40]; (iii) a los 10 años (136.67 cm) fue inferior al reportado en población pediátrica (-1.36 cm)[39] e internacionalmente por el CDC (-1.54 cm)[36,37] y la WHO (-1.93 cm)[40]; por último, (iv) a los 18 años (157.64 cm) fue inferior a los reportados internacionalmente por el CDC (-5.49 cm)[36,37] y la WHO (-5.46 cm)[40].

c) El IMC: (i) a los 5 años (14.92 kg/m^2) fue similar a los valores reportados en población internacional por el CDC (-0.23 kg/m^2) ([36,37)] y de la WHO (-0.38 kg/m^2)[38]; (ii) a los 7 años, el valor de referencia (15.06 kg/m^2) fue similar al reportado en población pediátrica nacional (-0.84 kg/m^2) e internacional de la CDC (-0.39 kg/m^2)[36,37] y la WHO (-0.34 kg/m^2)[40]; (iii) a los 10 años (16.32 kg/m^2) fue similar a las referencias internacionales de la CDC (-0.48 kg/m^2)[36,37] y de la WHO (-0.28 kg/m^2)[40], aunque inferior al estudio de crecimiento de Colombia (-1.08 kg/m^2)[39]; y (iv) a los 18 años (21.88 kg/m^2) fue similar al reportado por el CDC (+0.61 kg/m^2)[36,37] y la WHO (+0.58 kg/m^2)[40].

Las curvas percentiles (percentil 50) de los valores de referencia para el peso, la altura y el IMC en el sexo femenino reportados internacionalmente[36-38,40], en Colombia[39] y en Huila-Colombia (presente estudio), se presentan en las Figuras 4.7, 4.8 y 4.9, respetivamente.

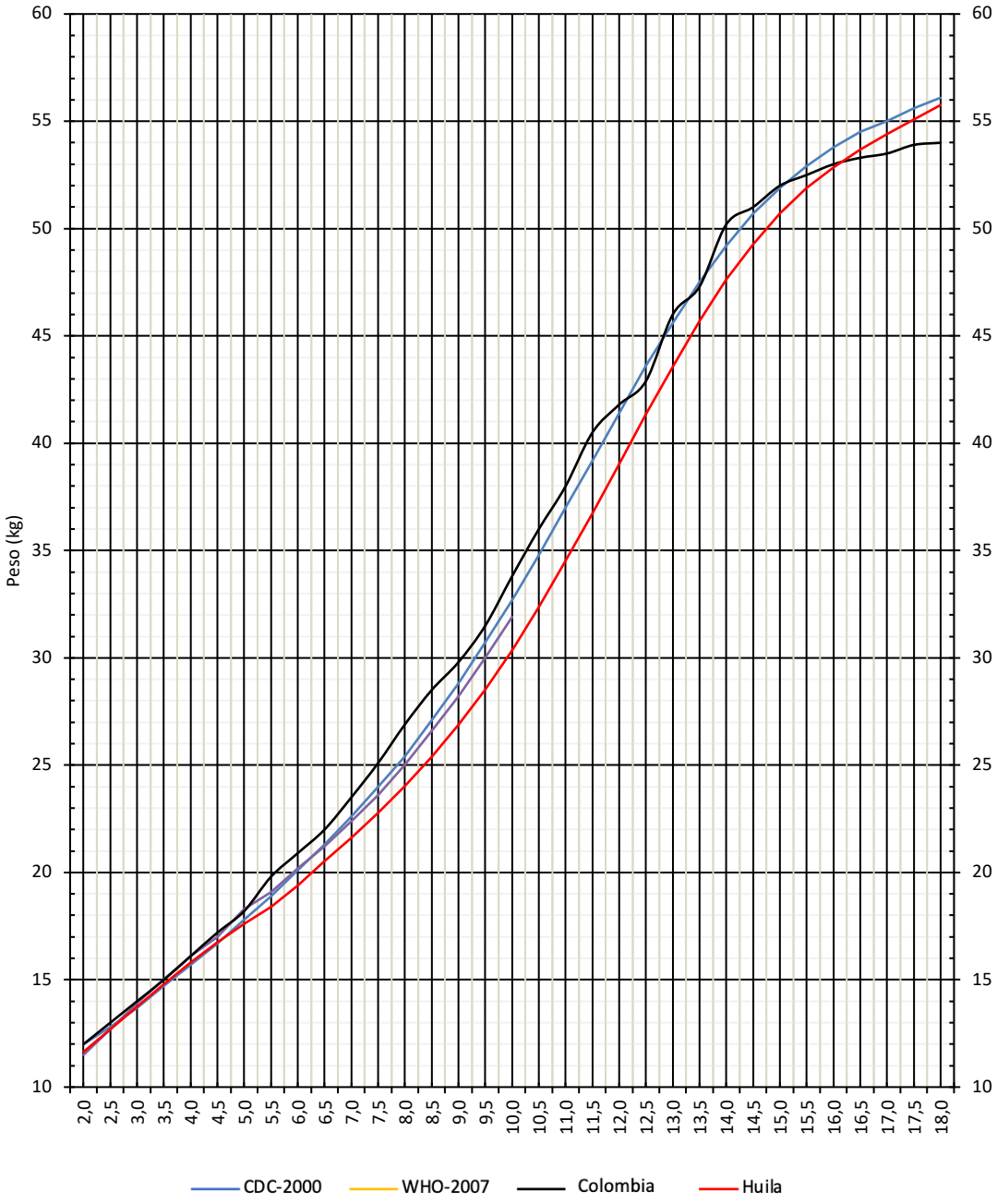


Figura 4.7. Curvas percentiles (percentil 50) del peso (kg) en el sexo femenino según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y Huila-Colombia (presente estudio).

Fuente: elaboración propia.

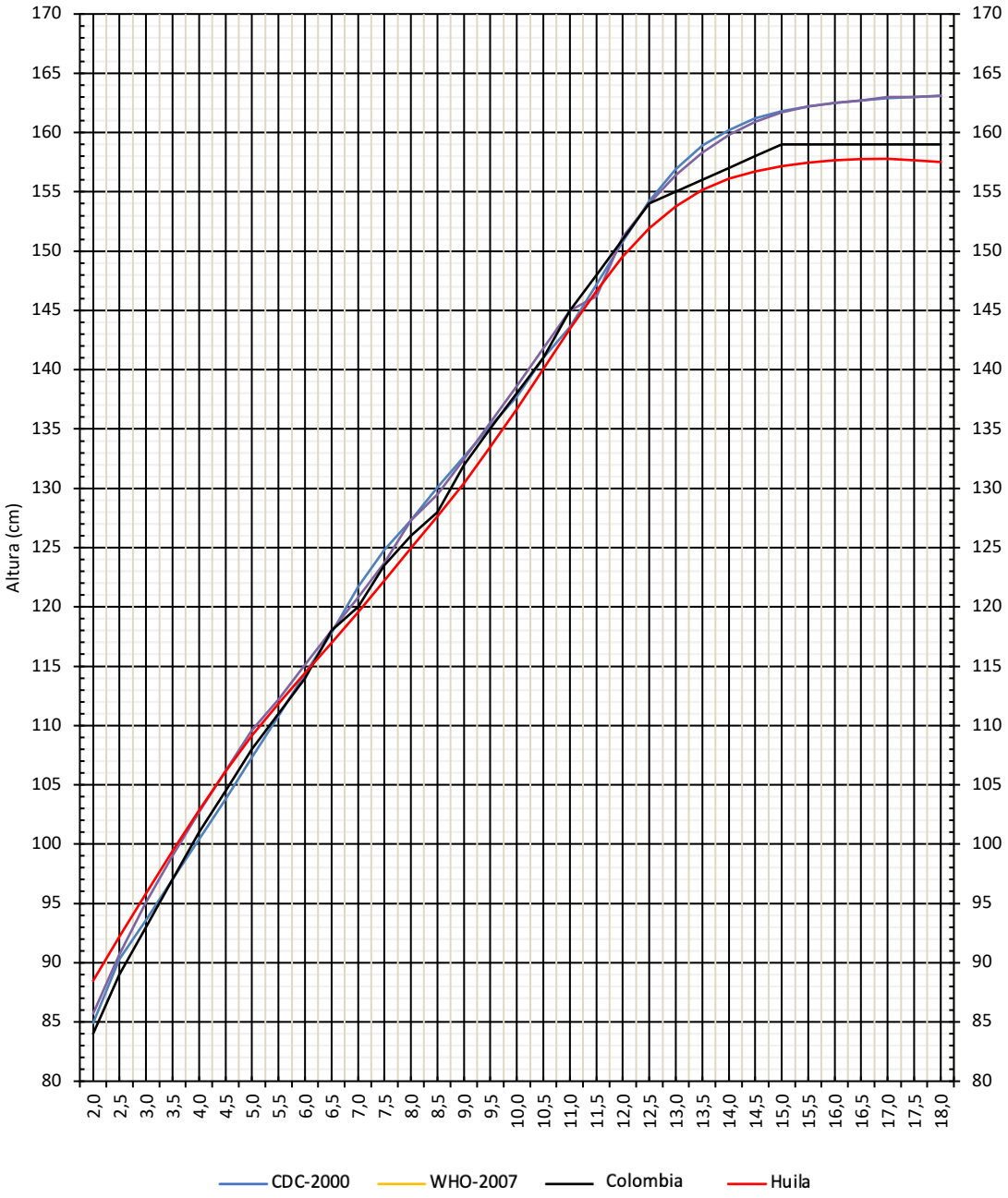


Figura 4.8. Curvas percentiles (percentil 50) de la altura (cm) en el sexo femenino según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) [36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y Huila-Colombia (presente estudio).

Fuente: elaboración propia.

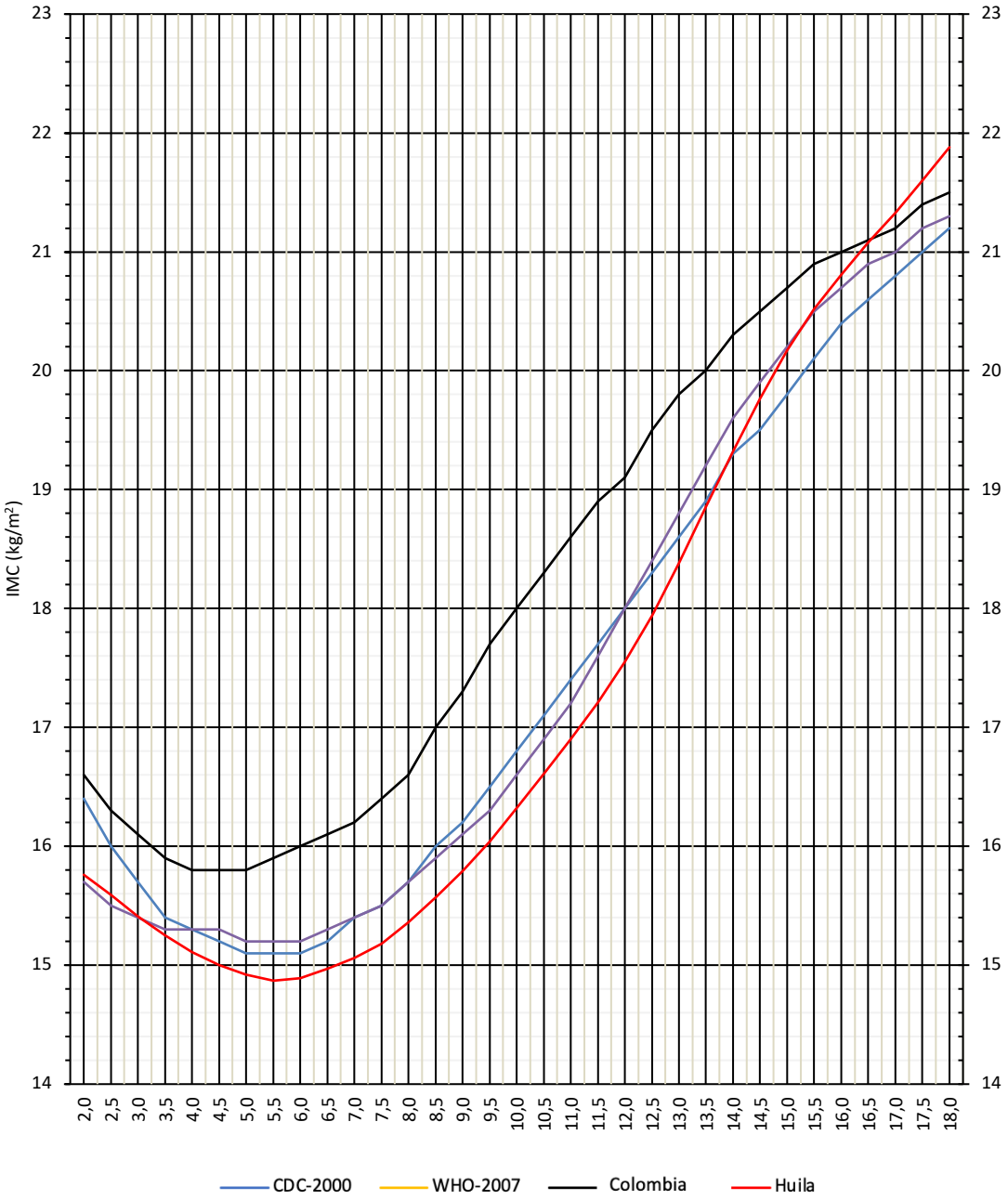


Figura 4.9. Curvas percentiles (percentil 50) del IMC (kg/m2) en el sexo femenino según los valores de referencia internacionales del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[36,37] y Organización Mundial de la Salud (WHO)[38,40], de Colombia[39] y Huila-Colombia (presente estudio).

Fuente: elaboración propia.

El estándar de crecimiento publicado por la WHO que incluye los valores de referencia internacionales para el peso, altura e IMC para población entre los 5 y 19 años[40] fue adoptado oficialmente en Colombia según la resolución 2121 de 2010[41]. En consecuencia, los valores establecidos en este estudio para la población del Huila-Colombia son discutidos en relación con los reportados internacionalmente.

En lo que respecta a la altura, en el presente estudio, los valores de referencia para ambos sexos siempre fueron menores que los reportados en Colombia[39] y la CDC[36,37] y la WHO[38,40] para todas las edades, a excepción de los 5 años en niñas.

Las medidas longitudinales del crecimiento (peso y altura) de un niño son un indicador dinámico de su estado general de salud[42]. En general, se observó que el peso y la altura de los niños, niñas y adolescentes huilenses aumenta con la edad (a excepción de la altura a los 17.5 y 18 años en las mujeres, donde se observó una pequeña disminución), patrón de crecimiento constante que puede ser un reflejo de una nutrición adecuada[4,43].

Por último, es importante señalar dos limitaciones del estudio que generan un sesgo que limita, en cierta medida, la extrapolación de los resultados a la población, esto es: (i) la investigación se llevó a cabo en una muestra de niños y adolescentes, que (como se lo manifiesta en métodos), cierto porcentaje corresponde a población indígena y de estrato socioeconómico medio y bajo (aunque el porcentaje no es tan alto), y (ii) la muestra no estuvo homogéneamente distribuida por cada uno de los grupos etarios (principalmente en los comprendidos entre los 2-5 años y los 11-18 años). Aunque que el presente estudio es la primera investigación sobre crecimiento anatómico (morfología básica) en el departamento del Huila-Colombia que hace una presentación detallada de peso, altura e IMC con datos actuales y representativos de esta población (2-18 años), estudios futuros permitirán validar o mejorar los resultados obtenidos.

4.7. Conclusiones

En este estudio se caracterizó el perfil morfológico de niños, niñas y adolescentes de Huila-Colombia, estableciendo valores de referencia para el peso, la altura y el IMC. A partir de estos datos, se proponen curvas percentiles de referencia para peso, altura e IMC, y donde destaca la variabilidad del perfil morfológico básico entre varones y mujeres.

Así, en el percentil 50 se observó que: (i) en los varones, el peso, la altura y el IMC tienen su mayor incremento entre los 13 y 14 años, 2 y 3 años, y los 13 y 14 años,

respectivamente; (ii) en mujeres, el peso, la altura y el IMC tienen su mayor incremento entre los 12 y 13 años, 2 y 3 años, y 13 y los 14 años, respectivamente; y (iii) a los 18 años, los valores de referencia para peso, altura e IMC en ambos sexos fueron inferiores a los reportados en referencias internacionales.

Por último, los valores de referencia para peso y altura en niños, niñas y adolescentes del Huila (Colombia) se encuentran por debajo de los valores de referencia internacionales establecidos por el CDC y la WHO, así como de los descritos por estudios de crecimiento desarrollados en países europeos y en Colombia (excepto en la altura a los 5 años y el peso a los 18 años del sexo femenino, donde se presentó un valor similar y superior, respectivamente).

4.8. Referencias

1. Díaz- Bonilla, E., Torres- Galvis, C.L., Gómez- Campos, R., de Arruda, M., Pacheco Carrillo, J., & Cossio-Bolaños, M. (2018). Weight, height and body mass index of children and adolescents living at moderate altitude in Colombia. Peso, estatura e índice de masa corporal de niños y ado- lescentes de moderada altitud de Colombia. *Arch Argent Pediatr*., 116(2), e241-e250. doi:10.5546/aap.2018.eng.e241
2. Heo, J., Krishna, A., Perkins, J.M., Lee, H.Y, Lee, J.K., Subramanian, S.V, & Oh, J. (2019). Community determinants of physical growth and cognitive development among Indian children in early childhood: A multivariate multilevel analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 17(1), 182. doi:10.3390/ijerph17010182
3. Dong, Y, Jan, C., Ma, Y, Dong, B., Zou, Z., Yang, Y, Xu, R., Song, Y, Ma, J., Saw- yer, S.M., & Patton, G.C. (2019). Economic development and the nutritional status of Chinese school-aged children and adolescents from 1995 to 2014: an analysis of five successive national surveys. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 7(4), 288-299. doi: 10.1016/S2213-8587(19)30075-0. Erratum in: *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2019 May;7(5):e5.
4. Grummer-Strawn, L.M., Garza, C., & Johnson, C.L. (2002). Childhood Growth Charts. *Pediatrics*, 109(1), 141–2. doi: 10.1542/peds.109.1.141
5. Huiracocha-Tutiven, L., Orellana-Paucar, A., Abril-Ulloa, V, Huiraco-cha-Tutiven, M., Palacios-Santana, G., & Blume, S. (2019). Child Development and Nutritional Status

in Ecuador. *Glob Pediatr Health*, 6, 2333794X18821946. doi: 10.1177/2333794X18821946

6. de Onis, M. (2009). Growth curves for school age children and adolescents. *Indian Pediatr*., 46(6), 463–5.
7. Aminorroaya, A., Amini, M., Naghdi, H., & Zadeh, A.H. (2003). Growth Charts of Heights and Weights of Male Children and Adolescents of Isfahan, Iran. *J Health, Popul Nutr*., 21(4), 341–6.
8. Heude, B., Scherdel, P., Werner, A., Le Guern, M., Gelbert, N., Walther, D., Arnould, M., Bellaïche, M., Chevallier, B., Cheymol, J., Jobez, E., N'Guyen, S., Pietrement, C., Reynaud, R., Salaün, J.F., Khoshnood, B., Zeitlin, J., Maccario, J., Breart, G., Thalabard, J.C., Charles, M.A., Botton, J., Frandji, B., & Chalumeau, M. (2019). A big-data approach to producing descriptive anthropometric references: a feasibility and validation study of paediatric growth charts. *Lancet Digit Health*., 1(8), e413-e423. doi: 10.1016/S2589-7500(19)30149-9
9. Cameron, N., & Schell, L. (2021). Human Growth and Development. Elsevier Science.
10. Stanforth, P.R., Crim, B.N., Stanforth, D., & Stults-Kolehmainen, M.A. (2014). Body composition changes among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multiyear time frame. *J Strength Cond Res*., 28(2), 300-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a20f06
11. Hruschka, D.J. (2021). One size does not fit all. How universal standards for normal height can hide deprivation and create false paradoxes. *Am J Hum Biol.,* 33(5), e23552. doi: 10.1002/ajhb.23552
12. Thompson, A.L. (2021). What is normal, healthy growth? Global health, human biology, and parental perspectives. *Am J Hum Biol*., 33(5), e23597. doi: 10.1002/ajhb.23597
13. World Health Organization. (1995). Physical status: The use of and interpretation of anthropometry, report of a WHO expert committee. WHO Library Cataloguing. https://iris.who.int/handle/10665/37003
14. López-Laiseca, J.D., & Massuça, L.M. (2021). Reference values for height, weight, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18. A systematic review with an emphasis on the Colombian population. *Rev Fac Med*., 69(1), e300. doi: 10.15446/revfacmed.v69n1.88774

15. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2005). Censo general 2005 Huila [Internet]. [citado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%-2Fwww.dane.gov.co%2Ffiles%2Fcenso2005%2Fprovincias%2Fhuila.ppt&wdOrigin=BROWSELINK

16. Cole, T.J., & Green, P.J. (1992). Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Stat Med*., 11(10), 1305-19. doi: 10.1002/sim.4780111005

17. Cole, T.J., & Pan, H. (2006). *A program calculating age-related reference centiles using the LMS method*. lmsChartMaker Pro version 2.3. Cambridge, UK: Medical Research Council.

18. The World Medical Association [WMA] (2013). Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 64th General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013 [Internet]. [citado el 21 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.wma.net/ policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/

19. Ministerio de Salud. (1993). Resolución 008430. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. [Gubernamental]. MinSalud. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF

20. Escobar-Cardozo, G.D., Correa-Bautista, J.E., González-Jiménez, E., Schmidt-RioValle, J., & Ramírez-Vélez, R. (2016). Percentiles de grasa corporal por bioimpedancia eléctrica en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia: estudio FUPRECOL. *Arch. argent. pediatr*., 114(2), 2-3. doi:10.5546/aap.2016.135

21. Uscátegui- Peñuela, R.M., Pérez- Giraldo, J.A., Aristizábal- Rivera, J.C., & Camacho- Pérez, J.A. (2003). Exceso de peso y su relación con presión arte- rial alta en escolares y adolescentes de Medellín, Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4), 376-382. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400007&lng=es.

22. Ortega-Bonilla, R.A., & Chito-Trujillo, D.M. (2014). Valoración del estado nutricional de la población escolar del municipio de Argelia, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 16(4), 547–59. doi: 10.15446/rsap.v16n4.40658.

23. Bustamante, A., Freitas, D., Pan, H., Katzmarzyk, P.T, & Maia, J. (2015). Centile curves and reference values for height, body mass, body mass index and waist circumference of Peruvian children and adolescents. *Int J Environ Res Public Health*, 12(3), 2905–22. doi: 10.3390/ ijerph120302905

24. El Mouzan, M., Salloum, A.A., Omer, A.A., Alqurashi, M., & Herbish, A.A. (2016). Growth reference for Saudi school-age children and adolescents: LMS parameters and percentiles. *Ann Saudi Med*., 36(4), 265-268. doi:10.5144/0256-4947.2016.265

25. Silva, D.A., Pelegrini, A., Petroski, E.L., & Gaya, A.C. (2010). Comparison between the growth of Brazilian children and adolescents and the reference growth charts: data from a Brazilian project. *J Pediatr*., 86(2), 115-120. doi: 10.1590/S0021-75572010000200006

26. Fryar, C.D., Gu, Q., & Ogden, C.L. (2012). Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. *Vital Health Stat*., (252), 1–48.

27. López-de-Lara, D., Santiago-Paniagua, P, Tapia-Ruiz, M., Rodríguez-Mesa, M.D., Gracia-Bouthelier, R., & Carrascosa-Lezcano, A. (2010). Valoración del peso, talla e IMC en niños, adolescentes y adultos jóvenes de la Comunidad Autónoma de Madrid. *Anales de Pediatría*. 73(6), 305–19. doi: 10.1016/j.anpedi.2010.03.017

28. Chaves, R., Baxter-Jones, A., Souza, M., Santos, D., & Maia, J. (2015). Height, weight, body composition, and waist circumference references for 7- to 17-year-old children from rural Portugal. *Homo: Internationale Zeitschrift fur die Vergleichende Forschung am Menschen*, 66(3), 264-277. doi: 10.1016/j.jchb.2014.03.007

29. Cacciari, E., Milani, S., Balsamo, A., Spada, E., Bona, G., Cavallo, L., Cerutti, F, Gargantini, L., Greggio, N., Tonini, G., & Cicognani, A. (2006). Italian cross-sectional growth charts for height, weight and BMI (2 to 20 yr). *J Endocrinol Invest*., 29(7), 581-93. doi: 10.1007/BF03344156

30. Tambalis, K.D., Panagiotakos, D.B., Psarra, G., Daskalakis, S., Kavouras, S.A., Geladas, N., Tokmakidis, S., & Sidossis, L. (2016). Physical fitness normative values for 6-18-year-old Greek boys and girls, using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical method. *Eur J Sport Sci*., 16(6), 736–46. doi:10.1080/17461391.2015.1088577

31. Redlefsen, T, Commentz, J., Meigen, C., & Hermanussen, M. (2007). Reference val ues for height, weight and body mass index of German born Turkish children. *Anthropol Anz*., 65(3), 236–74.

32. Kulaga, Z., Litwin, M., Tkaczyk, M., Różdżyńska, A., Barwicka, K., Grajda, A., Swiader, A., Gurzkowska, B., Napieralska, E., Pan, H. (2010). The height-, weight-, and BMI-for-age of Polish school-aged children and adolescents relative to international and local growth references. *BMC Public Health*, 10, 109. doi: 10.1186/1471-2458-10-109

33. Gharib, N.M., & Shah, P. (2009). Anthropometry and body composition of school children in Bahrain. Ann Saudi Med., 29(4), 258-69. doi: 10.4103/0256-4947.55309

34. Sung, R.Y, So, H.K., Choi, K.C., Nelson, E.A., Li, A.M., Yin, J.A., Kwok, C.W, Ng, P.C., & Fok, T.F. (2008). Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children. *BMC Public Health*, 8, 324. doi: 10.1186/1471-2458-8-324

35. Kim, K., Hong, S., & Kim, E.Y. (2016). Reference Values of Skeletal Muscle Mass for Korean Children and Adolescents Using Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLoS ONE*, 11(4), e0153383. doi: 10.1371/journal.pone.0153383

36. Kuczmarski, R.J., Ogden, C.L., Grummer-Strawn, L.M., Flegal, K.M., Guo, S.S., Wei, R., Mei, Z., Curtin, L.R., Roche, A.F, Johnson, C.L. (2000). CDC growth charts: United States. *Adv Data*. (314), 1-27.

37. National Center for Health Statistics. (2009). Growth Charts – Data Tables. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; [cited 2022 Abr 14]. Available from: https://www.cdc.gov/growthcharts/data_tables.htm

38. World Health Organization [WHO]. (2006). Child growth standards. Geneve: WHO; [cited 2022 Jun 15]. Available from: https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards

39. Durán, P, Merker, A., Briceño, G., Colón, E., Line, D., Abad, V, Del Toro, K., Chahín, S., Matallana, A.M., Lema, A., Llano, M., Céspedes, J., (2016). Hagenäs, L. Colombian reference growth curves for height, weight, body mass index and head circumference. *Acta Paediatr*, 105(3), e116-25. doi: 10.1111/apa.13269

40. World Health Organization [WHO]. (2007). Growth reference data for 5-19 years. Geneve: WHO; [cited 2022 Abr 14]. Available from: https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years

41. Ministerio de Salud y Protección Social. (2010). Resolución 2121. Se adoptan los Patrones de Crecimiento publicados por la Organización Mundial de la Salud- OMS en el 2006 y 2007 para los niños, niñas y adolescentes de 0 a 18 años de edad [Gubernamental]. Suin-Juriscol.
42. Bogin, B. (2020). *Patterns of human growth* (Vol. 88). Cambridge University Press.
43. Jacobs, M. (2018). Adolescent BMI: The Importance of Intrinsic and Extrinsic Factors. *The Open Public Health Journal*, 11(1), 147-161. doi: 0.2174/1874944501811010147

Capítulo V – Estudio III

Estudio III

Edad del estirón puberal en altura en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia

Age of pubertal height growth spurt in children and adolescents from Huila, Colombia

José David López-Laiseca[1]

Luís Miguel Massuça[1,2,3]

[1] Faculdade de Educação Física e Desporto - Universidade Lusófona - Lisboa - Portugal.

[2] CIDEFES - Universidade Lusófona - Lisboa - Portugal.

[3] Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna - Lisboa - Portugal.

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023). Edad del estirón puberal en altura en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia [Age of pubertal height growth spurt in children and adolescents from Huila, Colombia]. *Rev. Fac. Med.*, *71*(4), e102130. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n4.102130

5.1. Resumen

Introducción: se ha reportado que la altura de los niños y adolescentes (2-18 años) del Huila-Colombia está por debajo de las referencias internacionales descritas por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y la Organización Mundial de la Salud (WHO). Sin embargo, la información relativa a los parámetros biológicos del estirón puberal en la altura sigue siendo limitada en esta población.

Objetivos: (i) identificar la edad de velocidad mínima de crecimiento pre- estirón en altura (AMHV), la edad de velocidad máxima de crecimiento en altura (APHV) y la edad de retorno a la velocidad mínima de crecimiento pre-estirón en altura (AMHVR) en población del Huila, Colombia; y (ii) construir curvas de velocidad de crecimiento en altura.

Materiales y métodos: estudio analítico transversal realizado con datos de 130599 niños, niñas y adolescentes (varones, n = 65467, mujeres, n = 65132) registrados entre 2009 a 2016 en el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de los Programas Sociales. La velocidad de crecimiento en altura se calculó utilizando el método LMS y las curvas de velocidad de crecimiento en altura para cada sexo se crearon en el programa LMS Chart Maker. La AMHV, APHV y AMHVR se compararon con los datos de referencia del CDC y la WHO.

Resultados: (i) la AMHV ocurre a los 10 y 8.5 años en niños y niñas, respectivamente; (ii) la APHV, a los 12.9 y 10.5 años; (iii) la AMHVR, a los 15.1 y 12.6 años, y (iv) la velocidad máxima de crecimiento en altura (PHV) fue de 7.1 y 6.6 cm/año, respectivamente.

Conclusión: (i) la AMHV, la AMHVR y la APHV ocurrieron primero en niñas que en los niños; (ii) hubo una marcada diferencia en los patrones de crecimiento de altura entre sexos, y (iii) la APHV fue relativamente temprana (en ambos sexos) en comparación con los valores de referencia reportados por la CDC y la WHO.

Palabras clave: altura corporal; crecimiento y desarrollo; desarrollo del adolescente; gráficos de crecimiento.

5.2. Abstract

Introduction: It has been reported that the height of children and adolescents (2-18 years) from Huila-Colombia is below the international reference values described by the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and the World Health Organization (WHO). However, information regarding the biological parameters of height growth spurt during puberty in this population is still limited.

Objectives: (i) to identify the age at minimal pre-spurt height velocity (AMHV), the age at peak height velocity (APHV), and the age at minimal pre-spurt height velocity return (AMHVR) in the population of Huila, Colombia; and (ii) to construct growth velocity curves for height.

Materials and methods: a cross-sectional analytical study was conducted with data from 130599 children and adolescents (males, n = 65467, females, n = 65132) registered between 2009 and 2016 in the Identification System of Potential Beneficiaries of Social Programs. Height growth velocity was calculated using the LMS method and height growth velocity curves for each sex were created in the LMS Chart Maker program. AMHV, APHV and AMHVR were compared with reference data reported by the CDC and the WHO.

Results: (i) AMHV occurs at 10 and 8.5 years in boys and girls, respectively; (ii) APHV, at 12.9 and 10.5 years; (iii) AMHVR, at 15.1 and 12.6 years, and (iv) peak height velocity (PHV) were 7.1 and 6.6 cm/year, respectively.

Conclusion: (i) AMHV, AMHVR and APHV took place first in girls than in boys; (ii) there was a marked difference in height growth patterns between sexes, and (iii) APHV was relatively early (in both sexes) compared to the reference values reported by CDC and WHO.

Keywords: Body Height; Growth and Development; Adolescent Development; Growth charts

5.3. Introducción

La pubertad es una época de cambios biológicos y psicológicos sustanciales[1], y los patrones de crecimiento en altura en la pubertad han sido un enfoque clave en el ámbito de la salud de los adolescentes[2]. Se ha reportado que ha habido cambios seculares en la altura de poblaciones de distintos países desde la década de 1960[3,4]. Sin embargo, este fenómeno ha disminuido o incluso se ha detenido en muchos países, por lo que los estudios actuales sobre el crecimiento y desarrollo de los niños y adolescentes pueden servir como herramientas importantes en la evaluación clínica de esta población[5,6].

Una de las características distintivas de la pubertad es la ocurrencia de un período de crecimiento acelerado; al respecto, se ha señalado que la edad a la velocidad máxima de crecimiento en altura (APHV) ofrece una medida objetiva para determinar el momento en que ocurre la pubertad[1]. Por tanto, cabe destacar que los incrementos anuales en los que hay un aumento marcado en los valores de la velocidad de crecimiento en altura son aspectos claves en el estudio del estado de maduración y del momento de la pubertad[7]. De hecho, las descripciones del crecimiento que incorporan la edad de velocidad mínima de crecimiento de altura pre- estirón (AMHV) y la APHV se han utilizado cada vez más en el estudio del intervalo del crecimiento acelerado (aproximadamente 12 a 15 años)[8-11], y son particularmente valiosas para los médicos como referencias del crecimiento esperado[12].

Así, se destaca que, si bien las referencias internacionales como las del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)[13] y la Organización Mundial de la Salud (WHO)[14,15]: (i) son críticas para la comparación de crecimiento entre regiones o países, las referencias para una población específica describen con mayor precisión el desarrollo físico de los niños y adolescentes en un contexto local determinado; y (ii) pueden no ser apropiadas para la evaluación clínica del crecimiento en poblaciones de países específicos[16-21], lo que evidencia la necesidad de estudios locales sobre los patrones de crecimiento.

Investigaciones anteriores de López-Laiseca y Massuça[22,23], (i) realizaron una revisión sistemática de la literatura (18 artículos) que tuvo como objetivo identificar y sintetizar los estudios de investigación originales sobre dimensiones corporales básicas en niños y adolescentes de 2 a 18 años, con énfasis en la población colombiana[22]; y (ii) desarrollaron referencias de crecimiento percentil para la altura, el peso y el índice de masa corporal de niños y adolescentes entre 2 a 18 años de Huila (n = 130599), Colombia, demostrando que la

altura de esta población está por debajo de las referencias internacionales presentadas por el CDC y la WHO[23].

En base a lo anteriormente citado, es indispensable una tabla de crecimiento estándar para evaluar el crecimiento de un individuo[24]. Sin embargo, los patrones de crecimiento que subyacen a estas observaciones siguen siendo limitados ya que no se han descrito por completo, por lo que su importancia clínica sigue sin estar clara. Así, parece oportuno responder a las necesidades de los investigadores y médicos locales de Colombia, presentando una descripción detallada de los parámetros biológicos del estirón puberal en la altura (AMHV, APHV, y edad en el retorno a la velocidad mínima de altura pre-estirón - AMHVR), facilitando (y ampliando) la comparación directa del crecimiento en altura de los niños y adolescentes de Huila, Colombia con las referencias de los CDC[13] y la WHO[14,15].

Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos del presente estudio son: (i) identificar las AMHV, APHV, y AMHVR del crecimiento puberal, y (ii) construir curvas de velocidad de crecimiento en altura en población del Huila, Colombia.

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Tipo de estudio

Estudio analítico transversal.

5.4.2. Datos analizados

Para calcular la velocidad del crecimiento en altura y graficar sus curvas, se utilizaron los datos de 130599 niños entre 2 a 18 años (niños, n = 65467; niñas, n = 65132), usuarios de las instituciones de salud públicas de los 37 municipios del departamento del Huila, Colombia. La muestra corresponde a niños y adolescentes, tanto del sector rural, como urbano, de niveles socioeconómicos bajos y medio registrados en el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de los Programas Sociales entre 2009 y 2016. Los datos fueron suministrados por la Secretaría de Salud departamental de la Gobernación del Huila, bajo Registro de la carta de autorización para utilizar los datos con número radicado: 2017sal00002074-1 del 02-022 del

2017. La distribución de los participantes por grupos de edad y sexo se presentan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Distribución de la muestra (n) según edad y sexo.

Edad (años)	Sexo		Total
	Masculino	Femenino	
2.0	94	80	174
2.5	58	56	114
3.0	53	74	127
3.5	64	66	130
4.0	58	66	124
4.5	59	57	116
5.0	4 656	4 527	9 183
5.5	9 740	9 394	19 134
6.0	9 635	9 137	18 772
6.5	8 961	8 421	17 382
7.0	8 234	7 777	16 011
7.5	4 096	4 154	8 250
8.0	4 752	4 755	9 507
8.5	3 502	3 373	6 875
9.0	3 978	3 823	7 801
9.5	2 582	2 624	5 206
10.0	1 538	1 432	2 970
10.5	529	544	1 073
11.0	356	407	763
11.5	222	306	528
12.0	186	284	470
12.5	160	259	419
13.0	191	239	430
13.5	116	239	355
14.0	241	412	653
14.5	330	481	811
15.0	191	340	531
15.5	132	312	444
16.0	157	282	439
16.5	129	266	395
17.0	180	350	530
17.5	199	375	574
18.0	88	220	308
Total	65 467	65 132	130 599

5.4.3. Contextualización de la ubicación geográfica de la población

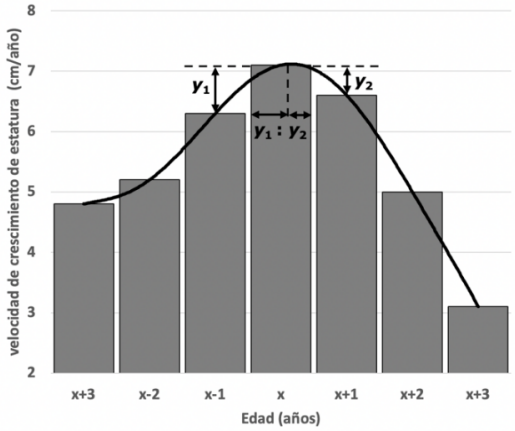
El departamento de Huila se encuentra en el sur de Colombia, está compuesto por 37 municipios agrupados en cuatro regiones (centro, norte, oeste y sur) (Figura 5.1). El Huila se caracteriza por tener diversos climas, donde la temperatura varía según altitud. De acuerdo con el censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en

2005[25], su población era de 1011418 habitantes, de los cuales 697093 vivían en las cabeceras municipales y 476785, en el resto del territorio. Étnicamente, la población se divide en mestizos (97.8%), afrodescendientes (1.2%) e indígenas (1.0%).

Figura 5.1. Caracterización geográfica del departamento de Huila, en el sur de Colombia, compuesto por 37 municipios agrupados en cuatro regiones (centro, norte, oeste y sur).

5.4.4. Edad del pico de velocidad de crecimiento en altura

Apoyado por un estudio previo de López-Laiseca y Massuça[23], la velocidad de crecimiento en altura (HV) se definió como la diferencia entre la altura en dos puntos de edad, con un año de diferencia, y el pico de velocidad de crecimiento en altura (PHV) se definió como el valor máximo de HV. La edad a la velocidad máxima de crecimiento de altura (APHV) se estimó calculando la diferencia entre el PHV y la HV en el año anterior / siguiente a la edad del PHV. La APHV se calculó mediante la fórmula $x–[y_2/(y_1+y_2)]$, donde x, y_1 e y_2 se definen como la edad en el PHV, el valor absoluto de la diferencia entre el PHV y la HV un año antes de la edad en el PHV, y el valor absoluto de la diferencia entre el PHV y la HV al año siguiente de la edad en el PHV, respectivamente[24] (Figura 5.2).



La línea continua representa la curva supuesta de velocidad de crecimiento en altura.

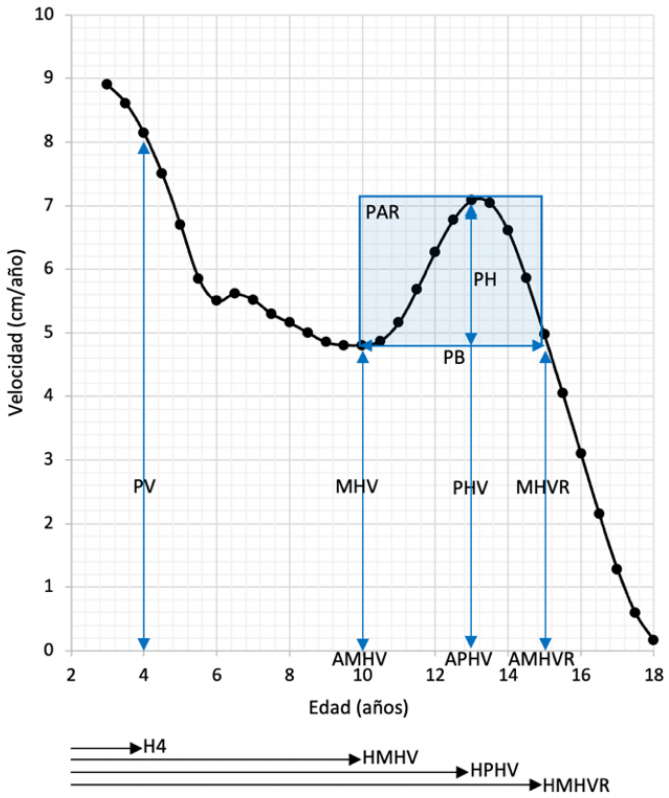
Figura 5.2. Método de estimación de la edad en la velocidad máxima de crecimiento en altura (APHV).

Fuente: Elaboración propia

5.4.5. Estirón de crecimiento en altura

Después de estimar la APHV, se calcularon y/o determinaron los siguientes parámetros (véase Largo et al.[26]): (i) edad de velocidad mínima de crecimiento de altura pre- estirón (AMHV), definida como la edad en la que comienza el estirón; (ii) edad de retorno de la velocidad de crecimiento de altura a la velocidad mínima de crecimiento de altura pre-estirón (AMHVR), la cual es definida como la edad en que ocurre el final del crecimiento acelerado y representa una medida de su duración; (iii) altura a los 4 años (H4); (iv) altura en la velocidad de crecimiento de altura mínima pre-estirón (HMHV); (v) altura en el pico de crecimiento de altura (HPHV); (vi) altura en el retorno a la velocidad de crecimiento de altura mínima pre-estirón (altura al final del estirón de crecimiento) (HMHVR); (vii) altura a los 18 años (H18); (viii) velocidad de crecimiento de altura prepuberal a los 4-6 años (PV), definido como el promedio del incremento anual entre los 4 y los 6 años; (ix) velocidad de crecimiento de altura mínima pre-estirón (MHV), la cual corresponde al inicio del crecimiento acelerado; (x) velocidad máxima de crecimiento en altura (PHV); (xi) la velocidad de crecimiento de altura durante el estirón de crecimiento (PH = PHV – MHV) (aumento en cm/año); (xii) base del pico de crecimiento en altura (PB = AMHVR – AMHV) y es una medida de la duración del estirón, y (xiii) área del pico de crecimiento (PAR = PH x PB) y es una medida de la intensidad del estirón[26]. Además, se determinó en qué edad se presentó el último incremento

de crecimiento de altura. La Figura 5.3 presenta los parámetros considerados en el análisis del estirón de crecimiento en altura.



Leyenda: AMHV, edad a la velocidad mínima de crecimiento de altura pre-estirón (años); AMHVR, edad en el retorno de la velocidad de crecimiento de altura a la velocidad mínima de crecimiento de altura pre-estirón (años); APHV, edad a la velocidad máxima de crecimiento de altura (años); H4, altura a los 4 años (cm); HMHV, altura a la velocidad de crecimiento de altura mínima pre-estirón (cm); HMHVR, altura al final del estirón de crecimiento (cm); HPHV, altura a la velocidad máxima de crecimiento en altura (cm); MHV, velocidad de crecimiento de altura mínima pre- estirón (cm/año); MHVR, retorno a la velocidad de crecimiento en altura pre-estirón (cm/año); PAR, área del estirón (PH x PB) (cm^2); PB, base del estirón (AMHVR - AMHV) (años); PH, aumento en la velocidad de crecimiento de altura durante el estirón (PHV - MHV) (cm/año); PHV, velocidad máxima de crecimiento en altura (cm/año); PV, velocidad de crecimiento de altura prepuberal a los 4-6 años (cm/año).

Figura 5.3. Parámetros considerados en el análisis del estirón de crecimiento en altura.

Fuente: Elaboración propia.

5.4.6. Análisis estadístico

La velocidad del crecimiento en altura de los niños y adolescentes (2 a 18 años) del departamento de Huila, Colombia, se calculó con el método de mínimos cuadrados medios (LMS), usando transformaciones de Box- Cox para ajustar los datos a una distribución normal[27]. Los valores L, M, S se suavizaron para cada rango de edad y sexo[28]. Los rangos de referencia de HV específicos para cada sexo se construyeron utilizando el método LMS y el programa LMS Chart Maker Pro versión 2.54 (Medical Research Council, London, UK)[29] mediante tres curvas que representan la asimetría (curva L), la mediana (curva M) y el coeficiente de variación (curva S). Las curvas de distancia para la altura y de velocidad de crecimiento en altura fueron construidas con base en los trabajos previos de Laiseca y Massuça[23], y Yoshii y Tanaka[24]. En el análisis de las curvas de velocidad de crecimiento de altura se consideraron los siguientes parámetros: AMHV, APHV, AMHVR, H4, HMHV, HPHV, HMHVR, H18, PV, MHV, PHV, PH, PB, y PAR (Figura 3 y Tabla 2)[26]. Además, se compararon los parámetros AMHV, APHV y AMHVR, con los datos de referencia del CDC[13] y la WHO[14,15], y se determinó en qué edad se presentó el último incremento de crecimiento de altura.

5.4.7. Consideraciones éticas

Este estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos para la realización de estudios biomédicos en seres humanos establecidos por la Declaración de Helsinki[30] y las normas científicas, técnicas y administrativas en investigación en salud de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud[31]. Además, el estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Fundación del Caribe para la Investigación Biomédica BIOS, mediante Acta número 0127 del 31 de julio de 2015.

5.5. Resultados

De los 130599 niños, niñas y adolescentes, el 50.13% fueron varones y se observó que: (i) en los niños, la velocidad de crecimiento de altura inició a los 10 años (AMHV) y finalizó a

los 15.1 años (AMHVR), la velocidad máxima de crecimiento de altura ocurrió a los 12.9 años (APHV; PHV = 7.1 cm/año) y el último incremento de altura ocurrió a los 17.5 años; y (ii) en las niñas, la edad de inicio del estirón fue a los 8.5 años (AMHV) y finalizó a los 12.6 años (AMHVR), la velocidad máxima de crecimiento de altura ocurrió a los 10.5 años (APHV; PHV = 6.6 cm/año) y el último incremento de altura, a los 16.9 años.

Los patrones de crecimiento en altura entre niños y niñas revelan que: (i) la AMHV de las niñas ocurrió 1.5 años más temprano que en los niños; (ii) la APHV de las niñas ocurrió 2.4 años antes que en los niños (PHV = 6.6 cm/año); (iii) la AMHVR de las chicas fue 2.5 años anterior a la de los chicos (15.1 años); (iv) la PB fue 0.9 años más larga en los niños que en las niñas (2.9 años, 2.0 años, respectivamente); y (v) la velocidad de crecimiento de altura durante el estirón de crecimiento (PH) fue mayor en los niños (+1.1 cm/año. Niños, 2.3 cm/año; niñas, 1.2 cm/año).

Los parámetros del estirón de crecimiento de altura se resumen en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Parámetros del estirón de crecimiento de altura de los niños, niñas y adolescentes de Huilla, Colombia.

Parámetros	Definición	Niños	Niñas
Edad (años)			
AMHV	… de velocidad mínima de crecimiento de altura pre-estirón.	10.0	8.5
APHV	… de velocidad máxima de crecimiento de altura.	12.9	10.5
AMHVR	… de retorno a la velocidad mínima de crecimiento de altura pre-estirón.	15.1	12.6
Altura (cm)			
H4	… a los 4 años.	101.4	102.9
HMHV	… en la velocidad mínima de crecimiento de altura pre-estirón.	134.0	127.7
HPHV	… en el pico de crecimiento de altura.	151.0	140.1
HMHVR	… en el retorno a la velocidad mínima de crecimiento.	164.6	151.9
H18	… a los 18 años.	168.6	157.5
Velocidad (cm/año)			
PV	… de crecimiento de altura prepuberal a los 4-6 años.	6.1	5.8
MHV	… de crecimiento de altura mínima pre-estirón.	4.8	5.4
PHV	... máxima de crecimiento de altura.	7.1	6.6
PH	… de crecimiento de altura durante el estirón (aumento).	2.3	1.2
PB (años)	Base del pico de crecimiento (AMHVR-AMHV)	5.1	4.1
PAR (cm^2)	Área del pico de crecimiento (PH x PB)	11.7	4.9

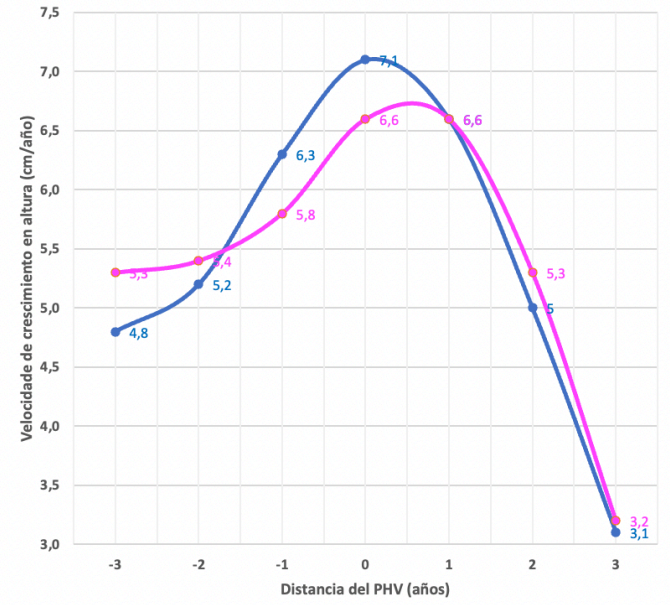
Fuente: elaboración propia.

Además, se presentan los valores de referencia para la altura (Tabla 5.3) y las curvas de velocidad de crecimiento de altura alineadas por distancia del APHV (Figura 5.4).

Tabla 5.3. Valores de referencia (simetría, L; mediana, M; coeficiente de variación, S) para la altura (cm) de los niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia, según la distancia del APHV.

Distancia del APHV	Niños				Niñas			
(años)	n	L	M (P50)	S	n	L	M (P50)	S
-5	4 752	3.0	124.3	0.1	9 394	2.4	111.9	0.1
-4	3 978	3.0	129.2	0.1	8 421	2.7	117.0	0.1
-3	1 538	2.9	134.0	0.1	4 154	2.8	122.2	0.1
-2	356	3.0	139.1	0.1	3 373	3.0	127.7	0.1
-1	186	3.0	145.4	0.1	2 624	3.1	133.5	0.1
0	191	3.0	152.5	0.1	544	3.2	140.1	0.1
1	241	3.1	159.1	0.1	306	3.2	146.7	0.1
2	191	3.1	164.0	0.1	259	3.2	151.9	0.1
3	157	3.2	167.1	0.1	239	3.2	155.2	0.1
4	180	3.2	168.4	0.0	481	3.2	156.7	0.0
5	88	3.3	168.6	0.0	312	3.2	157.5	0.0

Fuente: Elaboración propia.

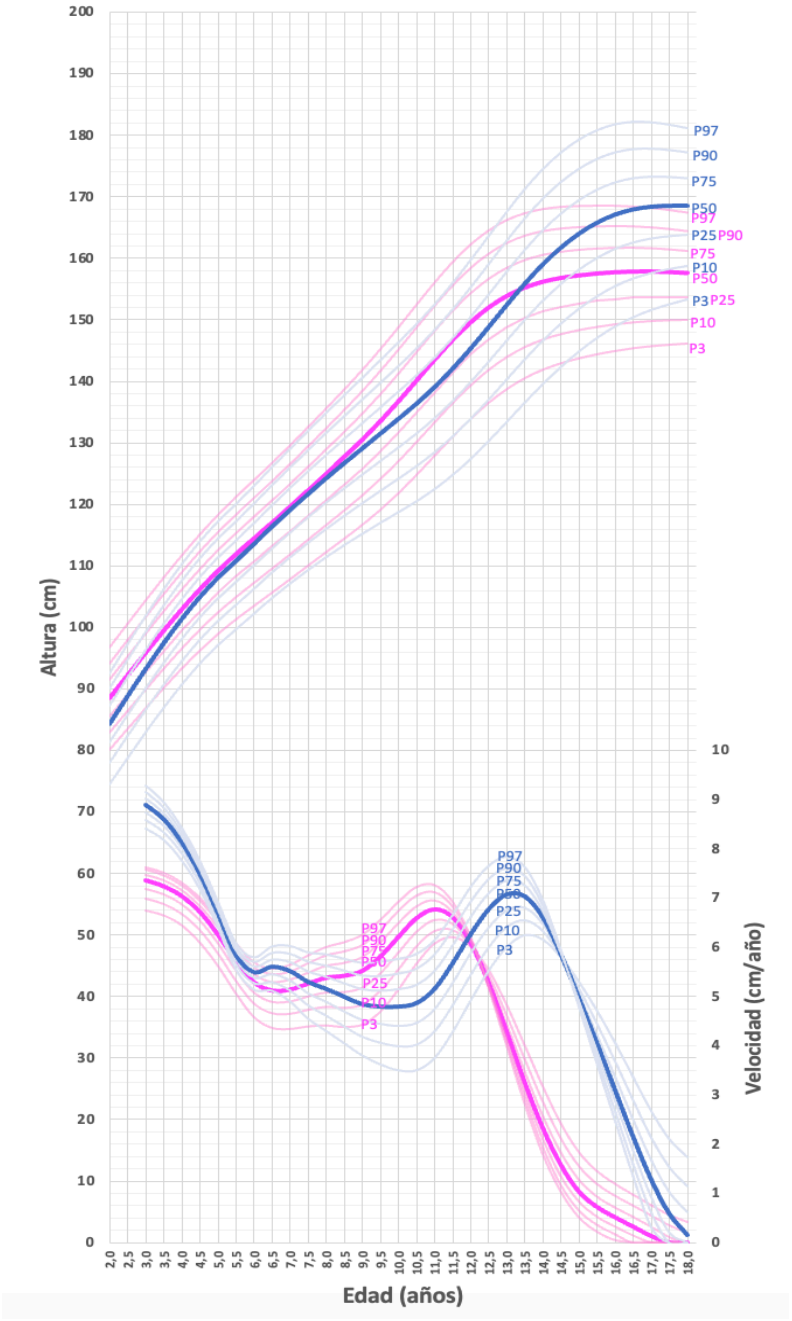


Leyenda: azul, masculino (♂); rojo, femenino (♀).

Figura 5.4. Curvas de velocidad de crecimiento de altura alineadas por distancia de APHV, en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

La curva de crecimiento de altura mostró que la altura de las niñas aumentó rápidamente antes que la de los niños (Figura 5.5). Se observa que las niñas entraron antes en el estirón y tienen una tasa de crecimiento en altura más alta que la de los niños en el mismo período, superando a los niños a los 8.5 años, formando el primer cruce de altura. A medida que los niños comenzaron a entrar en el estirón de crecimiento de altura, la tasa de crecimiento de altura se aceleró (al igual que la duración y la HV), de modo que la altura de los niños superó a la de las niñas a la edad de 13.5 años (APHV), formando el segundo cruce de altura. Después de eso, la brecha de altura entre niños y niñas siguió ampliándose y, a los 18 años, la altura de los niños fue mayor que la de las niñas (168.6 cm *vs.* 157.5 cm, respectivamente). Las curvas de distancia para la altura y de velocidad de crecimiento en altura para niños, niñas y adolescentes del Huila, Colombia, se presentan en la Figura 5.5.



Leyenda: azul, masculino (♂); rojo, femenino (♀).

Las curvas de distancia de APHV (eje-y izquierdo) indican la altura alcanzada a una determinada edad, y las curvas de velocidad (eje-y derecho) indican la tasa de crecimiento a una determinada edad.

Figura 5.5. Curvas de distancia para la altura y de velocidad de crecimiento en altura para niños, niñas y adolescentes del Huila, Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

5.6. Discusión

En este estudio se observó que en los niños de Huila: (i) la velocidad de crecimiento inicia a los 10 años (AMHV) y finaliza a los 15.1 años (AMHVR); (ii) la APHV fue a los 12.9 años (PHV = 7.1 cm/año); y (iii) el último incremento de altura ocurre a los 17.5 años, mientras que en las niñas se evidenció que: (i) la HV inicia a los 8.5 años (AMHV) y finaliza a los 12.6 años (AMHVR); (ii) la APHV ocurre a los 10.5 años (PHV = 6.6 cm/año); y (iii) el último incremento de altura ocurre a los 16.9 años. Así, se destaca que: (i) la AMHV, APHV y la AMHVR de las niñas ocurren 1.5, 2.4 y 2.5 años antes que en los niños, respectivamente; y (ii) el PHV de los niños fue más largo (PB, +0.9 años) y más intenso (PAR, +1.1 cm/ año) que en las niñas.

En este sentido, se observaron marcadas diferencias en el crecimiento de altura entre sexos, ya que la AMHV y APHV de las niñas ocurren antes que en los niños. Al respecto, se ha reportado que las niñas inician su período de adolescencia en promedio 2 años antes que los niños y que, por lo tanto, alcanzan el pico de crecimiento antes que los niños[32].

De hecho, en la curva de crecimiento en altura presentada en la Figura 5.5, se observó que: (i) el PHV ocurrió antes en las niñas (porque las niñas entraron antes en el estirón y la tasa de crecimiento en altura fue más alta que la de los niños en el mismo período); (ii) las niñas comenzaron a tener mayores aumentos en el crecimiento (altura) y superaron a los niños a los 8.5 años (formando el primer cruce de altura); (iii) a medida que los niños comenzaron a entrar en el pico de crecimiento en altura, la tasa de crecimiento de la altura se aceleró, y la duración (PB) y el PHV fueron más altos que los de las niñas, de modo que, a los 13.5 años, la altura de los niños pasó a ser más alta que la de las niñas (formando el segundo cruce de altura); y (iv) después de eso, la brecha de altura entre niños y niñas siguió ampliándose hasta los 18 años (los niños son más altos +10.8 cm que las niñas).

Los hallazgos de APVH (12.9 y 10.5 años en niños y niñas, respectivamente) coinciden con lo reportado por Marín *et al.*[33] en un estudio realizado hace 20 años en 313 niños y niñas de 7, 12, 14 y 17 años del Valle de Aburrá (156 hombres, 153 mujeres), en el que se encontró que el mayor incremento de altura ocurrió entre los 8 y 12 años en las niñas y entre los 8 y 14 años en los niños[33]. Además, en el presente estudio la APHV ocurrió 2-2.9 años después de la AMHV (niñas, 2 años; niños, 2.9 años), lo cual coincide con lo reportado por el CDC[13] (2.9 años en niños y 2.3 años en niñas) y la WHO[14,15] (3.4 años en niños y 3 años en niñas) (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Parámetros de velocidad de crecimiento en altura para el Huila-Colombia (este estudio), Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) y Organización Mundial de la Salud (WHO).

	Niños			Niñas		
	Huila	CDC	WHO	Huila	CDC	WHO
AMHV (años)	10.0	10.4	9.7	8.5	9.3	8.0
APHV (años)	12.9	13.3	13.1	10.5	11.6	11.0
AMHVR (años)	15.1	15.0	14.8	12.6	12.9	12.2

Fuente: Elaboración propia con base en Kuczmarski *et al.*[13], de Onis *et al.*[14] y WHO[15].

En relación con otros estudios internacionales, la APHV de los niños de Huila (12.9 años) se encuentra: (i) por debajo entre los 0.8 y 1.4 años con respecto de la población de EE.UU. (13.8 y 13.70 años)[34,35], Canadá (13.9 años) [36], India (14.3 años)[37], Suiza (13.9 años)[38], Inglaterra (14.1 y 13.9 años)[39,40] y Brasil (13.9 años)[41]; (ii) por debajo entre los 0.1 y 0.5 años que en la población de Canadá (13.4 años)[42, 43], Brasil (13.4 años)[36], Portugal (13.4 años)[44], y Japón (13.0 años)[45], y Portugal (13.0 años)[43]; y (iii) por encima a los 0.4 y 0.7 años que en esta población en Brasil (12.5 años)[46]; y Japón (12.2 años)[47].

En el caso de la APVH de las niñas de Huila (10.5 años), se encuentra: (i) por debajo entre 1.5 a 2.0 años de la población de EE.UU.(12.5 años)[34], India (12.4 años)[37], Suiza (12.2 años)[48] e Inglaterra (11.9 años)[39]; (ii) por debajo entre 0.7 a 1.4 de la población de Inglaterra (12 años)[40], Canadá (11.8 y 11.7 años) [42,43], EE.UU. (11.6 años)[35], Japón (11.2 años)[45], Brasil (11.6 años)[41], y Polonia (11.9 años)[9]; (iii) por encima 0.2 años con población de Japón (10.3 años)[47] y similar con datos reportados en Brasil (10.5 años)[46].

Además, el PHV fue de 7.1 cm/año en los niños y 6.6 cm/año en las niñas. Con respecto a estudios internacionales, este valor coincide en los niños, en los que se reporta un PHV entre 7.3 a 10.4 cm/año (i.e., 7.3 cm/año[45,41], 8.2 cm/año[36], 8.5 cm/año[36] 9 cm/año[36], 9.8 cm/año[39], 9.9 cm/año[36], y 10.4 cm/año[42]); pero es inferior en las niñas, pues se reportan valores entre 7.1 a 9.0 cm/año (i.e., 7.1 cm/año[48], 8.1 cm/año[39,40]; 8.6 cm/año[42], y 9 cm/año[47]).

Teniendo en cuenta lo anterior, la población del Huila, Colombia, presenta valores de APHV y de PHV menores (maduración más temprana) en comparación con la mayoría de los estudios internacionales mencionados. Las razones que pueden justificar (directa o indirectamente) la variabilidad en el crecimiento de altura y maduración puberal incluyen: (i) el género, la genética, la nutrición, la regulación endocrina, la actividad física y el origen

étnico[49]; (ii) la urbanización, las redes de salud, y la atención primaria de salud[50,51]; y/o (iii) la tendencia secular[52]. Así, el estudio de las variables señaladas y la revisión periódica de las tablas de crecimiento son aportes relevantes para mejorar la comprensión de la variación en el desarrollo infantil[49].

Las principales fortalezas del estudio fueron: (i) el gran tamaño de la muestra; (ii) la utilización del método LMS, que permite crear las curvas de crecimiento normalizados y trata generalmente con la asimetría, que podría estar presente en la distribución de variable altura (una vez que la variación en HV no es constante con el cambio en la edad y el estado puberal); y (iii) ser el primer y más grande estudio que muestra los patrones de crecimiento en altura en la pubertad para niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia.

Por último, y ante la evidencia de que el conocimiento de los parámetros biológicos del crecimiento puberal en altura permite comprender la variación en el desarrollo infantil (con un impacto en la salud, la educación, la práctica de deporte en esta población, entre otras áreas), creemos que es pertinente realizar un estudio longitudinal a gran escala para confirmar estos hallazgos.

5.7. Conclusión

En el presente estudio, realizado con un gran conjunto de datos de niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia, se evidenció que: (i) la AMHV, la AMHVR y la APHV ocurrieron primero en niñas que en los niños: (ii) hay una marcada diferencia en los patrones de crecimiento de altura entre sexos y, (iii) la APHV fue relativamente temprana (en ambos los sexos) en relación con los valores de referencia reportados por la CDC y WHO. Estos valores de referencia pueden ser útiles para evaluar los patrones de crecimiento en altura en la pubertad en esta población.

5.8. Referencias

1. Frysz, M., Howe, L.D., Tobias, J.H., & Paternoster, L. (2018). Using SITAR (SuperImposition by Translation and Rotation) to estimate age at peak height velocity

in Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Wellcome Open Res*., 3, 90. doi: 10.12688/ wellcomeopenres.14708.2.

2. Chen, L., Su, B., Zhang, Y., Ma, T., Liu, J., Yang, Z., Li, Y., Gao, D., Chen, M., Ma, Y., Wang, X., Wen, B., Jiang, J., Dong, Y., Song, Y., & Ma, J. (2022). Association between height growth patterns in puberty and stature in late adolescence: A longitudinal analysis in chinese children and adolescents from 2006 to 2016. *Front. Endocrinol.*, 13, 882840. doi: 10.3389/fendo.2022.882840
3. Cameron, N, & Bogin, B. (2012). *Human Growth and Development*, 2nd ed.; Elsevier: London, UK.
4. Bodzsàr, E.B., & Susanne, C. (1998). Secular growth changes in Europe: Do we observe similar trends? Considerations for future research. In *Secular Growth Changes in Europe, Bodzsàr, E.B., Susanne, C., Eds.*; Eötvös University Press: Budapest, Hungary; pp. 369–381.
5. Sovio, U., Bennett, A.J., Millwood, I.Y., Molitor, J., O'Reilly, P. F., Timpson, N. J., Kaakinen, M., Laitinen, J., Haukka, J., Pillas, D., Tzoulaki, I., Molitor, J., Hoggart, C., Coin, L. J. M., Whittaker, J., Pouta, A., Hartikainen, A.-L., Freimer, N. B., Widen, E., … Jarvelin, M.-R. (2009). Genetic determinants of height growth assessed longitudinally from infancy to adulthood in the northern Finland birth cohort 1966. *PLoS Genet*., 5, e1000409. doi: 10.1371/journal.pgen.1000409
6. Urlacher, S.S., Blackwell, A.D., Liebert, M.A., Mmadimenos, F.C., Cepon-Robins, T.J., Gildner, T.E., Snodgrass, J. J., & Sugiyama, L. S. (2016). Physical Growth of the Shuar: Height, Weight, and BMI References for an Indigenous Amazonian Population. *Am. J. Hum. Biol.*, 28, 16–30. doi: 10.1002/ajhb.22747
7. Mason, A., Malik, S., Russell, R.K., Bishop, J., Mcgrogan, P., & Ahmed, S.F. (2011). Impact of inflammatory bowel disease on pubertal growth. *Horm Res Paediatr*, 76(5), 293–9. doi: 10.1159/000329991
8. te Wierike, S.C., Elferink-Gemser, M.T., Tromp, E.J., Vaeyens, R., & Visscher, C. (2015). Role of maturity timing in selection procedures and in the specialisation of playing positions in youth basketball. *J. Sports Sci*., 33, 337–345. doi: 10.1080/02640414.2014.942684
9. Malina, R.M., & Kozieł, S.M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *J. Sports Sci.*, 32(14), 1374–1382. doi: 10.1080/02640414.2014.889846

10. Guimarães, E., Baxter-Jones, A., Maia, J., Fonseca, P., Santos, A., Santos, E., Tavares, F., & Janeira, M. A. (2019). The roles of growth, maturation, physical fitness, and technical skills on selection for a Portuguese under-14 years basketball team. *Sports*, 7(3), 61. doi: 10.3390/sports7030061
11. Wickel, E.E., Eisenmann, J.C., & Welk, G.J. (2009). Maturity-related variation in moderate-to-vigorous physical activity among 9-14-year-olds. *J. Phys. Act. Health*, 6(5), 597–605. doi: 10.1123/jpah.6.5.597
12. De Onis, M., Garza, C., Victora, C.G., Onyango, A.W., Frongillo, E.A., & Martines, J. (2004). The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food Nutr Bull*, 25(1 Suppl), S15–S26. doi: 10.1177/15648265040251S103
13. Kuczmarski, R.J., Ogden, C.L., Guo, S.S., Grummer-Strawn, L.M., Flegal, K.M., Mei, Z., Wei, R., Curtin, L. R., Roche, A. F., & Johnson, C. L. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat*, 11(246), 1–190.
14. De Onis, M. (2007). Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*, 85(9), 660–667. doi: 10.2471/blt.07.043497
15. WHO (2006). WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatrica*, Supplement, 450, 76-85. doi: 10.1111/j.1651-2227.2006.tb02378.x.
16. Gleiss, A., Lassi, M., Blumel, P., Borkenstein, M., Kapelari, K., Mayer, M., Schemper, M., & Häusler, G. (2013). Austrian height and body proportion references for children aged 4 to under 19 years. *Ann Hum Biol.*, 40(4), 324–332. doi: 10.3109/03014460.2013.776110
17. Guedes, D.P., De Matos, J.A., Lopes, V.P., Ferreirinha, J.E, & Silva, A.J. (2010). Physical growth of schoolchildren from the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil: comparison with the CDC-2000 reference using the LMS method. *Ann Hum Biol.*, 37(4), 574–584. doi: 10.3109/03014460903524469
18. Hakeem, R., Shaikh, A.H., & Asar, F. (2004). Assessment of linear growth of affluent urban Pakistan in adolescents according to CDC2000 references. *Ann Hum Biol.*, 31(3), 282–291. doi: 10.1080/03014460310001658800.
19. Mushtaq, M.U., Gull, S., Mushtaq, K., Abdullah, H.M., Khurshid, U., Shahid, U., et al. (2012). Height, weight and BMI percentiles and nutritional status relative to the

international growth references among Pakistani school-aged children. *BMC Pediatr.*, 12, 31. doi: 10.1186/1471-2431-12-31

20. Neyzi, O., Furman, A., Bundak, R., Gunoz, H., Darendeliler, F, & Bas, F. (2006). Growth references for Turkish children aged 6 to 18 years. *Acta Paediatr.*, 95(12), 1635–1641. doi: 10.1080/08035250600652013
21. Albertsson-Wikland, K., Luo, Z.C., Niklasson, A., & Karlberg, J. (2002). Swedish population-based longitudinal referenc e values from birth to 18 years of age for height, weight and head circumference. *Acta Paediatr.*, 91(7), 739–754. doi: 10.1080/08035250213216
22. López-Laiseca, J.D., & Massuça, L.M. (2021). Reference values for height, weight, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18. A systematic review with an emphasis on the Colombian population. *Rev. Fac. Med.*, 69(1), e88774. doi: https://dx.doi. org/10.15446/rev-facmed.v69n1.88774
23. López-Laiseca, J.D., & Massuça, L.M. (2023). Percentiles y curvas de crecimiento para el peso, altura e índice de masa corporal de los niños y adolescentes de 2 a 18 años de Huila, Colombia. *Rev. Fac. Med*., 71(3), e102119. doi: https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.102119
24. Yoshii, K., & Tanaka, T. (2018). Establishment of a longitudinal growth chart corresponding to pubertal timing. *Clin Pediatr Endocrinol*, 27(4), 215–224. doi: 10.1297/cpe.27.215
25. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2005). Censo general 2005 Huila [Internet]. [citado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: ttps://view.officeapps. live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.dane. gov.co%2Ff iles%2Fcenso2005%2Fprovincias%2Fhuila. ppt&wdOrigin=BROWSELINK)
26. Largo, R.H., Gasser, T.H., Prader, A., Stuetzle, W, & Huber, P.J. (1978). Analysis of the adolescent growth spurt using smoothing spline functions. *Ann. Hum. Biol*., 5(5), 421-434. doi: 10.1080/03014467800003071
27. Cole, T.J., & Green, P.J. (1992). Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Stat Med*., 11(10), 1305–19. doi: 10.1002/sim.4780111005
28. Cole, T.J., & Pan, H. (2006). *A program calculating age-related reference centiles using the LMS method*. lmsChartMaker Pro version 2.3. Cambridge, UK: Medical Research Council.

29. Pan, H., & Cole, T. (2011). LMSchartmaker, a program to construct growth reference data using the LMS method. [Internet]. Disponible en: http:// www.healthforallchildren.com?product=lmschartmaker-pro.
30. The World Medical Association [WMA] (2013). Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 64th General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013 [Internet]. [citado el 21 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.wma. net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki- ethical-principles-for- medical-research-involving-human-subjects/
31. Ministerio de Salud (1993). Resolución 008430 de /1993. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud [Internet]. MinSalud. [citado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: https:// www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/D E/DIJ/ RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF
32. Malina, R.M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity. Human Kinetics; 744 p.
33. Marín, M., Martínez, M., & Jiménez, I. (1992). Análisis del crecimiento y desarrollo craneofacial y general en dos poblaciones del valle de Aburrá. *CES odontología* [Internet]. 5:169–76. Disponible en: http:// revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/1694/1104
34. Lee, P.A. (1980). Normal ages of pubertal events among American males and females. *J Adolesc Health Care*, 1(1), 26–9. doi: 10.1016/ s0197-0070(80)80005-2
35. Malina, R.M., Choh, A.C., Czerwinski, S.A., Chumlea, W.C. (2016). Validation of Maturity Offset in the Fels Longitudinal Study. *Pediatr Exerc Sci.*, 28(3), 439–55. doi: 10.1123/pes.2015-0090
36. Guimarães, E., Baxter-Jones, A.D.G., Pereira, S., Garbeloto, F, Freitas, D., Janeira, M.A., Tani, G., Katzmarzyk, P. T., Silva, S., Bailey, D. A., Mirwald, R. L., & Maia, J. (2020). Patterns of physical performance spurts during adolescence: a cross-cultural study of Canadian, Brazilian and Portuguese boys. *Ann. Hum. Biol.*, 47(4), 346–354. https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1781928
37. Hauspie, R.C., Das, S.R., Preece, M.A., & Tanner, J.M. (1980). A longitudinal study of the growth in height of boys and girls of West Bengal (India) aged six months of 20 years. *Ann. Hum. Biol.*, 7(5), 429–40. doi: 10.1080/03014468000004541

38. Largo, R.H., & Prader, A. (1983). Pubertal development in Swiss boys. *Helv Paediatr Acta*, 38(3), 211–28.
39. Buckler, J.M., & Wild, J. (1987). Longitudinal study of height and weight at adolescence. *Arch Dis Child*, 62(12), 1224–32. doi: 10.1136/ adc.62.12.1224
40. Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marubini, E., & Resele, L.F. (1976). The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann. Hum. Biol.*, 3(2), 109–26. doi: 10.1080/03014467600001231
41. Silva, S., Freitas, D., & Maia, J. (2017). Curvas de velocidade da altura e os parâmetros do salto pubertário de crianças e adolescentes Caririenses. *Rev. Bras. Educ. Fís. Esporte*, 31(4), 729–39.
42. Iuliano-Burns, S., Mirwald, R.L., & Bailey, D.A. (2001). Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average, and late maturing boys and girls. *Am J Hum Biol.*, 13(1), 1–8. doi: 10.1002/1520-6300(200101/02)13:1<1:AID- AJHB1000>3.0.CO;2-S
43. Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G., Bailey, D.A., & Beunen, G.P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.*, 34(4), 689–94. doi: 10.1097/00005768-200204000-00020
44. Fragoso, I., Ramos, S., Teles, J., Volossovitch, A., Ferreira, A.P, & Massuça, L.M. (2021). The Study of Maturational Timing Effect in Elite Portuguese Adolescent Basketball Players: Anthropometric, Functional and Game Performance Implications. *Appl. Sci.*,11(21), 9894. doi: https:// doi.org/10.3390/app11219894
45. Kimura, J., Tachibana, K., Imaizumi, K., Kurosawa, K., Kuroki, Y. (2003) Longitudinal growth and height velocity of Japanese children with Down's syndrome. *Acta Paediatr.*, 92(9), 1039–42. doi: 10.1080/08035250310004306
46. Bergmann, G., Bergmann, M., Pinheiro, E., Moreira, R., Marques, A., & Gaya, A. (2008). Longitudinal study of the physical growth of schoolchildren aged10 to 14 years: Sexual dimorphism and peak growth velocity. *Rev. Bras. Cineantropometria Desempenho Hum*., 10(3), 249-254.
47. Fujii, K., & Matsuura, Y. (1999). Analysis of the velocity curve for height by the wavelet interpolation method in children classified by maturity rate. *Am J Hum Biol.*, 11(1), 13–30. doi: 10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:1<13:AID-AJHB2>3.0.CO;2-S

48. Largo, R.H., & Prader, A. (1983). Pubertal development in Swiss girls. Helv Paediatr Acta, 38(3):229–43.
49. Soliman, A., De Sanctis, V., Elalaily, R., & Bedair, S. (2014). Advances in pubertal growth and factors influencing it: Can we increase pubertal growth? *Indian J Endocrinol Metab*. 18(1), S53-S62. doi: 10.4103/2230-8210.145075.
50. Quintana-Domeque, C., Bozzoli, C., & Bosch, M. (2012). The evolution of adult height across Spanish regions, 1950-1980: a new source of data. *Econ Hum Biol*, 10(3), 264–75. doi: 10.1016/j.ehb.2011.08.004
51. Hawamdeh, H., & Spencer, N. (2001). Work, family socioeconomic status, and growth among working boys in Jordan. *Arch Dis Child*. 84(4), 311–4. doi: 10.1136/adc.84.4.311
52. Morisaki, N., Urayama, K.Y., Yoshii, K., Subramanian S.V., & Yokoya, S. (2017). Ecological analysis of secular trends in low birth weight births and adult height in Japan. *J Epidemiol Community Health*. 71(10), 1014–8. doi:10.1136/jech-2017-209266

Capítulo VI – Estudio IV

Estudio IV

Body size of children and adolescents from sports schools in the municipality of Neiva – Huila – Colombia

José David López Laiseca [1]

Kevin Norton [2]

Luís Miguel Massuça [1,3,4,5]

[1], Faculty of Physical Education and Sport, Lusófona University, 1749-024 Lisbon, Portugal.

[2], Alliance for Research in Exercise, Nutrition and Activity (ARENA), Allied Health and Human Performance, University of South Australia, Adelaide, Australia

[3], CIDEFES, Lusófona University, 1749-024 Lisbon, Portugal.

[4], ICPOL, Higher Institute of Police Sciences and Internal Security, 1300-663 Lisbon, Portugal

[5], CIFI2D, Faculty of Sport, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal.

López-Laiseca, J. D., Norton, K., & Massuça, L. M. (submitted). Body size of children and adolescents from sports schools in the municipality of Neiva – Huila – Colombia.

6.1. Abstract

Introduction: Accurate anthropometric data provides insight to comprehend the relationships among body dimensions and performance attributes and how they develop over time, allowing a determination of their potential influence on the selection of young athletes.

Objective: This study aims to: (i) analyse the body size of children and adolescents aged 9 to 14 who participate in basketball, soccer, futsal, and volleyball at Sports Schools in Neiva, Huila, Colombia, and (ii) determine the probability that a randomly chosen individual from the reference population (Huila, Colombia) falls within the team sports population across these developmental years.

Material and methods: The study included 18462 children and adolescents (aged 9 to 14 years) from the Huila department (n = 17895: female, n = 9898; male, n = 7997) and the Neiva City Sports Schools representative athletes in basketball, soccer, futsal, and volleyball (n = 567: female, n = 257; male, n = 310). The variables considered to characterise body size were weight and height. To study the body size differences between children and adolescents from the Huila department and Neiva sports schools, the bivariate overlap zone (BOZ), using the methods of Norton and colleagues, was calculated (Norton & Olds, 2001; Norton et al., 1996).

Results: The analysis of the BOZ indicates that relatively small but variable proportions of the general population possess the body size characteristics necessary to make team selection within the age range analysed across the four sports. In general, BOZ results demonstrate: (i) body size is relatively more important at younger ages compared to adolescent years in both girls and boys across all sports, (ii) differences in BOZ values are clear across different sports, reflecting higher selection pressures for futsal in both girls and boys, and notably soccer for boys, (iii) basketball consistently showed higher BOZ scores in both genders indicating a relatively greater opportunity for selection in this sport based on anthropometry alone, and (iv) BOZ values tend to be substantially lower for boys when compared to girls, particularly in the older age groups.

Conclusion: Significant differences in body size (weight and height) between the analysed sports and the general population were highlighted in this study. These findings shed light on several areas of children's sports participation, including how selection pressures differ between genders and among sports and how they change as children age. In general, the results suggest: (i) more competition for team selection among boys, (ii) likely too much selection emphasis on

body size among the youngest children, and (iii) reduced competition for sports selection among young adolescents, particularly among girls.

Keywords: body height, body mass, Colombia, morphology, youth sports

6.2. Introduction

Accurate anthropometric reference data are necessary for coaches, physicians, and other health professionals. It allows individuals to compare their values with their peers, which provides a better understanding of the normal variation within sports functions related to physical fitness and position on the field. Additionally, normative data is vital for monitoring the growth and development of children to ensure optimal health.

Recognising athletic talent in youth divisions is essential for professional sports (Reilly et al., 2000). Countries and teams that can identify and train young athletes with potential early on (seem to) have an advantage in future sports competitions (Baker et al., 2020; De Bosscher et al., 2006). The search for future athletes begins with young athletes who exhibit potential in a specific sport (Hoffmann et al., 2019), and statistical analysis can identify talented athletes and reduce talent development expenses (Pion et al., 2017). However, it is essential to note that performance profiles during childhood may differ significantly from those in adulthood (Baker et al., 2018).

Research on team sports has indicated that basketball players' anthropometric attributes are essential for their performance and the selection of skilled players (Alejandro et al., 2015). The same applies to soccer, where body traits and physical abilities are significant factors for identifying talent in young players (Reilly et al., 2000; Vaeyens et al., 2006). Also, understanding the anthropometric profile of volleyball players, especially regarding their playing position, is necessary for selection and success (Duncan et al., 2006).

The physical fitness of athletes seems to be key for their success in nearly all sports (Gualdi-Russo & Zaccagni, 2001). These traits determine an athlete's suitability for specific sports and positions and can affect performance and progression (Carter & Heath, 1990; Norton et al., 1996).

Studies by Ferioli et al. (2020) and Nieman and Wentz (2019) have shown that improving motor skills and morphological attributes are crucial for player development. Additionally, through Darwinian selection pressures, elite athletes tend to possess common physical fitness traits, particularly as they progress in their sport. This allows coaches and team administrators to create effective training programs and identify promising athletes early on. Understanding the successful traits of top athletes can also lead to the creation of normative datasets, which can be used to compare results across different ages and genders and identify critical factors for individual performance development.

Considering those above, this study aims to observe, recognise, and validate the connections among different anthropometric attributes, such as body size attributes (i.e., weight and height), which are crucial factors for selecting young athletes in various sports. For instance, being tall can be advantageous in sports like basketball or volleyball, enabling players to reach higher targets during the game. In basketball, taller players and those with powerful jumping ability may have an edge in defensive and offensive plays, like blocking. Hence, it is imperative to optimise sports performance in young athletes to enhance their potential and excel in a particular sport.

In accordance, this research aims to: (i) analyse the body size of children and adolescents aged 9 to 14 who participate in team sports at sports schools in Neiva, Huila, Colombia, and (ii) determine the probability that a randomly chosen individual from the reference population (Huila, Colombia) falls within the team sports population to understand the selection pressure for athletes based on body size (anthropometry) alone.

6.3. Methods

6.3.1. Participants

The Huila department is in the southern region of Colombia and is divided into four (4) areas - centre, north, west, and south (Figure 6.1). This unique department boasts a variety of climates, with temperatures varying according to altitude. The population of Huila is 1001476 (adjusted population as of June 30, 2005, of 1011418 inhabitants), with 600801 residing in the municipal capitals and 400675 in the rest of the Huila territory, based on the 2005 census

(DANE, 2005). The population comprises 97.8% mestizos, 1.2% Afro-descendants, and 1.1% indigenous ethnic groups.

Figure 6.1. Geographic characterization of the department of Huila – Colombia. (López-Laiseca & Massuça, 2023)

Body weight and height from the reference population – department of Huila, which included 17895 children and adolescents (aged 9 to 14 years) from the Huila department (female, n = 9898; male, n = 7997) (see López-Laiseca & Massuça, 2023) and from the athletes selected by coaches from the general Sports School's population (team sports: basketball, soccer, futsal, and volleyball) in Neiva municipality (female, n = 257; male, n = 310) were considered in this study. Further details are provided in Table 6.1.

Table 6.1. Distribution of the sample (n) according to age and gender.

Age (years)	Huila [1]		Selected athletes from the sports School's population in Neiva municipality							
			Basketball		Soccer		Futsal		Volleyball	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
9	5248	4128	12	10	12	15	10	15	10	12
10	1989	2067	12	10	12	15	10	15	10	12
11	715	578	12	10	12	15	10	15	10	12
12	549	346	12	10	12	15	10	15	10	12
13	484	307	12	10	12	15	10	15	10	12
14	913	571	10	10	7	15	10	15	10	10
Total	9898	7997	70	60	67	90	60	90	60	70
	17895		130		157		150		130	
					18462					

Key: [1], reference population (López-Laiseca & Massuça, 2023).

This study was conducted following the ethical principles established by the Helsinki Declaration (World Medical Association, 2013), the legal standards governing clinical research in humans, and the current Colombian laws regulating clinical research in humans (Resolution 008430/1993 Ministry of Health) (Ministerio de Salud, 1993). Additionally, it was approved by the Research Ethics Committee of the Caribbean Foundation for Biomedical Research BIOS through Act number 0127, dated July 31, 2015. Informed consent was obtained from all participants (Authorization letter for data use registered with number 2017sal00002074-1 dated 02-022, 2017).

6.3.2. Morphological profile

Two morphological attributes were considered to study the morphological profile of the sports school's population in Neiva municipality, i.e., body weight (kg) and height (cm). Data from the reference population – the department of Huila, were provided by the Departmental Health Secretariat of the Huila Government (see Ethical Statement) and studied in previous research (see López-Laiseca & Massuça, 2023). Complementarily, data from the Neiva municipality sports school's population were obtained according to the standards established by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry protocol (Stewart et al., 2011). For height measurement, an anthropometer (Anthropometric Kit Siber-Hegner Machines

SA GPM) was used, and a scale was used for body weight (Body Mass Scale Vogel & Halke, Germany, Secca model 761 7019009) allowing readings in 500 g intervals.

6.3.3. Statistical Analysis

We developed the normality graphs and the bivariate overlap zone (BOZ) statistics, using the differences between the average body weight and height of a reference population of young athletes from Neiva City compared to the Huila general population. The data processing was performed using the trial version of the Matlab program (Version R2023b), which calculated the necessary formulas described below.

When dealing with two related attributes (bivariate distributions), the BOZ is graphically represented as the overlap of two 'density ellipses.' For example, in the current study, we are dealing with the distribution of height (variable X) and weight (variable Y) in two populations. One population is the general population (males or females separately), called the reference population ('Ref'). The other population comprises a sample of athletes, the sports population ('s'). We want to know the probability that a randomly chosen individual from the reference population falls within the sports population. We calculated the proportion of XY data points (and likelihood) from the general background population of children falling within the sports population distribution. This is done using a statistic that follows a chi-square distribution: $X^2=(1/(1-rs)^2)((((X-X)^2)/(SX^2))-2rs*(X-Xs)(Y-Ys)/((SXSY)+((Y-Ys)^2/(SY^2)))$, where X and Y are the values of any XY data point from the reference population, rs is the correlation between the X and Y attributes in the sports population; Xs is the sample mean of variable X in the sports population; sXs is the estimated (or calculated with larger sports sample sizes) standard deviation of variable X in the sports population; Ys is the sample mean of variable Y in the sports population, and sYs is the estimated or calculated standard deviation of variable Y in the sports population.

The statistics for the sports population were collated from our sample of athletes. Once we generated the chi-square value associated with each XY data point, we calculated the corresponding probability (using two degrees of freedom). The average likelihood is our result and is called BOZ. If the reference and sports populations have the same means and standard deviations for the X and Y variables and the same XY correlations, the BOZ will be very close

to 0.5. As the differences between means and standard deviations increase, the BOZ will approach 0. The BOZ will approach one as the standard deviations of the X and Y variables in the sports population approach infinity. In this case, the sports population is infinitely extensive, and any data point from the reference population will fall arbitrarily close to the sports population mean. However, because sports populations are usually subsets of the reference population, and elite athletes within sports tend to resemble each other, their standard deviations are generally smaller than those of the reference population.

6.4. Results

Table 6.2 indicates that children in the sports population at nine years old, across all disciplines, display: (i) a higher weight than the general population, with variations ranging from 4 to 15 kg and an average standard deviation of ±7 kg, and (ii) higher height values, varying between 6.8 and 34 cm, with an average standard deviation of ±6.9 cm. Complementarily, it is observed that the sports population, especially girls (i) exhibit a weight higher by 2 to 9 kg compared to the general population, and (ii) concerning height, they show greater values ranging from 6 to 8 cm compared to the reference population.

By the age of 10, (i) a similar trend is observed in the higher weight of the sports population across all disciplines, ranging between 11 to 19 kg compared to the general population, and (ii) regarding height, there remains a superiority of 8 to 25 cm, which is more notable in soccer and futsal. Nevertheless, volleyball and futsal populations display (i) noticeable differences in weight, with higher values between 8 and 11 kg compared to the general population, and (ii) regarding height, although there is a tendency to be taller within a range of 13 to 16 cm (the differences are less notable than in weight).

At 11 years old, it is evident that the sports population (i) tends to have a higher weight, ranging between 9 to 16 kg, with fluctuations in the differences between sports, and (ii) in terms of height, the trend continues to be higher, varying between 10 and 13 cm, with variations according to the sport. In continuation, it is also observed that the sports population in basketball, soccer, and volleyball presents weight differences, being heavier compared to the general population in a range of 6 to 10 kg (in terms of height, these differences range between 7 to 13 cm).

At 12 years old, (i) the trend of higher weight in the sports population persists, fluctuating between 11 and 16 kg, and (ii) the superiority is maintained for height between 13 and 21 cm, varying according to the sport. Furthermore, the sports population in volleyball and futsal shows (i) a higher weight between 7 and 8 kg (in soccer and basketball, these differences range between 1 and 4.7 kg), and (ii) concerning height, the differences are notable, ranging between 2 and 3.5 cm.

At 13 years old, the sports population (i) tends towards a higher weight, between 5 and 17 kg, with minor variations in some sports, and (ii) height also continues to be higher, varying between 9 and 18 cm, with differences depending on the sport (it is noted that futsal shows low standard deviations). It is also observed that the sports population (i) maintains a higher weight in a range of 4 to 7 kg compared to the reference population, and (ii) regarding height, the differences remain between 3 and 6 cm in the sports population.

At 14, the sports population (i) generally maintains a higher weight, being lower in basketball, and (ii) regarding height, it is notable that it fluctuates between 5 and 11 cm, with variations across different sports. Standard deviations are low in soccer and futsal. However, (i) notably, the sports population exhibits higher weight, with values in volleyball and futsal around 3 kg more than the reference population and similar in basketball but above soccer by 2.2 kg, and (ii) the sports population tends to be around 2 cm taller.

The results are presented in Table 6.2.

Table 6.2. Mean (M) and standard deviation (SD) of the regional (Huila department) and sports sample (Neiva City Sports School) by age and gender.

Age (years)	Male					Female				
	n	Weight (kg)		Height (cm)		n	Weight (kg)		Height (cm)	
		M	SD	M	SD		M	SD	M	SD
	Huila (n = 7997)					Huila (n = 9898)				
9	4128	28.10	4.99	129.10	6.19	5248	28.43	14.40	129.71	6.64
10	2067	30.85	6.29	133.21	7.25	1989	31.72	6.74	134.70	7.95
11	578	34.30	7.95	137.91	8.32	715	36.09	7.89	141.54	8.51
12	346	38.48	8.99	144.07	8.83	549	40.99	8.55	148.29	8.27
13	307	44.25	11.08	151.42	10.41	484	45.54	8.72	152.92	7.67
14	571	50.41	10.71	159.18	9.02	913	49.82	8.58	155.57	6.29
	Basketball (n = 60)					Basketball (n = 70)				
9	10	32.40	7.42	135.90	4.65	12	35.35	9.21	138.83	5.97
10	10	42.56	7.70	141.90	5.24	12	35.51	7.79	140.16	6.46
11	10	43.72	10.25	148.80	8.09	12	46.50	13.66	149.25	5.52
12	10	51.96	18.78	157.40	16.70	12	45.79	11.13	151.83	8.82
13	10	49.00	11.07	160.80	6.21	12	49.05	8.84	159.58	5.14
14	10	62.66	18.98	168.40	8.58	10	50.62	11.60	159.70	6.29
	Soccer (n = 90)					Soccer (n = 67)				
9	15	41.65	10.68	157.06	7.63	12	34.03	5.61	135.83	5.35
10	15	49.31	7.36	158.33	6.47	12	32.83	4.01	136.41	0.66
11	15	48.65	6.92	158.86	3.98	12	42.30	8.25	147.58	9.08
12	15	53.93	3.90	163.53	3.48	12	42.04	12.06	150.41	6.14
13	15	53.26	6.48	164.53	5.08	12	51.39	9.81	155.25	3.36
14	15	51.73	9.06	169.20	3.10	7	47.61	6.88	158.00	9.80
	Futsal (n = 90)					Futsal (n = 60)				
9	15	43.80	6.10	152.13	7.14	10	30.41	6.10	138.00	6.15
10	15	41.53	10.31	154.0	7.34	10	39.71	8.65	151.40	4.79
11	15	50.73	3.13	158.8	3.61	10	39.80	6.76	149.70	3.65
12	15	54.53	2.23	165.93	3.10	10	47.89	5.83	156.10	3.84
13	15	55.27	0.96	169.33	2.47	10	49.00	9.26	157.40	5.95
14	15	55.15	3.13	170.07	3.65	10	53.80	6.49	159.70	6.46
	Volleyball (n = 60)					Volleyball (n = 60)				
9	10	35.60	4.59	142.80	8.28	12	35.58	3.87	138.58	5.32
10	10	41.87	4.88	148.70	8.20	12	42.13	10.30	148.58	8.22
11	10	44.39	8.40	150.30	6.73	12	44.88	8.37	154.25	5.83
12	10	49.48	9.40	155.70	7.57	12	46.22	6.73	155.16	5.10
13	10	56.24	13.15	161.30	6.76	12	53.20	7.73	160.00	7.16
14	10	51.21	10.49	164.80	6.51	10	53.96	12.51	161.00	6.31

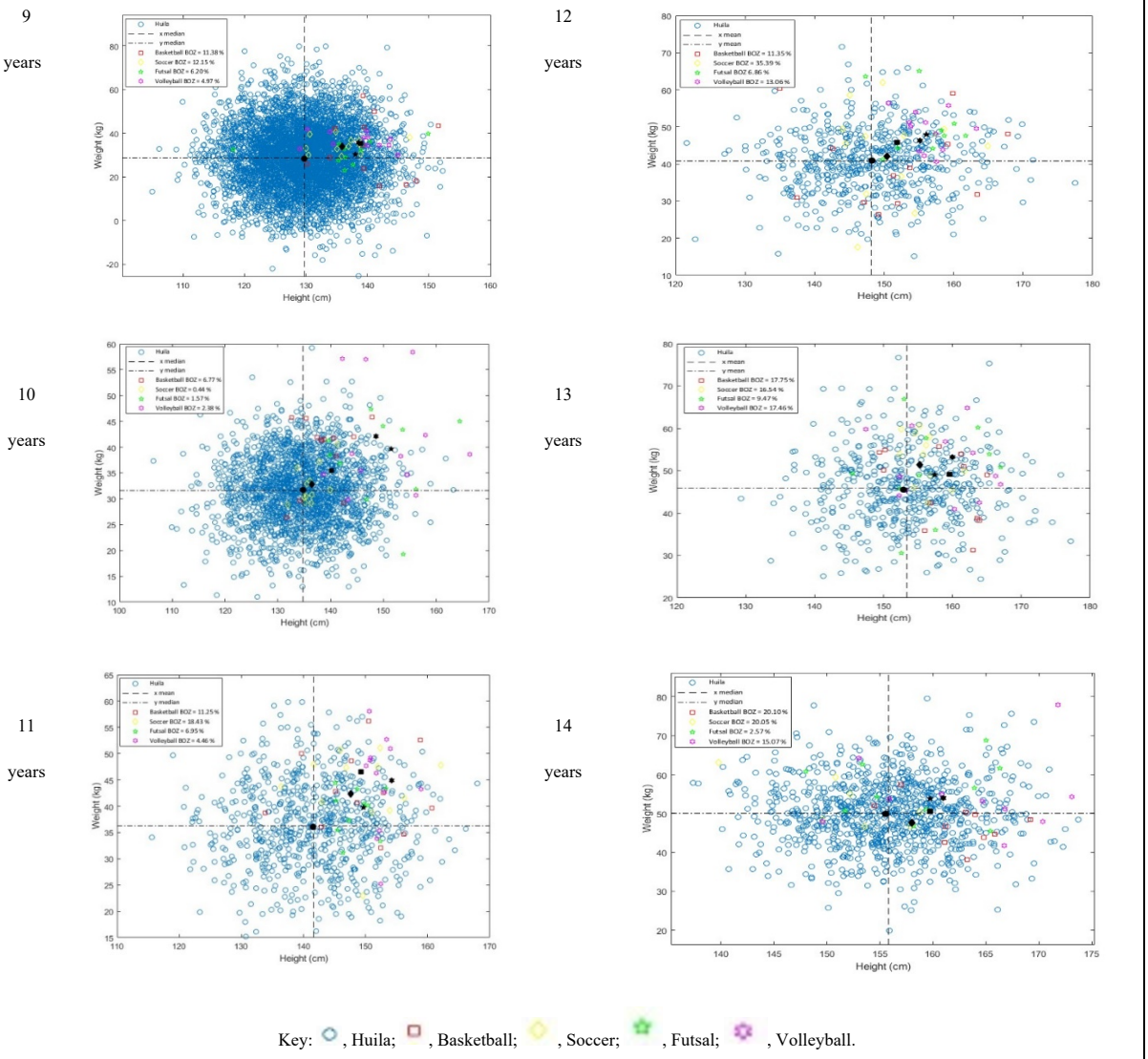
Variability is observed in the BOZ in children's basketball across the ages. In boys, (i) at nine years old, 16.7% could play basketball, decreasing to 5.7% at age 10, then increasing to 13.8% at age 11, (ii) subsequently, there is a peak at 12 years old, reaching 25.7%, and (iii) this percentage decreases at 13 years old to 12.2%, then slightly rises again at 14 to 16.7%. In the case of girls, variability is also evident, i.e., (i) at nine years old, 11.4% have the chance of selection to play basketball, increasing to 6.8% at ten years; (ii) there is an increase at 11 years old, reaching 11.3%, and (iii) probability of being selected rises at 12 (11.4%) and 13 years (17.8%), remaining high at 14 years with 20.1%. These findings suggest a fluctuation in boys' and girls' chances of selection for the basketball team across ages.

In terms of male soccer, results suggest that the chance of selection increases as children grow, peaking at 13 years, i.e., (i) there is a very low probability of being selected in the earlier ages, with 0.2% at nine years, 0.6% at 10 and 11 years, and 0.2% at 12 years, however (ii) there is a significant increase at 13 years, reaching 5.2%, slightly decreasing to 3.7% at 14 years. A greater chance of selection for the soccer team is observed for girls than boys. Results suggest an upward trend in girls' probability of being selected to play soccer, peaking at 12 years, i.e.: (i) with 11.2% at nine years old, followed by a decrease to 0.4% at ten years and an increase at 11 years with 18.4%, subsequently (ii) a substantial increase occurs at 12 years, reaching 35.4%, decreasing at 13 years to 16.5%, and (iii) remaining relatively high probability of being selected to play soccer at 14 years with 20.1%.

In futsal, boys show a consistently low chance of selection throughout all ages, ranging from 0.2% to 2.6%. For girls, the chance of being selected to play futsal is 6.2% at nine years, peaking at 9.5% at 13 years.

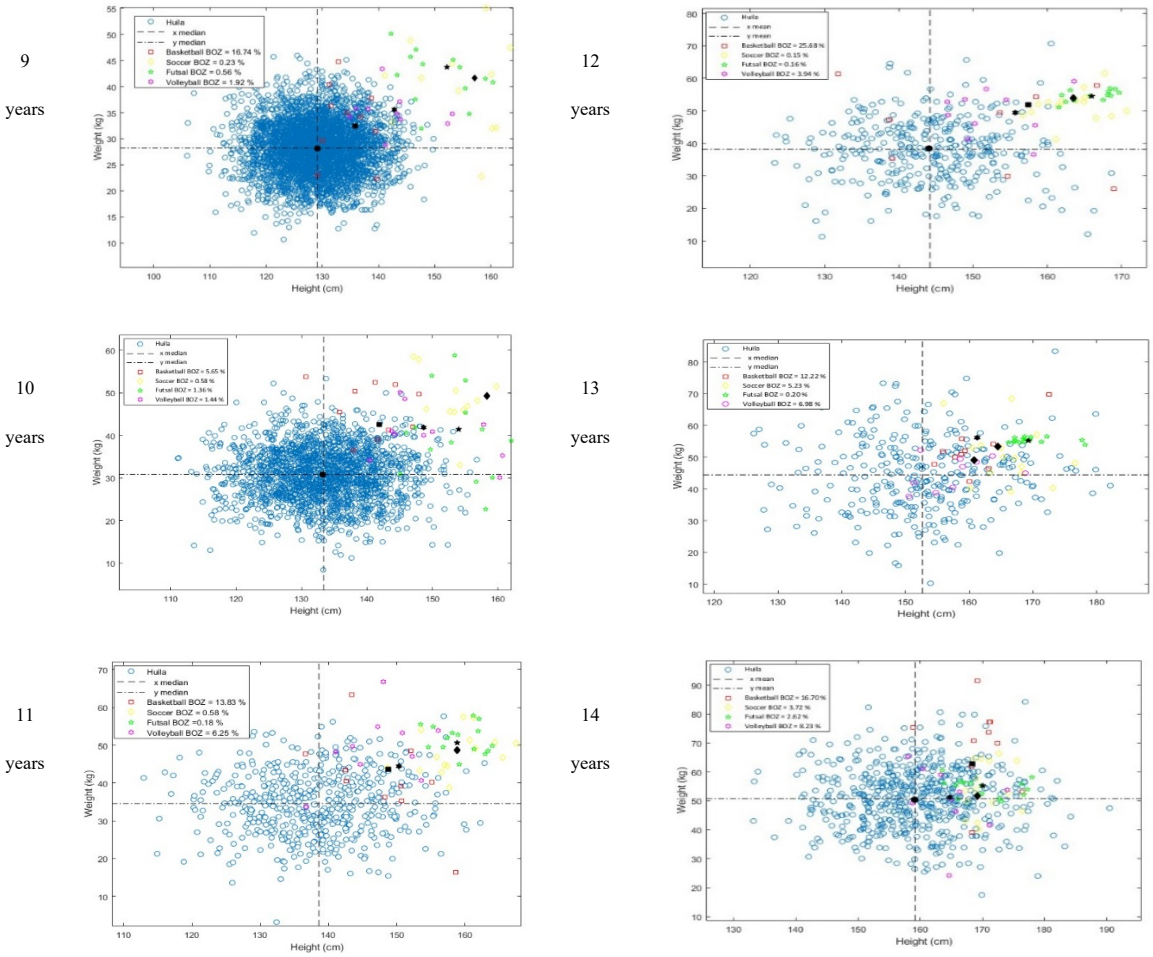
Regarding volleyball, boys gradually increase the chance of being selected as age rises, peaking near 7.0% around 13 and 8.2% at 14 years. Conversely, girls display a more marked increase starting from 12 years, reaching a peak around 13 years at 17.5%. These findings suggest a greater likelihood of girls at more advanced ages.

Results are presented in Figures 6.2 (girls) and 6.3 (boys).



Bivariate Overlap Zone (%)				
Age (years)	Basketball	Soccer	Futsal	Volleyball
9	11.38	12.15	6.20	4.97
10	6.77	0.44	1.57	2.38
11	11.25	18.43	6.95	4.46
12	11.35	35.39	6.86	13.06
13	17.75	16.54	9.47	17.46
14	20.10	20.05	2.57	15.07

Figure 6.2. The proportion of the background population overlaps in height and weight with the sport's height and weight of girls across age groups (9-14 years old) (Source: Authors' original work).



Bivariate Overlap Zone (%)				
Age (years)	Basketball	Soccer	Futsal	Volleyball
9	16.74	0.23	0.56	1.92
10	5.65	0.58	1.36	1.44
11	13.83	0.58	0.18	6.25
12	25.68	0.15	0.16	3.94
13	12.22	5.23	0.20	6.98
14	16.70	3.72	2.62	8.23

Figure 6.3. The proportion of the background population overlaps in height and weight with the sport's height and weight of boys across age groups (9-14 years old). (Source: Authors' original work).

Variability is also observed in the sum of all BOZs (across the four sports) in children across the ages as a general indicator of selection pressure for these sports. In boys, (i) at nine years old, the sum of BOZs is 19.5%, decreasing to 9.0% at age 10, then increasing to 20.8% at age 11, (ii) subsequently, there is a peak at 12 years old, reaching 29.9%, (iii) then this chance of selection decreases at 13 years old to 24.6%, and (iv) increases again to 31.3% at age 14. In girls, the proportion of the background population that overlaps in height and weight with the sports height and weight is (i) 22.6% at nine years old, decreasing to 11.2% at age 10, (ii) then increases considerably at 11 (41.1%) and 12 (66.7%) years old, (iii) subsequently, there is a slight decrease at 13 (61.2%) and 14 (57.8%) years old. Results are presented graphically in Figure 6.4.

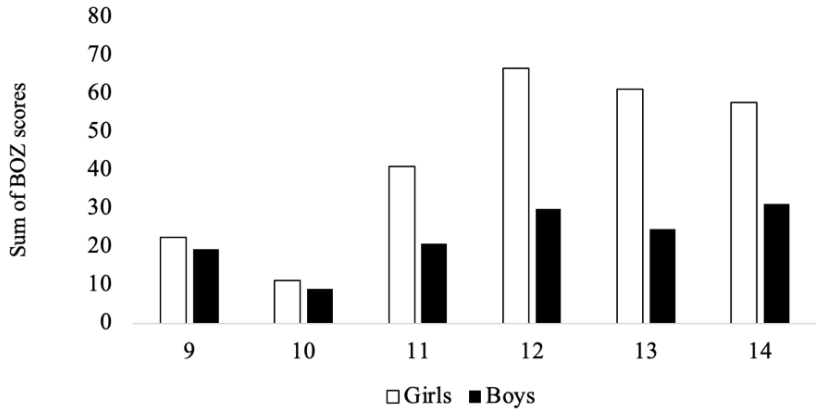


Figure 6.4. The sum of all the BOZs (basketball, futsal, soccer and volleyball) in children ages 9-14.

6.5. Discussion

This study: (i) analysed the body size of children and adolescents aged 9 to 14 who participate in team sports at sports schools in Neiva, Huila, Colombia, and (ii) determined the probability that a randomly chosen individual from the reference population (Huila, Colombia) fell within the team sports population to understand the selection pressure for athletes based on body size (anthropometry) alone.

The findings of this study align with previous research indicating that anthropometric measures tend to increase with age (Williams et al., 2011).

Regarding the difference in the body size attributes of boys and girls attending initiation and sports development centres compared to the general population, trained girls were found to have a greater height than their peers of the same age and gender, like what was observed in boys at an early age. These findings were not observed in a study by Larkin et al. (2023).

Upon analysing the data from our research on sports and population, we observed that the weight and height of players of both genders in different sports showed higher values than the reference population. A notable increase in these anthropometric attributes was observed between 9 and 12 years in boys, with height increases of up to 10 cm. On the other hand, in girls, increases of 6 cm were observed between 9 and 11 years. From the age of 13, boys showed increases from 5 cm; in girls, noticeable gains were maintained from 12.

In comparisons with some populations between the ages of 12 and 14, it was observed that boys participating in basketball presented equivalent or lower body size compared to populations in Mexico (Rivera-Sosa, 2016), Brazil (Borges Ribeiro Junior et al., 2020; Ribeiro Junior et al., 2021), and Bosnia-Herzegovina (Čaušević et al., 2023). At the age of 13, they also exhibited lower measurements in mass and height concerning Mexico (Rivera-Sosa, 2016) and Bosnia-Herzegovina (Čaušević et al., 2023). Involving height, soccer showed similarities with studies conducted in Chile (Barrera et al., 2021) and Cuba (Dolo et al., 2023), placing the above studies conducted in Brazil (Herdy et al., 2015). In the case of volleyball, at the age of 12, they showed measurements higher than Brazil (Vasconcelos Teixeira et al., 2019) in both variables. However, at 13 years old, they were below Ecuador (Soto, 2023), particularly in height. On the other hand, in futsal, higher values were observed in both variables compared to a study in Brazil (Brasil et al., 2021).

For girls, similar or slightly lower measurements in body size attributes were recorded compared to research conducted in Brazil on soccer (Oyón Belaza et al., 2016), basketball in Colombia (González de los Reyes et al., 2020), futsal in Brazil (Brasil et al., 2021), volleyball in Venezuela (Pérez et al., 2020), and slightly higher in height with Brazil (Vasconcelos Teixeira et al., 2019). The data collected in the systematic review by López-Laiseca and Massuça (2021) reflected higher measurements in most ages, especially in boys in various sports, with a significant increase in weight and height between 9 and 12 years.

The development of body size in different sports notably increased between the ages of 9 and 12 in boys, showing asynchronous development, as described in Dolo et al. (2023), while in girls, significant increases were observed between the ages of 9 and 10, which continued aligned with uniform growth (López-Laiseca & Massuça, 2023b). Additionally, girls experienced peak height velocity earlier than boys (López-Laiseca & Massuça, 2023a).

This study also highlights that the most significant growth in weight and height for girls, boys, and the reference population occurs between the ages of 10 and 12 years, which aligns with previous research indicating that height growth begins around 12 years (Malina et al., 2004). That accelerated growth may start even earlier, about 10.7 years (Williams et al., 2011). The observed differences can be attributed to age or discrepancies in the biological maturity of players (Figueiredo et al., 2019). Players of the same chronological age can be ahead, on time, or behind their chronological age (Gastin et al., 2013).

Complementarily, the bivariate overlap zone (BOZ) technique reveals the proportion of the background population that overlaps in height and weight with the sports height and weight of girls across age groups (9-14 years old), ranging from 0.4% to 35.4%. Across all girls' sports: (i) the BOZ scores increase as children progress through adolescence, suggesting that body size is less critical as girls age and that other things such as skill level, dedication, and interest probably play an ever-increasing role in girls' involvement, and (ii) at age 10, there are the lowest BOZ scores, suggesting that early matures are selected because they are bigger and probably faster and stronger as a consequence of puberty and leaving their peers behind. For example, 9% or greater BOZ scores occur in all four sports (up to 35%). These high values reinforce the many other attributes required to make team selections across the age groups shown in all sports.

The BOZ scores are typically lower for boys than girls (Figure 4). This means selection is more challenging for boys than girls across all ages. In fact, across the boys' sports, the BOZ for soccer is by far the smallest, indicating it is very competitive to get selected (such a low probability) between the ages 9-12 years. Surprisingly, however, it increases as boys age up to 14. Again, it probably highlights other characteristics that become relatively more important, such as tactical knowledge, skills, motivation, etc., compared to the younger years, where it seems body size alone is more important.

Generally, male BOZ values vary from 0.2% to 25.7% regarding the presence of the reference population in the sports population. However, only a relatively narrow opportunity for sports selection (based solely on body size, i.e., height and weight) is demonstrated. The

BOZ is rarely above 20% but usually well below 10% of children having the necessary weight and height combination to be selected for all sports studied. There does not appear to be a pattern in the BOZ as children age in any of the sports (i.e. it rises or falls randomly), and this is likely due to a combination of "interest" among children, as well as the advantage that children have in sport (particularly at a young age) if they are bigger than other children. Moreover, in some cases, the BOZ is very small at younger ages and then becomes somewhat larger in older age groups, indicating that more children who are larger tend to be selected in most sports before smaller children at the same age. In short, this translates into an open upper limit optimisation (i.e. "the bigger the better").

Given the above, it seems pertinent to highlight that this study stands out for two fundamental aspects. Firstly, it addressed a significant sample of children and adolescents from sports schools specialising in training and sports development, with emphasis on basketball, soccer, futsal, and volleyball, of both genders, aged between 9 and 14 years. Secondly, it examined anthropometric attributes (weight and height) differences between populations participating in state sports programs and the general population at early ages.

Furthermore, it seems also essential to highlight that this study pioneered this technique in youth, unlike previous studies conducted by Norton and Olds (2001) and Fontana et al. (2015), focusing on elite sports populations and adults. Significant trends were observed regarding the representation of the reference population in various sports and age groups, especially in minors, using the BOZ following the methods of Norton and his colleagues (Norton & Olds, 2001; Norton et al., 1996). These findings underscore the importance of considering the unique anatomical composition of the reference population in each sport and age group. This knowledge can be instrumental in selecting and developing athletes in their respective disciplines and emphasises the importance of considering morphological optimisation during the youth development process in sports.

These findings are relevant in understanding the relationship between age, body size, and athletic performance, which could have significant consequences for choosing and developing athletes, given that these ages can be unpredictable (Norton et al., 1996), as many biological and physical changes occur during adolescence (Vaeyens et al., 2008). Therefore, understanding and evaluating physical and fitness attributes are crucial in sports (Pesantez et al., 2022).

It is essential for sports institutions to continuously monitor players' anthropometric data over time, which can help optimise sports performance by implementing appropriate training methods for each growth stage. Following Parpa and Michaelides (2022) and Larkin et al. (2023), this approach can contribute to talent prediction and development. Anthropometric variables should be used as a guide for designing effective training programs, as emphasised in Nughes et al. (2020).

Further studies and in-depth analyses are recommended to explore the observed differences and better understand how sports practice affects the growth and development of participants concerning the BOZ.

6.6. Final considerations

- The probability of a randomly selected individual from the general population being part of the athlete population was investigated using anthropometric variables such as weight and height.
- Valuable and updated information on the anthropometric variables of Neiva's children, adolescents, and teenagers participating in sports schools was provided.
- Differences in weight and height between the analysed sports and the general population were found, highlighting the importance of considering morphological attributes in sports.
- Results suggested more competition for team selection among boys, likely too much selection emphasis on body size among the youngest children, and reduced competition for sports selection among young adolescents, particularly among girls, which shed light on several areas of children’s sports participation, including how selection pressures differ between genders and among sports, and how they change as children age.
- Finally, the study findings can aid coaches and sports professionals in selecting and training emerging talents and designing specific training programs and strategies for each sports modality.

6.7. References

Alejandro, V., Santiago, S., Gerardo, V. J., Carlos, M. J., & Vicente, G. T. (2015). Anthropometric Characteristics of Spanish Professional Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 46, 99–106. DOI: https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0038

Baker, J., Schorer, J., & Wattie, N. (2018). Compromising Talent: Issues in Identifying and Selecting Talent in Sport. *Quest*, *70*(1), 48–63. DOI: https://doi.org/10.1080/00336297.2017.1333438

Baker, J., Wilson, S., Johnston, K., Dehghansai, N., Koenigsberg, A., Vegt, S., & Wattie, N. (2020). Talent Research in Sport 1990–2018: A Scoping Review. *Frontiers in Psychology*, *11*, 607710. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.607710

Barrera, J., Valenzuela Contreras, L. M., 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: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, *39*, 547–555. DOI: https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.79537

Borges Riberio Junior, D., Henrrique Ferreira Lobão, P., Zimmermann Oliveira, H., Macedo Viana, J., & Zacaron Werneck, F. (2020). El efecto de la edad relativa en individuos normales de estatura y de alta estatura en el baloncesto de base de Brasil. E-Balonmano.com: *Revista de Ciencias del Deporte*, *16*(1), 1–10. https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/13608/1/ARTIGO_EfeitoIdade Relativa.pdf

Brasil, F. D., Piecha, L. F., Tadielo, M. T., Chaves, P. M., & Franken, M. (2022). Desempenho de habilidades técnicas entre estudantes adolescentes de diferentes sexos no futsal. *RBFF - Revista Brasileira De Futsal E Futebol*, *13*(54), 402-409. https://www.rbff.com.br/index.php/rbff/article/view/1077

Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). Somatotyping: Development and applications. Cambridge University Press. http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam034/89035775.pdf

Čaušević, D., Čović, N., Abazović, E., Rani, B., Manolache, G. M., Ciocan, C. V., Zaharia, G., & Alexe, D. I. (2023). Predictors of Speed and Agility in Youth Male Basketball Players. *Applied Sciences*, *13*(13), 7796. DOI: https://doi.org/10.3390/app13137796

De Bosscher, V., De Knop, P., Van Bottenburg, M., & Shibli, S. (2006). A Conceptual Framework for Analysing Sports Policy Factors Leading to International Sporting Success. *European Sport Management Quarterly*, *6*(2), 185–215. DOI: https://doi.org/10.1080/16184740600955087

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2005). *Censo general* [Gubernamental]. Gov.co. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1#informacion-general

Dolo, O., Pérez, S. L., Revuelta, M. E. G., & Vega, D. O. R. (2023). Crecimiento y composición corporal de futbolistas escolares cubanos. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, *17*(1). https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/522/544

Duncan, M. J., Woodfield, L., & al-Nakeeb, Y. (2006). Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(7), 649–651. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.021998

Ferioli, D., Schelling, X., Bosio, A., La Torre, A., Rucco, D., & Rampinini, E. (2020). Match Activities in Basketball Games: Comparison Between Different Competitive Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(1), 172–182. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003039

Figueiredo, A. J., Coelho-E-Silva, M. J., Cumming, S. P., & Malina, R. M. (2019). Relative age effect: Characteristics of youth soccer players by birth quarter and subsequent playing status. *Journal of Sports Sciences*, *37*(6), 677–684. DOI: https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1522703

Fontana, F. Y., Colosio, A., De Roia, G. F., Da Lozzo, G., & Pogliaghi, S. (2015). Anthropometrics of Italian Senior Male Rugby Union Players: From Elite to Second Division. *International journal of sports physiology and performance*, *10*(6), 674–680. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0014

Gastin, P. B., Bennett, G., & Cook, J. (2013). Biological maturity influences running performance in junior Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 140–145. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.005

González de los Reyes, Y., Gálvez Pardo, A. Y., & Mendoza Romero, D. (2020). Comparación antropométrica, fuerza explosiva y agilidad en jugadoras jóvenes de baloncesto de Bogotá- Colombia (Anthropometric comparison, explosive strength, and agility in

young basketball players from Bogotá- Colombia). *Retos*, *38*, 406–410. DOI: https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.71967

Gualdi-Russo, E., & Zaccagni, L. (2001). Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *41*(2), 256–262.

Herdy, C. V., Nunes, R. de A. M., Junior, R. F. S., Rodríguez, F. R., Mattos, D. S., Ramos, S., Teixeira, R., Silva, G. C., & Novaes, J. D. S. (2015). Perfil antropométrico, composición corporal y somatotipo de jóvenes futbolistas brasileños de diferentes categorías y posiciones. *Educación Física y Deporte*, *34*(2), 507-524. DOI: https://doi.org/10.17533/udea.efyd.v34n2a09

Hoffmann, M. D., Colley, R. C., Doyon, C. Y., Wong, S. L., Tomkinson, G. R., & Lang, J. J. (2019). Normative-referenced percentile values for physical fitness among Canadians. *Health Reports*, *30*(10), 14–22. DOI: https://doi.org/10.25318/82-003-x201901000002-eng

Larkin, P., Carlon, T., Sortino, B., Greer, S., Cuttiford, T., Wijekulasuriya, G., & Pane, C. (2023). Anthropometry and Physical Performance in 13-Year-Old Australian Talent-Identified Male and Female Athletes Compared to an Age-Matched General Population Cohort. *Children*, *10*(2), 212. DOI: https://doi.org/10.3390/children10020212

Larkin, P., Sortino, B., Carlon, T., Saunders, T., & Pane, C. (2023). Gender- and Sport-specific Normative Anthropometric and Physical Values in Talent-Identified High School Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *37*(3), 606–615. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004312

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2021). Reference values for height, weight, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18. A systematic review with an emphasis on the Colombian population. *Revista de la Facultad de Medicina*, *69*(1), e300. DOI: https://doi.org/10.15446/revfacmed.v69n1.88774

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023a). Edad del estirón puberal en altura en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, *71*(4), e102130. DOI: https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n4.102130

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023b). Percentiles y curvas de crecimiento para el peso, la altura y el índice de masa corporal de niños y adolescentes de 2 a 18 años de

Huila, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, *71*(3), e102119. DOI: https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.102119

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation, and physical activity. Human Kinetics, Ill, USA.

Ministerio de Salud (1993). *Resolución 008430. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.* [Gubernamental]. MinSalud. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF

Nieman, D. C., & Wentz, L. M. (2019). The compelling link between physical activity and the body's defense system. *Journal of Sport and Health Science*, *8*(3), 201–217. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.09.009

Norton, K., & Olds, T. (2001). Morphological Evolution of Athletes Over the 20th Century. *Sports medicine*, *31*, 763–783. DOI: https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00001

Norton, K., Olds, T., Olive, S., & Craig, N. P. (1996). Anthropometry and sports performance. In K. Norton and T. Olds (Eds), Anthropometrica, (pp. 287–364). UNSW Press.

Nughes, E., Rago, V., Aquino, R., Ermidis, G., Randers, M. B., & Ardigò, L. P. (2020). Anthropometric and Functional Profile of Selected vs. Non-Selected 13-to-17-Year-Old Soccer Players. *Sports*, *8*(8), 111. DOI: https://doi.org/10.3390/sports8080111

Oyón Belaza, P., Franco Bonafonte, L., Rubio Pérez, F. J., & Valero, A. (2016). Fútbol femenino categorías inferiores. Características antropométricas y fisiológicas. Evolución a lo largo de una temporada. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, *33*(171), 24–28.

Parpa, K., & Michaelides, M. (2022). Age-Related Differences in the Anthropometric and Physical Fitness Characteristics of Young Soccer Players: A Cross-Sectional Study. *Children*, *9*(5), 650. DOI: https://doi.org/10.3390/children9050650

Pérez, S. L., Ramos, L. M. C., Veitía, W. C., & Bermúdez, Y. C. (2020). Evaluación antropométrica nutricional de las voleibolistas en la escuela de talentos de Trujillo—Venezuela. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, *14*(2). DOI: https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/33

Pesantez, R. M. M., Pereira, L. G., Sánchez, D. A. G., Morales, P. P. R., Fuente, Y. A. de la R., & Toro, A. M. C. (2022). Anthropometric and capacitive analysis of the Ecuadorian senior national women's soccer team (Análisis antropométrico y capacitivo del equipo nacional femenino de fútbol de mayores de Ecuador). *Retos*, *44*, 716–727. DOI: https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.91487

Pion, J., Hohmann, A., Liu, T., Lenoir, M., & Segers, V. (2017). Predictive models reduce talent development costs in female gymnastics. *Journal of Sports Sciences*, *35*(8), 806–811. DOI: https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1192669

Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, *18*(9), 695–702. DOI: https://doi.org/10.1080/02640410050120078

Ribeiro Junior, D. B., Vianna, J. M., Oliveira, H. Z. de, Silva, R. C. P., & Werneck, F. Z. (2021). Gold Score Basketball: Um modelo científico híbrido de identificação de talentos para o basquetebol masculino. *Motricidade*, *17*(4), 346-358, 2022. https://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/22607

Rivera-Sosa, J. M. (2016). Propiedades antropométricas y somatotipo de jugadores de baloncesto de diferente nivel competitivo. *International Journal of Morphology*, *34*(1), 179–188. DOI: https://doi.org/10.4067/S0717-95022016000100026

Soto, G. M. (2023). Efecto de ejercicios pliométricos modificados en voleibol categoría 13-15 años masculino (Effect of modified plyometric exercises in volleyball 13-15 years old male category). *Retos*, *48*, 244–251. https://doi.org/10.47197/retos.v48.94226

Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, J. (2011). International Standards for Anthropometric Assessment. In *Potchefstroom, South Africa, ISAK* (Vol. 137).

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine*, *38*(9), 703–714. DOI: https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001

Vaeyens, R., Malina, R. M., Janssens, M., Van Renterghem, B., Bourgois, J., Vrijens, J., & Philippaerts, R. M. (2006). A multidisciplinary selection model for youth soccer: The Ghent Youth Soccer Project. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(11), 928–934. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.029652

Vasconcelos Teixeira, R., Peixoto Dantas, M., Monteiro Pinto, V. C., de Araújo Tinôco Cabra, B. G., Vasconcelos Teixeira, R., Peixoto Dantas, M., Monteiro Pinto, V. C., & de Araújo Tinôco Cabra, B. G. (2019). Influência dos diferentes estágios maturacionais na força de jovens praticantes de voleibol. *Educación Física y Ciencia*, *21*(3), 85–85. https://doi.org/10.24215/23142561e085

Williams, C. A., Oliver, J. L., & Faulkner, J. (2011). Seasonal monitoring of sprint and jump performance in a soccer youth academy. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *6*(2), 264–275. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.6.2.26

World Medical Association (2013). *WMA Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 64th General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013*. The World Medical Association. https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/

Capítulo VII – Discusión General

7.1. Introducción

La investigación en el crecimiento físico y características morfológicas en Huila, Colombia, abarca un rango de edades de 2 a 18 años, con un enfoque multidimensional. Se examinan diferencias en estatura, peso e IMC entre países y continentes, resaltando la importancia de valores de referencia específicos para cada contexto. Se analizan curvas de crecimiento en Huila, destacando variaciones respecto a otras poblaciones y la influencia de factores sociodemográficos. Se observan diferencias en el crecimiento y maduración puberal entre sexos, sugiriendo la necesidad de investigaciones longitudinales para comprender mejor estos patrones. Se estudia el tamaño corporal de niños y adolescentes en deportes en equipo en Neiva, encontrando diferencias significativas y destacando la importancia de considerar la composición anatómica única de cada grupo. Estos hallazgos subrayan la relevancia de monitorear continuamente datos antropométricos para optimizar el rendimiento deportivo y la selección de atletas.

7.2. Discusión de resultados

El crecimiento físico y las características morfológicas de niños, niñas y adolescentes son áreas cruciales de estudio que ofrecen una visión profunda de la salud y el bienestar de esta población en constante desarrollo. En el contexto de Huila, Colombia, se plantea una investigación multidimensional que se centra en analizar detenidamente estos aspectos en un rango de edad de 2 a 18 años. Este estudio se basa en cuatro estudios fundamentales que arrojarán luz sobre la salud y el desarrollo de los jóvenes en esta región.

En este estudio, se examinan las diferencias en estatura, peso e IMC entre países y continentes, destacando la mayor estatura en países europeos y diferencias significativas entre edades y sexos. Se evidencia la relevancia de estos estudios morfológicos en ámbitos de salud, antropología y deporte, subrayando la necesidad de establecer valores de referencia específicos para cada país. Además, se destaca la influencia del contexto ambiental y socioeconómico en el desarrollo físico de niños y adolescentes, ofreciendo información útil para orientar la carrera deportiva y el entrenamiento. También se analizan las curvas de crecimiento de referencia para peso, altura e IMC de niños y adolescentes en el departamento de Huila, Colombia, utilizando datos de 37 municipios. Se observaron incrementos específicos en peso, altura e IMC en

varones y niñas según percentiles 50. En comparación con otras poblaciones colombianas e internacionales, se identificaron diferencias en peso, altura e IMC en diferentes grupos de edad y género. Se destaca que los valores de referencia del estudio están influenciados por factores como la distribución socioeconómica y étnica de la muestra. Aunque es un primer paso en el estudio del crecimiento en Huila, se señalan limitaciones que podrían afectar la generalización de los resultados, subrayando la necesidad de futuras investigaciones para validar y mejorar estos hallazgos. Además, se analizan las diferencias significativas en el crecimiento de altura y maduración puberal entre ambos sexos en el departamento del Huila, destacando que las niñas comienzan su crecimiento y alcanzan la máxima velocidad de crecimiento antes que los niños, con un pico de crecimiento más temprano. También se encontró que el crecimiento en altura de los niños es más largo y más intenso que en las niñas, y que los parámetros de velocidad de crecimiento en altura en la población del Huila son menores en comparación con estudios internacionales. Por último, se examina el tamaño corporal de niños y adolescentes que participan en deportes en equipo en Neiva, Huila, Colombia, destacando diferencias significativas con la población general y la importancia de considerar la composición anatómica única de cada deporte y grupo de edad en la selección y desarrollo de atletas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de realizar investigaciones longitudinales para comprender mejor estos patrones de crecimiento y su impacto en diferentes áreas, y la importancia de monitorear continuamente los datos antropométricos para optimizar el rendimiento deportivo y la selección de atletas.

7.3. Limitaciones

- **Generalización de los resultados:** En el segundo análisis se señala que los valores de referencia del estudio pueden estar influenciados por factores como la distribución socioeconómica y étnica de la muestra, lo que limita la generalización de los resultados a poblaciones más amplias.
- **Diseño del estudio:** Tanto en el segundo como en el tercer análisis se menciona que los estudios tienen un diseño transversal, lo que limita la capacidad de establecer relaciones causales y comprender completamente los patrones de crecimiento a lo largo del tiempo.

- **Falta de consideración de factores etiológicos:** En el tercer análisis se destaca que no se tuvieron en cuenta los factores etiológicos en el análisis, lo que podría haber influido en los resultados y en la comprensión completa de los patrones de crecimiento.
- **Representatividad de la muestra:** En el cuarto análisis se señala que los datos se recopilaron en una ubicación específica (Neiva, Huila, Colombia), lo que podría limitar la representatividad de los resultados para otras poblaciones dentro del país o a nivel internacional.
- **Tamaño de la muestra:** Aunque no se menciona explícitamente, el tamaño de la muestra podría ser una limitación si no es lo suficientemente grande como para capturar la variabilidad completa de los patrones de crecimiento en la población estudiada.

7.4. Indicaciones futuras

- **Ampliación de la muestra:** Recomienda que futuras investigaciones busquen aumentar el tamaño de la muestra y mejorar la representatividad. Esto permitirá una mejor comprensión de las diferencias regionales o culturales dentro de Huila y una mayor generalización de los resultados.
- **Estudio longitudinal:** Sugiere realizar un estudio longitudinal a largo plazo que siga a los participantes desde la infancia hasta la adolescencia o incluso la edad adulta. Esto ayudaría a evaluar de manera más precisa la influencia a largo plazo de la participación en deportes en equipo en el crecimiento físico.
- **Comparación con otras regiones o países:** Considera la posibilidad de comparar los resultados de tu estudio en Huila con otras regiones de Colombia o incluso con poblaciones de otros países para identificar similitudes y diferencias.

7.5. Consideraciones finales

Dado los resultados obtenidos y la discusión presentada, deviene seguidamente un conjunto de consideraciones y reflexiones finales de carácter más personal.

- Considerando los resultados obtenidos y su relación con los deportes de conjunto, los entrenadores deben poseer las competencias necesarias tendientes para la selección y detención de talentos para ubicarlos en una modalidad deportiva.
- Los entrenadores de cualquier modalidad deportiva y profesores de educación física deben tener en cuenta las leyes biológicas que rigen los procesos de crecimiento y desarrollo de los niños y adolescentes de ambos géneros. Por ejemplo, las características genéticas, factores del entorno y la edad biológica como elementos determinantes de su desarrollo físico, potencial motor y estado funcional.
- En el proceso de entrenamiento deportivo se debe conocer la variabilidad en los ritmos de crecimientos lentos y acelerados, los diferentes niveles en el desarrollo físico y motor, producto de la maduración biológica. Se hace también necesario saber individualmente en qué etapa de madurez biológica se encuentran los escolares, esto con el propósito de aplicar el principio de individualización de la carga física; en este sentido debemos guiarnos más por la edad biológica que por la edad cronológica al momento de organizar grupos dentro de la clase se realice esfuerzo físico.
- Se recomienda a los profesores de educación y entrenadores que tengan que ver con estas categorías, tener en cuenta los períodos sensitivos de las cualidades motoras de los escolares de ambos sexos optimizando el trabajo de preparación física en cada una de las disciplinas que se trabajan en el municipio.

Conclusiôn

Luego de analizar los resultados obtenidos en este estudio nos permitimos establecer las siguientes conclusiones:

Los datos de la población del Huila-Colombia a nivel de referencias internacionales estandarizadas como el CDC y la WHO se encuentran por debajo de dichos valores, al igual que los estudios de crecimiento desarrollados en Colombia, y de la misma manera con los estudios desarrollados en los diferentes contenientes

Con el transcurso de la edad cronológica, los resultados indican que los acontecimientos de la osificación pueden ser utilizados para determinar la actividad de crecimiento en un niño y niña, en se puede concluir que el inicio (ONSET) del crecimiento adolescente en mujeres es aproximadamente a la edad de 8.5 años y en hombres 10.5 años, el PHV en mujeres es 10 años y en hombres se dan entre los 12.5 y 13 años, mientras, el final (END) del crecimiento en mujeres es 14 y en hombres 17 años.

Por su parte la aceleración en el pico de crecimiento, en el sexo femenino se da a los 9 años, empezando a los 8 años y finalizando a los 10.5 años, con una aceleración de 0.8 cm/años. Mientras en el sexo masculino el pico de da a los 11 años con aceleración 14 cm/años, con una amplitud de 3 años, que va desde los 9.5 hasta los 12.5 años. lo cual nos indica que hay una diferencia aproximada de 2 años en los procesos de maduración biológica entre los géneros femenino y masculino. Estos resultados coinciden con reportes hechos por otros autores donde el fenómeno ocurre a la misma edad.

En relación al tamaño corporal de niños y adolescentes en deportes de equipo en Neiva, Huila, Colombia, para comprender la presión de selección de atletas basada en la antropometría. Se encontró que las niñas entrenadas tenían una estatura mayor que la población general, mientras que los niños mostraban aumentos notables en altura y peso entre los 9 y 12 años. Los datos analizados también revelaron diferencias significativas en comparación con poblaciones internacionales en diferentes deportes y grupos de edad.

Se resalta la importancia de mantener un seguimiento constante de los datos antropométricos para mejorar el rendimiento deportivo y la selección de atletas. Estos resultados enfatizan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor cómo el crecimiento y la participación deportiva impactan a los jóvenes, especialmente en lo que respecta al proceso de selección de talentos deportivos. Las mediciones antropométricas, como peso, altura e IMC, proporcionan al entrenador una visión objetiva de las características

individuales de los estudiantes, lo que facilita la programación y planificación de su entrenamiento. Además, permiten identificar a los jóvenes con perfiles morfofuncionales específicos que se ajustan mejor a ciertas disciplinas deportivas, destacando así a los talentos emergentes.

Referencias Generales

Aguilar, A. C., Pradilla, A., Mosquera, M., Gracia, A. B., Ortega, J. G., Leiva, J. H., & Ramírez-Vélez, R. (2011). Percentiles de condición física de niños y adolescentes de Santiago de Cali, Colombia. *Biomedica*, *31*(2), 242-249. https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i2.318

Ahn, Y., Choi, S., & Sohn, M. (2013). Adiposity of Korean school-age children measured by national and international growth charts. Res Nurs Health, 36(1), 16-25. https://doi.org/frmn

Al Herbish, A.S., El Mouzan, M.I., Al Salloum, A.A., Al Qureshi, M.M., Al Omar, A.A., Foster, P.J., & Kecojevic, T. (2009). Body mass index in Saudi Arabian children and adolescents: a national reference and comparison with international standards. *Ann Saudi Med.*, 29(5), 342-7. https://doi.org/fpbn55

Albertsson-Wikland, K., Luo, Z.C., Niklasson, A., & Karlberg, J. (2002). Swedish population-based longitudinal referenc e values from birth to 18 years of age for height, weight and head circumference. *Acta Paediatr.*, 91(7), 739–754. doi: 10.1080/08035250213216

Alejandro, V., Santiago, S., Gerardo, V. J., Carlos, M. J., & Vicente, G. T. (2015). Anthropometric Characteristics of Spanish Professional Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 46, 99–106. DOI: https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0038

Aminorroaya, A., Amini, M., Naghdi, H., & Zadeh, A.H. (2003). Growth Charts of Heights and Weights of Male Children and Adolescents of Isfahan, Iran. *J Health, Popul Nutr.*, 21(4), 341–6.

Aouichaoui, C., Trabelsi, Y., Tabka, Z., Dogui, M., Richalet, J.P., & Bouhlel, E. (2014). Effect of Anthropometric Characteristics and Socio-Economic Status on Vertical Jumping Performances in Tunisian Athletic Children. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(1), 6-16.

Arede, J., Ferreira, A. P., Gonzalo-Skok, O., & Leite, N. (2019). Maturational development as a key aspect in physiological performance and national-team selection in elite male basketball players. *International Journal of Sports Physiology, 14*(7), 902–910. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0037

Baker, J., Schorer, J., & Wattie, N. (2018). Compromising Talent: Issues in Identifying and Selecting Talent in Sport. *Quest*, *70*(1), 48–63. DOI: https://doi.org/10.1080/00336297.2017.1333438

Baker, J., Wilson, S., Johnston, K., Dehghansai, N., Koenigsberg, A., Vegt, S., & Wattie, N. (2020). Talent Research in Sport 1990–2018: A Scoping Review. *Frontiers in Psychology*, *11*, 607710. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.607710

Balyi, I., Hamilton, A., & Robertson, S. (2005). *Canadian Sport for Life: Long-Term Athlete Development* (Vol. 2). Canadian Sport Centres.

Barrera, J., Valenzuela Contreras, L. M., 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: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, *39*, 547–555. DOI: https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.79537

Benavides-Roca, L., Santos-Vásquez, P., & Guajardo-Valderas, L. (2017). Valoración del pico de velocidad de crecimiento y estatura prevista definitiva de acuerdo a las posiciones de juego de los futbolistas sub 15 y 16 de Rangers de Talca. *Revista Digital de Educación Física,* *8*(46), 107-115. https://emasf.webcindario.com/Valoracion_del_pico_de_velocidad_de_crecimiento_y_estatura_prevista_definitiva_de_acuerdo_a_las_posiciones_de_juego_de_los_futbolistas_sub.pdf

Bergmann, G., Bergmann, M., Pinheiro, E., Moreira, R., Marques, A., & Gaya, A. (2008). Longitudinal study of the physical growth of schoolchildren aged10 to 14 years: Sexual dimorphism and peak growth velocity. *Rev. Bras. Cineantropometria Desempenho Hum*., 10(3), 249-254.

Bidaurrazaga-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. *Journal of Strength and Conditioning Research,* *33*(10), 2548–2558. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002656

Bloomfield, J., Polman, R., Butterly, R., & O'Donoghue, P. (2005). Analysis of age, stature, body mass, BMI and quality of elite soccer players from 4 European Leagues. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(1), 58-67.

Bodzsàr, E.B., & Susanne, C. (1998). Secular growth changes in Europe: Do we observe similar trends? Considerations for future research. In *Secular Growth Changes in Europe, Bodzsàr, E.B., Susanne, C., Eds.*; Eötvös University Press: Budapest, Hungary; pp. 369–381.

Bogin, B. (2020). *Patterns of human growth* (Vol. 88). Cambridge University Press.

Borges Riberio Junior, D., Henrrique Ferreira Lobão, P., Zimmermann Oliveira, H., Macedo Viana, J., & Zacaron Werneck, F. (2020). El efecto de la edad relativa en individuos normales de estatura y de alta estatura en el baloncesto de base de Brasil. E-Balonmano.com: *Revista de Ciencias del Deporte*, *16*(1), 1–10. https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/13608/1/ARTIGO_EfeitoIdade Relativa.pdf

Brasil, F. D., Piecha, L. F., Tadielo, M. T., Chaves, P. M., & Franken, M. (2022). Desempenho de habilidades técnicas entre estudantes adolescentes de diferentes sexos no futsal. *RBFF - Revista Brasileira De Futsal E Futebol*, *13*(54), 402-409. https://www.rbff.com.br/index.php/rbff/article/view/1077

Buckler, J.M., & Wild, J. (1987). Longitudinal study of height and weight at adolescence. *Arch Dis Child*, 62(12), 1224–32. doi: 10.1136/ adc.62.12.1224

Bult, H. J., Barendrecht, M., & Tak, I. J. R. (2018). Injury risk and injury burden are related to age group and peak height velocity among talented male youth soccer players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 6*(12), 2325967118811042. https://doi.org/10.1177/2325967118811042

Bustamante, A., Freitas, D., Pan, H., Katzmarzyk, P.T, & Maia, J. (2015). Centile curves and reference values for height, body mass, body mass index and waist circumference of Peruvian children and adolescents. *Int J Environ Res Public Health*, 12(3), 2905–22. doi: 10.3390/ ijerph120302905

Cacciari, E., Milani, S., Balsamo, A., Spada, E., Bona, G., Cavallo, L., Cerutti, F, Gargantini, L., Greggio, N., Tonini, G., & Cicognani, A. (2006). Italian cross-sectional growth charts for height, weight and BMI (2 to 20 yr). *J Endocrinol Invest*., 29(7), 581-93. doi: 10.1007/BF03344156

Cameron, N, & Bogin, B. (2012). *Human Growth and Development*, 2nd ed.; Elsevier: London, UK.

Cameron, N., & Schell, L. (2021). *Human Growth and Development*. Elsevier Science.

Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). Somatotyping: Development and applications. Cambridge University Press. http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam034/89035775.pdf

Čaušević, D., Čović, N., Abazović, E., Rani, B., Manolache, G. M., Ciocan, C. V., Zaharia, G., & Alexe, D. I. (2023). Predictors of Speed and Agility in Youth Male Basketball Players. *Applied Sciences*, *13*(13), 7796. DOI: https://doi.org/10.3390/app13137796

Chaves, R., Baxter-Jones, A., Souza, M., Santos, D., & Maia, J. (2015). Height, weight, body composition, and waist circumference references for 7- to 17-year-old children from rural Portugal. *Homo: Internationale Zeitschrift fur die Vergleichende Forschung am Menschen*, 66(3), 264-277. doi: 10.1016/j.jchb.2014.03.007

Chen, L., Su, B., Zhang, Y., Ma, T., Liu, J., Yang, Z., Li, Y., Gao, D., Chen, M., Ma, Y., Wang, X., Wen, B., Jiang, J., Dong, Y., Song, Y., & Ma, J. (2022). Association between height growth patterns in puberty and stature in late adolescence: A longitudinal analysis in chinese children and adolescents from 2006 to 2016. *Front. Endocrinol.*, 13, 882840. doi: 10.3389/fendo.2022.882840

Coelho-e-Silva, M.J., Figueiredo, A.J., Simões, F., Seabra, A., Natal, A., Vaeyens, R., Philippaerts, R., Cumming, S. P., & Malina, R. M. (2010). Discrimination of U-14 Soccer Players by Level and Position. *Int J Sports Med.*, 31(11), 790-6. https://doi.org/b8zhzd

Cole, T. J. (1990). The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition*, *44*(1), 45-60.

Cole, T.J., & Green, P.J. (1992). Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Stat Med*., 11(10), 1305-19. doi: 10.1002/sim.4780111005

Cole, T.J., & Pan, H. (2006). *A program calculating age-related reference centiles using the LMS method*. lmsChartMaker Pro version 2.3. Cambridge, UK: Medical Research Council.

Correa, J.E. (2008). Determinación del perfil antropométrico y cualidades físicas de niños futbolistas de Bogotá. *Rev Cienc Salud*, 6(2), 74-84.

Corso, M. (2018). Developmental changes in the youth athlete: Implications for movement, skills acquisition, performance and injuries. *Journal of the Canadian Chiropractic Association, 62*(3), 150–160. PMID: 30662070; PMCID: PMC6319435.

Cossio-Bolaños, M.A., Bustamante, A., Caballero-Cartagena, L., Gómez-Campos, R., & de Arruda, M. (2012). Crecimiento físico de niños escolares a nivel del mar y a altitud moderada. *An Fac Med.*, 73(3), 183-90.

Côté, J., Macdonald, D.J., Baker, J., & Abernethy, B. (2006). When "where" is more important than "when": Birthplace and birthdate effects on the achievement of sporting expertise. *J Sports Sci.*, 24(10), 1065-73. https://doi.org/bwf4d8

De Bosscher, V., De Knop, P., Van Bottenburg, M., & Shibli, S. (2006). A Conceptual Framework for Analysing Sports Policy Factors Leading to International Sporting Success. *European Sport Management Quarterly*, *6*(2), 185–215. DOI: https://doi.org/10.1080/16184740600955087

De Onis, M. (2007). Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*, 85(9), 660–667. doi: 10.2471/blt.07.043497

De Onis, M. (2009). Growth curves for school age children and adolescents. *Indian Pediatr*., 46(6), 463–5.

De Onis, M., Garza, C., Victora, C.G., Onyango, A.W, Frongillo, E.A., & Martines, J. (2004). The WHO Multicentre Growth Reference Study: planning, study design, and methodology. *Food Nutr Bull*, 25(1 Suppl), S15–S26. doi: 10.1177/15648265040251S103

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2005). *Censo general* [Gubernamental]. Gov.co. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1#informacion-general

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2005). Censo general 2005 Huila [Internet]. [citado el 12 de julio de 2022]. Disponible en: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%-2Fwww.dane.gov.co%2Ffiles%2Fcenso2005%2Fprovincias%2Fhuila.ppt&wdOrigin=BROWSELINK

Díaz- Bonilla, E., Torres- Galvis, C.L., Gómez- Campos, R., de Arruda, M., Pacheco Carrillo, J., & Cossio-Bolaños, M. (2018). Weight, height and body mass index of children and

adolescents living at moderate altitude in Colombia. Peso, estatura e índice de masa corporal de niños y ado- lescentes de moderada altitud de Colombia. *Arch Argent Pediatr*., 116(2), e241-e250. doi:10.5546/aap.2018.eng.e241

Dolo, O., Pérez, S. L., Revuelta, M. E. G., & Vega, D. O. R. (2023). Crecimiento y composición corporal de futbolistas escolares cubanos. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, *17*(1). https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/522/544

Dong, Y., Jan, C., Ma, Y., Dong, B., Zou, Z., Yang, Y., Xu, R., Song, Y., Ma, J., Saw- yer, S.M., & Patton, G.C. (2019). Economic development and the nutritional status of Chinese school-aged children and adolescents from 1995 to 2014: an analysis of five successive national surveys. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 7(4), 288-299. doi: 10.1016/S2213-8587(19)30075-0. Erratum in: *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2019 May;7(5):e5.

Duncan, M. J., Woodfield, L., & al-Nakeeb, Y. (2006). Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(7), 649–651. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.021998

Durán, P., Merker, A., Briceño, G., Colón, E., Line, D., Abad, V., Del Toro, K., Chahín, S., Matallana, A.M., Lema, A., Llano, M., Céspedes, J., (2016). Hagenäs, L. Colombian reference growth curves for height, weight, body mass index and head circumference. *Acta Paediatr*, 105(3), e116-25. doi: 10.1111/apa.13269

El Mouzan, M., Salloum, A.A., Omer, A.A., Alqurashi, M., & Herbish, A.A. (2016). Growth reference for Saudi school-age children and adolescents: LMS parameters and percentiles. *Ann Saudi Med*., 36(4), 265-268. doi:10.5144/0256-4947.2016.265

Escobar-Cardozo, G.D., Correa-Bautista, J.E., González-Jiménez, E., Schmidt-RioValle, J., & Ramírez-Vélez, R. (2016). Percentiles de grasa corporal por bioimpedancia eléctrica en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia: estudio FUPRECOL. *Arch. argent. pediatr*., 114(2), 2-3. doi:10.5546/aap.2016.135

Faber, I.R., Bustin, P.M.J., Oosterveld, F.G.J., Elferink-Gemser, M.T., Nijhuis-Van Der Sanden, M.W.G. (2015). Assessing personal talent determinants in young racquet sport players: a systematic review. *J Sports Sci.*, 35(5), 395-410.

Ferioli, D., Schelling, X., Bosio, A., La Torre, A., Rucco, D., & Rampinini, E. (2020). Match Activities in Basketball Games: Comparison Between Different Competitive Levels.

Journal of Strength and Conditioning Research, *34*(1), 172–182. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003039

Figueiredo, A. J., Coelho-E-Silva, M. J., Cumming, S. P., & Malina, R. M. (2019). Relative age effect: Characteristics of youth soccer players by birth quarter and subsequent playing status. *Journal of Sports Sciences*, *37*(6), 677–684. DOI: https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1522703

Figueroa-de-Quintero, O. (2012). Conceptos básicos de crecimiento y maduración física. *VITAE*, 50.

Fontana, F. Y., Colosio, A., De Roia, G. F., Da Lozzo, G., & Pogliaghi, S. (2015). Anthropometrics of Italian Senior Male Rugby Union Players: From Elite to Second Division. *International journal of sports physiology and performance*, *10*(6), 674–680. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0014

Fragoso, I., Ramos, S., Teles, J., Volossovitch, A., Ferreira, A.P, & Massuça, L.M. (2021). The Study of Maturational Timing Effect in Elite Portuguese Adolescent Basketball Players: Anthropometric, Functional and Game Performance Implications. *Appl. Sci.*, 11(21), 9894. doi: https:// doi.org/10.3390/app11219894

Fryar, C. D., Gu, Q., Ogden, C. L., & Flegal, K. M. (2016). Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2011-2014. *Vital and Health Statistics, 3*(39), 1-46.

Fryar, C.D., Gu, Q., & Ogden, C.L. (2012). Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. *Vital Health Stat. Series*, *11*(252), 1-48.

Frysz, M., Howe, L.D., Tobias, J.H., & Paternoster, L. (2018). Using SITAR (SuperImposition by Translation and Rotation) to estimate age at peak height velocity in Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Wellcome Open Res*., 3, 90. doi: 10.12688/ wellcomeopenres.14708.2.

Fujii, K., & Matsuura, Y. (1999). Analysis of the velocity curve for height by the wavelet interpolation method in children classified by maturity rate. *Am J Hum Biol.*, 11(1), 13–30. doi: 10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:1<13:AID-AJHB2>3.0.CO;2-S

Garza, C., de Onis, M., Martorell, R., Onyango, A.W., Victoria, C., Lartey, A., Bhan, M., Bjoerneboe, G.-E., Alasfoor, D., Dewey, K., Frongillo, E., & Martines, J. (2006). Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatrica*, 95, 56-65.

Gastin, P. B., Bennett, G., & Cook, J. (2013). Biological maturity influences running performance in junior Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(2), 140–145. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.005

Gharib, N.M., & Shah, P. (2009). Anthropometry and body composition of school children in Bahrain. Ann Saudi Med., 29(4), 258-69. doi: 10.4103/0256-4947.55309

Gleiss, A., Lassi, M., Blumel, P, Borkenstein, M., Kapelari, K., Mayer, M., Schemper, M., & Häusler, G. (2013). Austrian height and body proportion references for children aged 4 to under 19 years. *Ann Hum Biol.*, 40(4), 324–332. doi: 10.3109/03014460.2013.776110

González de los Reyes, Y., Gálvez Pardo, A. Y., & Mendoza Romero, D. (2020). Comparación antropométrica, fuerza explosiva y agilidad en jugadoras jóvenes de baloncesto de Bogotá- Colombia (Anthropometric comparison, explosive strength, and agility in young basketball players from Bogotá- Colombia). *Retos*, *38*, 406–410. DOI: https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.71967

Gouvea, M., Cyrino, E. S., Ribeiro, A. S., da Silva, D. R. P., Ohara, D., Valente-dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., & Ronque, E. (2016). Influence of skeletal maturity on size, function and sport-specific technical skills in youth soccer players. *International Journal of Sports Medicine, 37*(6), 464-469. https://doi.org/10.1055/s-0035-1569370

Greulich, W., & Pyle, S. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. 2nd ed. Stanford (CA): Stanford University Press.

Grummer-Strawn, L.M., Garza, C., & Johnson, C.L. (2002). Childhood Growth Charts. *Pediatrics*, 109(1), 141–2. doi: 10.1542/peds.109.1.141

Gualdi-Russo, E., & Zaccagni, L. (2001). Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *41*(2), 256–262.

Guedes, D.P, De Matos, J.A., Lopes, V.P, Ferreirinha, J.E, & Silva, A.J. (2010). Physical growth of schoolchildren from the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil: comparison with the CDC-2000 reference using the LMS method. *Ann Hum Biol.*, 37(4), 574–584. doi: 10.3109/03014460903524469

Guimarães, E., Baxter-Jones, A., Maia, J., Fonseca, P, Santos, A., Santos, E., Tavares, F., & Janeira, M. A. (2019). The roles of growth, maturation, physical fitness, and technical

skills on selection for a Portuguese under-14 years basketball team. *Sports*, 7(3), 61. doi: 10.3390/sports7030061

Guimarães, E., Baxter-Jones, A.D.G., Pereira, S., Garbeloto, F., Freitas, D., Janeira, M.A., Tani, G., Katzmarzyk, P. T., Silva, S., Bailey, D. A., Mirwald, R. L., & Maia, J. (2020). Patterns of physical performance spurts during adolescence: a cross-cultural study of Canadian, Brazilian and Portuguese boys. *Ann. Hum. Biol.*, 47(4), 346–354. https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1781928

Guimarães, E., Ramos, A., Janeira, M. A., Baxter-Jones, A. D. G., & Maia, J. (2019). How does biological maturation and training experience impact the physical and technical performance of 11-14-year-old male basketball players? *Sports, 7*(8), 243. https://doi.org/10.3390/sports7080243

Hakeem, R., Shaikh, A.H., & Asar, F. (2004). Assessment of linear growth of affluent urban Pakistan in adolescents according to CDC 2000 references. *Ann Hum Biol.*, 31(3), 282–291. doi: 10.1080/03014460310001658800.

Hauspie, R.C., Das, S.R., Preece, M.A., & Tanner, J.M. (1980). A longitudinal study of the growth in height of boys and girls of West Bengal (India) aged six months of 20 years. *Ann. Hum. Biol.*, 7(5), 429–40. doi: 10.1080/03014468000004541

Hauspie, R.C., Vercauteren, M., & Susanne, C. (1996). Secular changes in growth. *Horm Res.*, 45(2), 8-17. https://doi.org/bgkr6z

Hauspie, R.C., Vercauteren, M., & Susanne, C. (1997). Secular changes in growth and maturation: an update. *Acta Paediatr Suppl.*, 86(Suppl 423), 20-7. https://doi.org/frm3

Hawamdeh, H., & Spencer, N. (2001). Work, family socioeconomic status, and growth among working boys in Jordan. *Arch Dis Child*. 84(4), 311–4. doi: 10.1136/adc.84.4.311

Heo, J., Krishna, A., Perkins, J.M., Lee, H.Y., Lee, J.K., Subramanian, S.V., & Oh, J. (2019). Community determinants of physical growth and cognitive development among Indian children in early childhood: A multivariate multilevel analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 17(1), 182. doi:10.3390/ijerph17010182

Herdy, C. V., Nunes, R. de A. M., Junior, R. F. S., Rodríguez, F. R., Mattos, D. S., Ramos, S., Teixeira, R., Silva, G. C., & Novaes, J. D. S. (2015). Perfil antropométrico, composición corporal y somatotipo de jóvenes futbolistas brasileños de diferentes categorías y

posiciones. *Educación Física y Deporte*, *34*(2), 507-524. DOI: https://doi.org/10.17533/udea.efyd.v34n2a09

Hernández-Vásquez, L. A. (2012). *Estudio sobre los perfiles antropométrico, motor y funcional, de escolares de ambos sexos en edades de 10-16 años y su relación con los procesos de formación deportiva en el municipio de Ansermanuevo, Valle del Cauca [recurso electrónico]*. http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/3896

Hertzog, M., Paul, D. J., Nassis, G. P., & Silva, J. R. (2018). Does early recruitment predict greater physical performance in academy soccer players? *Sports, 6*(3), 108. https://doi.org/10.3390/sports6030108

Heude, B., Scherdel, P., Werner, A., Le Guern, M., Gelbert, N., Walther, D., Arnould, M., Bellaïche, M., Chevallier, B., Cheymol, J., Jobez, E., N'Guyen, S., Pietrement, C., Reynaud, R., Salaün, J.F., Khoshnood, B., Zeitlin, J., Maccario, J., Breart, G., Thalabard, J.C., Charles, M.A., Botton, J., Frandji, B., & Chalumeau, M. (2019). A big-data approach to producing descriptive anthropometric references: a feasibility and validation study of paediatric growth charts. *Lancet Digit Health*., 1(8), e413-e423. doi: 10.1016/S2589-7500(19)30149-9

Hirose, N. (2009). Relationships among birth-month distribution, skeletal age and anthropometric characteristics in adolescent elite soccer players. *J Sports Sci.*, 27(11), 1159-66. https://doi.org/ffg9mg

Hoffmann, M. D., Colley, R. C., Doyon, C. Y., Wong, S. L., Tomkinson, G. R., & Lang, J. J. (2019). Normative-referenced percentile values for physical fitness among Canadians. *Health Reports*, *30*(10), 14–22. DOI: https://doi.org/10.25318/82-003-x201901000002-eng

Hruschka, D.J. (2021). One size does not fit all. How universal standards for normal height can hide deprivation and create false paradoxes. *Am J Hum Biol.,* 33(5), e23552. doi: 10.1002/ajhb.23552

Huiracocha-Tutiven, L., Orellana-Paucar, A., Abril-Ulloa, V., Huiraco-cha-Tutiven, M., Palacios-Santana, G., & Blume, S. (2019). Child Development and Nutritional Status in Ecuador. *Glob Pediatr Health*, 6, 2333794X18821946. doi: 10.1177/2333794X18821946

Iuliano-Burns, S., Mirwald, R.L., & Bailey, D.A. (2001). Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average, and late maturing boys and girls. *Am J Hum Biol.*, 13(1), 1–8. doi: 10.1002/1520-6300(200101/02)13:1<1:AID- AJHB1000>3.0.CO;2-S

Jacobs, M. (2018). Adolescent BMI: The Importance of Intrinsic and Extrinsic Factors. *The Open Public Health Journal*, 11(1), 147-161. doi: 0.2174/1874944501811010147

Johnson, D. M., Williams, S., Bradley, B., Sayer, S., Murray Fisher, J., & Cumming, S. (2019). Growing pains: Maturity associated variation in injury risk in academy football. *European Journal of Sport Science*, *20*(4), 544-552. https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1633416

Johnston, K., Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2018). Talent identification in sport: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(1), 97-109. DOI: 10.1007/s40279-017-0803-2

Khamis, H., & Roche, A. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: The Khamis-Roche method. *Pediatrics*, 94, 504–507.

Khanna, D., Peltzer, C., Kahar, P., & Parmar, M. S. (2022). Body mass index (BMI): A screening tool analysis. *Cureus, 14*(2), e22119. https://doi.org/10.7759/cureus.22119

Kim, K., Hong, S., & Kim, E.Y. (2016). Reference Values of Skeletal Muscle Mass for Korean Children and Adolescents Using Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLoS ONE*, 11(4), e0153383. doi: 10.1371/journal.pone.0153383

Kimura, J., Tachibana, K., Imaizumi, K., Kurosawa, K., Kuroki, Y. (2003) Longitudinal growth and height velocity of Japanese children with Down's syndrome. *Acta Paediatr.*, 92(9), 1039–42. doi: 10.1080/08035250310004306

Kuczmarski, R.J., Ogden, C.L., Grummer-Strawn, L.M., Flegal, K.M., Guo, S.S., Wei, R., Mei, Z., Curtin, L. R., Roche, A. F., & Johnson, C. L. (2000). CDC growth charts: United States. Advance Data, 314, 1-27.

Kuczmarski, R.J., Ogden, C.L., Guo, S.S., Grummer-Strawn, L.M., Flegal, K.M., Mei, Z., Wei, R., Curtin, L. R., Roche, A. F., & Johnson, C. L. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Stat*, 11(246), 1–190.

Kulaga, Z., Litwin, M., Tkaczyk, M., Różdżyńska, A., Barwicka, K., Grajda, A., Swiader, A., Gurzkowska, B., Napieralska, E., Pan, H. (2010). The height-, weight-, and BMI-for-age of Polish school-aged children and adolescents relative to international and local growth references. *BMC Public Health*, 10, 109. doi: 10.1186/1471-2458-10-109

Largo, R.H., & Prader, A. (1983). Pubertal development in Swiss girls. *Helv Paediatr Acta*, 38(3), 229–243.

Largo, R.H., Gasser, T.H., Prader, A., Stuetzle, W, & Huber, P.J. (1978). Analysis of the adolescent growth spurt using smoothing spline functions. *Ann. Hum. Biol*., 5(5), 421-434. doi: 10.1080/03014467800003071

Larkin, P., Carlon, T., Sortino, B., Greer, S., Cuttiford, T., Wijekulasuriya, G., & Pane, C. (2023). Anthropometry and Physical Performance in 13-Year-Old Australian Talent-Identified Male and Female Athletes Compared to an Age-Matched General Population Cohort. *Children*, *10*(2), 212. DOI: https://doi.org/10.3390/children10020212

Larkin, P., Sortino, B., Carlon, T., Saunders, T., & Pane, C. (2023). Gender- and Sport-specific Normative Anthropometric and Physical Values in Talent-Identified High School Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *37*(3), 606–615. DOI: https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004312

Law, M., Stewart, D., Lette, I., Pollock, N., Bosch, J., & Westmorland, M. (1998). Instrucciones para el formulario de revisión crítica estudios cuantitativos. Westmorland, M.: McMaster University.

Lee, P.A. (1980). Normal ages of pubertal events among American males and females. *J Adolesc Health Care*, 1(1), 26–9. doi: 10.1016/ s0197-0070(80)80005-2

Li, H., Zong, X., Zhang, J., & Zhu, Z. (2011). Physical Growth of Children in Urban, Suburban and Rural Mainland China: A Study of 20 Years' Change. *Biomed Environ Sci.*, 24(1), 1-11. https://doi.org/frm5

Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P.C., Ioannidis, J.P.A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*, 339, b2700. https://doi.org/dh2cj4

Lochbaum, M.R., & Roberts, G.C. (1993). Goal orientations and perceptions of the sport experience. Journal of Sport & Exercise Psychology, 15(2), 160-71. https://doi.org/frmz

López-de-Lara, D., Santiago-Paniagua, P, Tapia-Ruiz, M., Rodríguez-Mesa, M.D., Gracia-Bouthelier, R., & Carrascosa-Lezcano, A. (2010). Valoración del peso, talla e IMC en niños, adolescentes y adultos jóvenes de la Comunidad Autónoma de Madrid. *Anales de Pediatría*. 73(6), 305–19. doi: 10.1016/j.anpedi.2010.03.017

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023). Edad del estirón puberal en altura en niños, niñas y adolescentes de Huila, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, *71*(4), e102130. DOI: https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n4.102130

López-Laiseca, J. D., & Massuça, L. M. (2023). Percentiles y curvas de crecimiento para el peso, la altura y el índice de masa corporal de niños y adolescentes de 2 a 18 años de Huila, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, *71*(3), e102119. DOI: https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.102119

López-Laiseca, J.D., & Massuça, L.M. (2021). Reference values for height, weight, and body mass index of children and adolescents aged 2 to 18. A systematic review with an emphasis on the Colombian population. *Rev Fac Med*., 69(1), e300. doi: 10.15446/revfacmed.v69n1.88774

López-Plaza, D., Alacid, F., Muyor, J. M., & López-Miñarro, P. (2017). Sprint kayaking and canoeing performance prediction based on the relationship between maturity status, anthropometry and physical fitness in young elite paddlers. *Journal of Sports Sciences, 35*(10), 1083–1090. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1310191

Ma, J., Wang, Z., Song, Y., Hu, P., & Zhang, B. (2010). BMI percentile curves for Chinese children aged 7-18 years, in comparison with the WHO and the US Centers for Disease Control and Prevention references. *Public Health Nutr.*, 13(12), 1990-6. https://doi.org/bwzcqc

Malina, R. M. (1994). Physical Growth and Biological Maturation of Young Athletes: *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *22*(1), 280-284. https://doi.org/10.1249/00003677-199401000-00012

Malina, R. M. (2002). The young athlete: Biological growth and maturation in a biocultural context. En *Children and youth in sports: A biopsychosocial perspective* (Segunda, pp. 261-292). Kendall Hunt Pub.

Malina, R. M. (2011). Skeletal Age and Age Verification in Youth Sport. *Journal of Sports Medicine*, *41*(11), 925-947.

Malina, R. M. (2014). Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *85*, 157-173.

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation, and physical activity. Human Kinetics, Ill, USA.

Malina, R. M., Cumming, S. P., Rogol, A. D., Coelho-E-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Konarski, J. M., & Kozieł, S. M. (2019). Bio-Banding in Youth Sports: Background, Concept, and Application. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *49*(11), 1671–1685. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01166-x

Malina, R. M., Rogol, A., Cumming, S., Coelho-e-Silva, M., & Figueiredo, A. (2015). Biological Maturation of Youth Athletes: Assessment and Implications. *British Journal of Sports Medicine*, *49*, 852-859. doi: 10.1136/bjsports-2015-094623

Malina, R.M., & Kozieł, S.M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *J. Sports Sci.*, 32(14), 1374–1382. doi: 10.1080/02640414.2014.889846

Malina, R.M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity. Human Kinetics; 744 p.

Malina, R.M., Choh, A.C., Czerwinski, S.A., Chumlea, W.C. (2016). Validation of Maturity Offset in the Fels Longitudinal Study. *Pediatr Exerc Sci.*, 28(3), 439–55. doi: 10.1123/pes.2015-0090

Marín, M., Martínez, M., & Jiménez, I. (1992). Análisis del crecimiento y desarrollo craneofacial y general en dos poblaciones del valle de Aburrá. *CES odontología* [Internet]. 5:169–76. Disponible en: http:// revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/1694/1104

Marwaha, R.K., Tandon, N., Ganie, M.A., Kanwar, R., Shivaprasad, C., Sabharwal, A., Bhadra, K., & Narang, A. (2011). Nationwide reference data for height, weight and body mass index of Indian schoolchildren. *Natl Med J India*, 24(5), 269-77.

Mason, A., Malik, S., Russell, R. K., Bishop, J., McGrogan, P., & Ahmed, S. F. (2011). Impact of inflammatory bowel disease on pubertal growth. *Hormone Research in Paediatrics*, *76*(5), 293-299. https://doi.org/10.1159/000329991

Matkovic, B.R., Misigoj-Durakovic, M., Matković, B., Jankovic, S., Ruzic, L., Leko, G., & Kondric, M. (2003). Morphological differences of elite Croatian soccer players according to the team position. *Coll Antropol.*, 27(Suppl 1), 167-74.

MATLAB (Versión R2023b). (2023). [Software]. The MathWorks Inc. https://matlab.mathworks.com/

McKay, D., Broderick, C., & Steinbeck, K. (2016). The adolescent athlete: A developmental approach to injury risk. *Pediatric Exercise Science, 28*(4), 488-500.

Méndez-Pérez, B. (2020). Crecimiento y maduración biológica asociados al desempeño físico del joven atleta. *Anales Venezolanos de Nutrición, 33*(1), 24-30. https://doi.org/10.5935/0798-07522020000100024

Ministerio de Salud y Protección Social. (2010). Resolución 2121. Se adoptan los Patrones de Crecimiento publicados por la Organización Mundial de la Salud- OMS en el 2006 y 2007 para los niños, niñas y adolescentes de 0 a 18 años de edad [Gubernamental]. Suin-Juriscol.

Ministerio de Salud. (1993). Resolución 008430. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. [Gubernamental]. MinSalud. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF

Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G., Bailey, D.A., & Beunen, G.P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.*, 34(4), 689–94. doi: 10.1097/00005768-200204000-00020

Moore, S., McKay, H., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A.D., Cameron, N., & Brasher. P.M. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Med Sci Sports Exerc*., *47*(8), 1755-64. doi: 10.1249/MSS.0000000000000588. PMID: 25423445.

Morisaki, N., Urayama, K.Y., Yoshii, K., Subramanian S.V., & Yokoya, S. (2017). Ecological analysis of secular trends in low birth weight births and adult height in Japan. *J Epidemiol Community Health*. 71(10), 1014–8. doi:10.1136/jech-2017-209266

Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2018). Importance of speed and power in elite youth soccer depends on maturation status. *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(1), 297–303. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001962

Mushtaq, M.U., Gull, S., Mushtaq, K., Abdullah, H.M., Khurshid, U., Shahid, U., et al. (2012). Height, weight and BMI percentiles and nutritional status relative to the international growth references among Pakistani school-aged children. *BMC Pediatr.*, 12, 31. doi: 10.1186/1471-2431-12-31

Muzzo, S. (2003). Crecimiento normal y patológico del niño y del adolescente. *Rev. Chil. nutr.*, 30(2), 92-100. https://doi.org/cz73db

National Center for Health Statistics. (2009). Growth Charts – Data Tables. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; [cited 2022 Abr 14]. Available from: https://www.cdc.gov/growthcharts/data_tables.htm

Neyzi, O., Furman, A., Bundak, R., Gunoz, H., Darendeliler, F, & Bas, F. (2006). Growth references for Turkish children aged 6 to 18 years. *Acta Paediatr.*, 95(12), 1635–1641. doi: 10.1080/08035250600652013

Nieman, D. C., & Wentz, L. M. (2019). The compelling link between physical activity and the body's defense system. *Journal of Sport and Health Science*, *8*(3), 201–217. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.09.009

Norton, K., & Olds, T. (1995). *Antropométria: Un libro de referencia sobre mediciones corporales humanas para la educación en deportes y salud*. Rosario: BIOSYSTEM Servicio Educativo.

Norton, K., & Olds, T. (2001). Morphological Evolution of Athletes Over the 20th Century. *Sports medicine*, *31*, 763–783. DOI: https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00001

Norton, K., Olds, T., Olive, S., & Craig, N. P. (1996). Anthropometry and sports performance. In K. Norton and T. Olds (Eds), Anthropometrica, (pp. 287–364). UNSW Press.

Nughes, E., Rago, V., Aquino, R., Ermidis, G., Randers, M. B., & Ardigò, L. P. (2020). Anthropometric and Functional Profile of Selected vs. Non-Selected 13-to-17-Year-Old Soccer Players. *Sports*, *8*(8), 111. DOI: https://doi.org/10.3390/sports8080111

Olszowy, K.M., Dufour, D.L., Bender, R.L., Bekelman, T.A., & Reina, J.C. (2012). Socioeconomic status, stature, and obesity in women: 20-year trends in urban Colombia. *Am J Hum Biol.*, 24(5), 602-10. https://doi.org/f36tz9

Ortega-Bonilla, R.A., & Chito-Trujillo, D.M. (2014). Valoración del estado nutricional de la población escolar del municipio de Argelia, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 16(4), 547–59. doi: 10.15446/rsap.v16n4.40658.

Oyón Belaza, P., Franco Bonafonte, L., Rubio Pérez, F. J., & Valero, A. (2016). Fútbol femenino categorías inferiores. Características antropométricas y fisiológicas. Evolución a lo largo de una temporada. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, *33*(171), 24–28.

Pan, H., & Cole, T. (2011). *LMSchartmaker, a program to construct growth reference data using the LMS method.* (2.54). http://www.healthforallchildren.com?product=lmschartmaker-pro.

Parpa, K., & Michaelides, M. (2022). Age-Related Differences in the Anthropometric and Physical Fitness Characteristics of Young Soccer Players: A Cross-Sectional Study. *Children*, *9*(5), 650. DOI: https://doi.org/10.3390/children9050650

Peña-González, I., Fernández-Fernández, J., Moya-Ramón, M., & Cervelló, E. (2018). Relative age effect, biological maturation, and coaches' efficacy expectations in young male soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 89*(3), 373–379. https://doi.org/10.1080/02701367.2018.1473461

Pérez, S. L., Ramos, L. M. C., Veitía, W. C., & Bermúdez, Y. C. (2020). Evaluación antropométrica nutricional de las voleibolistas en la escuela de talentos de Trujillo—Venezuela. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, *14*(2). DOI: https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/33

Pesantez, R. M. M., Pereira, L. G., Sánchez, D. A. G., Morales, P. P. R., Fuente, Y. A. de la R., & Toro, A. M. C. (2022). Anthropometric and capacitive analysis of the Ecuadorian senior national women's soccer team (Análisis antropométrico y capacitivo del equipo nacional femenino de fútbol de mayores de Ecuador). *Retos*, *44*, 716–727. DOI: https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.91487

Pion, J., Hohmann, A., Liu, T., Lenoir, M., & Segers, V. (2017). Predictive models reduce talent development costs in female gymnastics. *Journal of Sports Sciences*, *35*(8), 806–811. DOI: https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1192669

Pion, J., Segers, V., Fransen, J., Debuyck, G., Deprez, D., Haerens, L., Vaeyens, R., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2015). Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *European Journal of Sport Science, 15*(4), 357–366. https://doi.org/10.1080/17461391.2014.977474

Quintana-Domeque, C., Bozzoli, C., & Bosch, M. (2012). The evolution of adult height across Spanish regions, 1950-1980: a new source of data. *Econ Hum Biol*, 10(3), 264–75. doi: 10.1016/j.ehb.2011.08.004

Ramírez-Vélez, R., Martínez, M., Correa-Bautista, J.E., Lobelo, F., Izquierdo, M., Rodríguez-Rodríguez, F., & Cristi-Montero, C. (2017). Normative Reference of Standing Long Jump for Colombian Schoolchildren Aged 9-17.9 Years: The FUPRECOL Study. *J Strenght Cond Res.*, 31(8), 2083-90. https://doi.org/fq5c

Ramos-Sepúlveda, J. A., Ramírez-Vélez, R., Correa-Bautista, J. E., Izquierdo, M., & García-Hermoso, A. (2016). Physical fitness and anthropometric normative values among Colombian-Indian schoolchildren. *BMC Public Health*, *16*, 962. https://doi.org/10.1186/s12889-016-3652-2

Ramos, S., Volossovitch, A., Ferreira, A. P., Barrigas, C., Fragoso, I., & Massuça, L. (2020). Differences in Maturity, Morphological, and Fitness Attributes Between the Better- and Lower-Ranked Male and Female U-14 Portuguese Elite Regional Basketball Teams. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(3), 878-887. doi: 10.1519/JSC.0000000000002691.

Ramos, S., Volossovitch, A., Ferreira, A. P., Fragoso, I., & Massuça, L. (2021). Training experience, maturational, morphological and fitness attributes as individual performance predictors in male and female Under-14 Portuguese elite basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 35*(7), 2025-2032. doi: 10.1519/JSC.0000000000003042.

Ramos, S., Volossovitch, A., Ferreira, A. P., Fragoso, I., & Massuça, L. (2019). Differences in maturity, morphological and physical attributes between players selected to the primary and secondary teams of a Portuguese Basketball elite academy. *Journal of Sports Sciences*, *37*(15), 1681-1689. doi: 10.1080/02640414.2019.1585410

Ré, A.H.N. (2011). Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. *Motricidade*, 7(3), 55-67.

Redlefsen, T., Commentz, J., Meigen, C., & Hermanussen, M. (2007). Reference values for height, weight and body mass index of German born Turkish children. *Anthropol Anz.*, 65(3), 236-74. https://doi.org/frk3

Regnier, G., Salmela, J., Russell, S.J. (1993). *Talent detection and development in sport.* In: Singer, Murphey, Tennant, editors. Handbook on research on sport psychology. New York: Macmillan. p. 290-313.

Reilly, T., & Williams, M. (2003). *Science and soccer* (Segunda). Taylor & Francis e-Library. http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/77522/1/259.pdf

Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, *18*(9), 695–702. DOI: https://doi.org/10.1080/02640410050120078

Ribeiro Junior, D. B., Vianna, J. M., Oliveira, H. Z. de, Silva, R. C. P., & Werneck, F. Z. (2021). Gold Score Basketball: Um modelo científico híbrido de identificação de talentos para o basquetebol masculino. *Motricidade*, *17*(4), 346-358, 2022. https://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/22607

Rivera-Sosa, J. M. (2016). Propiedades antropométricas y somatotipo de jugadores de baloncesto de diferente nivel competitivo. *International Journal of Morphology*, *34*(1), 179–188. DOI: https://doi.org/10.4067/S0717-95022016000100026

Roche, A., Chumlea, W., & Thissen, D. (1988*). Assessing the skeletal maturity of the hand wrist - FELS method*. Springfield, IL: CC Thomas.

Rodriguez-Valero, F. J., Gualteros, J. A., Torres, J. A., Umbarila-Espinosa, L. M. U., & Ramírez-Vélez, R. (2015). Asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. *Nutricion Hospitalaria*, *32*(4), 1559-1566. https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9310

Silva, D.A.S., Pelegrini, A., Petroski, E.L., & Gaya, A.C.A. (2010). Comparison between the growth of Brazilian children and adolescents and the reference growth charts: data from a Brazilian project. *J Pediatr*., 86(2), 115-120. doi: 10.1590/S0021-75572010000200006

Silva, S., Freitas, D., & Maia, J. (2017). Curvas de velocidade da altura e os parâmetros do salto pubertário de crianças e adolescentes Caririenses. *Rev. Bras. Educ. Fís. Esporte*, 31(4), 729–39.

Soares, N.T. (2003). Um novo referencial antropométrico de crescimento: significados e implicações. *Rev Nutr.*, 16(1), 93-103. https://doi.org/dfzp25

Soliman, A., De Sanctis, V., Elalaily, R., & Bedair, S. (2014). Advances in pubertal growth and factors influencing it: Can we increase pubertal growth? *Indian J Endocrinol Metab*. 18(1), S53-S62. doi: 10.4103/2230-8210.145075.

Soto, G. M. (2023). Efecto de ejercicios pliométricos modificados en voleibol categoría 13-15 años masculino (Effect of modified plyometric exercises in volleyball 13-15 years old male category). *Retos*, *48*, 244–251. https://doi.org/10.47197/retos.v48.94226

Souto-Toyos, G.P. (2011). Análisis comparativo del perfil antropométrico de dos equipos de básquetbol sub 15. *Revista Universitaria de la educación Física y el Deporte*. 4(4), 54-63.

Sovio, U., Bennett, A.J., Millwood, I.Y., Molitor, J., O'Reilly, P. F., Timpson, N. J., Kaakinen, M., Laitinen, J., Haukka, J., Pillas, D., Tzoulaki, I., Molitor, J., Hoggart, C., Coin, L. J. M., Whittaker, J., Pouta, A., Hartikainen, A.-L., Freimer, N. B., Widen, E., … Jarvelin, M.-R. (2009). Genetic determinants of height growth assessed longitudinally from infancy to adulthood in the northern Finland birth cohort 1966. *PLoS Genet*., 5, e1000409. doi: 10.1371/journal.pgen.1000409

Stanforth, P.R., Crim, B.N., Stanforth, D., & Stults-Kolehmainen, M.A. (2014). Body composition changes among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multiyear time frame. *J Strength Cond Res*., 28(2), 300-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a20f06

Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, J. (2011). International Standards for Anthropometric Assessment. En *Potchefstroom, South Africa, ISAK* (Vol. 137).

Sung, R.Y., So, H.K., Choi, K.C., Nelson, E.A., Li, A.M., Yin, J.A., Kwok, C.W., Ng, P.C., & Fok, T.F. (2008). Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children. *BMC Public Health*, 8, 324. doi: 10.1186/1471-2458-8-324

Suwa, S., & Tachibana, K. (1993). Standard Growth Charts for Height and Weight of Japanese Children from Birth to 17 Years Based on a Cross-sectional Survey of National Data. *Clin Pediatr Endocrinol.*, 2(2), 87-97. https://doi.org/frmv

Tambalis, K.D., Panagiotakos, D.B., Arnaoutis, G., Psarra, G., Maraki, M., Mourtakos, S., Grigorakis, D., & Sidossis, L. S. (2015). Establishing cross-sectional curves for height,

weight, body mass index and waist circumference for 4- to 18-year-old Greek children, using the Lambda Mu and Sigma (LMS) statistical method. *Hippokratia*, 19(3), 239-48.

Tambalis, K.D., Panagiotakos, D.B., Psarra, G., Daskalakis, S., Kavouras, S.A., Geladas, N., Tokmakidis, S., & Sidossis, L. (2016). Physical fitness normative values for 6-18-year-old Greek boys and girls, using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical method. *Eur J Sport Sci*., 16(6), 736–46. doi:10.1080/17461391.2015.1088577

Tanner, J., Healy, M., Goldstein, H., & Cameron, C., (2001). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method)*. London: W.B. Saunders.

Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marubini, E., & Resele, L.F. (1976). The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann. Hum. Biol.*, 3(2), 109–26. doi: 10.1080/03014467600001231

te Wierike, S.C., Elferink-Gemser, M.T, Tromp, E.J., Vaeyens, R., & Visscher, C. (2015). Role of maturity timing in selection procedures and in the specialisation of playing positions in youth basketball. *J. Sports Sci*., 33, 337–345. doi: 10.1080/02640414.2014.942684

The World Medical Association [WMA] (2013). Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 64th General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013 [Internet]. [citado el 21 de marzo de 2022]. Disponible en: https://www.wma.net/ policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/

Thompson, A.L. (2021). What is normal, healthy growth? Global health, human biology, and parental perspectives. *Am J Hum Biol*., 33(5), e23597. doi: 10.1002/ajhb.23597

Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Kortajarena, M., . . . Irazusta, J. (2013). Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *Journal of Sports Sciences*, *31*(2), 196-203.

Urlacher, S.S., Blackwell, A.D., Liebert, M.A., Mmadimenos, F.C., Cepon- Robins, T.J., Gildner, T.E., Snodgrass, J. J., & Sugiyama, L. S. (2016). Physical Growth of the Shuar: Height, Weight, and BMI References for an Indigenous Amazonian Population. *Am. J. Hum. Biol.*, 28, 16–30. doi: 10.1002/ajhb.22747

Uscátegui-Peñuela, R.M., Pérez-Giraldo, J.A., Aristizábal-Rivera, J.C., Camacho-Pérez, J.A. (2003). Exceso de peso y su relación con presión arterial alta en escolares y adolescentes de Medellín, Colombia. *ALAN*, 53(4), 376-82.

Uscátegui-Peñuela, R.M., Pérez-Giraldo, J.A., Aristizábal-Rivera, J.C., & Camacho-Pérez, J.A. (2003). Exceso de peso y su relación con presión arte- rial alta en escolares y adolescentes de Medellín, Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(4), 376-382. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400007&lng=es.

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine*, *38*(9), 703–714. DOI: https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001

Vaeyens, R., Malina, R. M., Janssens, M., Van Renterghem, B., Bourgois, J., Vrijens, J., & Philippaerts, R. M. (2006). A multidisciplinary selection model for youth soccer: The Ghent Youth Soccer Project. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(11), 928–934. DOI: https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.029652

Vasconcelos Teixeira, R., Peixoto Dantas, M., Monteiro Pinto, V. C., de Araújo Tinôco Cabra, B. G., Vasconcelos Teixeira, R., Peixoto Dantas, M., Monteiro Pinto, V. C., & de Araújo Tinôco Cabra, B. G. (2019). Influência dos diferentes estágios maturacionais na força de jovens praticantes de voleibol. *Educación Física y Ciencia*, *21*(3), 85–85. https://doi.org/10.24215/23142561e085

Verdugo, M. F. (2015). Biological maturation process and athletic performance. *Revista Chilena de Pediatría, 86*(6), 383-385. https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.10.003

WHO (2006). WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatrica*., Supplement, 450, 76-85. doi: 10.1111/j.1651-2227.2006.tb02378.x.

Wickel, E.E., Eisenmann, J.C., & Welk, G.J. (2009). Maturity-related variation in moderate-to-vigorous physical activity among 9-14-year-olds. *J. Phys. Act. Health*, 6(5), 597–605. doi: 10.1123/jpah.6.5.597

Williams, C. A., Oliver, J. L., & Faulkner, J. (2011). Seasonal monitoring of sprint and jump performance in a soccer youth academy. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *6*(2), 264–275. DOI: https://doi.org/10.1123/ijspp.6.2.26

Williams, C. A., Wood, L., & De Ste Croix, M. (2013). Growth and maturation during childhood. In M. De Ste Croix & T. Korff (Eds.), *Paediatric biomechanics and motor control: Theory and application* (pp. 73-89). Routledge.

World Health Organization [WHO] (1995). Physical status: The use of and interpretation of anthropometry, report of a WHO expert committee. WHO Library Cataloguing. https://iris.who.int/handle/10665/37003

World Health Organization [WHO] (2006). Child growth standards. Geneve: WHO; [cited 2022 Jun 15]. Available from: https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards

World Health Organization [WHO] (2007). Growth reference data for 5-19 years. Geneve: WHO; [cited 2022 Abr 14]. Available from: https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years

World Medical Association (2013). *WMA Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 64th General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013*. The World Medical Association. https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/

Yoshii, K., & Tanaka, T. (2018). Establishment of a longitudinal growth chart corresponding to pubertal timing. *Clin Pediatr Endocrinol*, 27(4), 215–224. doi: 10.1297/cpe.27.215