

## Entrenamiento de la fuerza sobre la mineralización ósea en futbolistas sub15, del Club Cortuluá

### Impact of strength training on bone mineralization in under-15 soccer players from Cortuluá club

Mg. Luis Hebert Palma Pulido, Lic. Jessica Fabiana Cardona Castiblanco, Mg. Aida Yineth Palma Pulido, Lic. Marcela Vélez Better  
Unidad Central del Valle del Cauca (Colombia)

**Resumen.** El objetivo de este proyecto fue determinar el efecto de un plan de entrenamiento aplicado a la manifestación de la fuerza, sobre la mineralización ósea en jóvenes deportistas de la categoría sub15 de la ciudad de Tuluá. Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental y corte longitudinal. La población Participante de este estudio fueron 23-sujetos del equipo Cortuluá con edades promedio de 15,13 años con desviación estándar (DS) 0,264 divididos en dos grupos, uno experimental (11 deportistas pertenecientes a la cantera) y otro control (12 sujetos-que entrenaban en la academia sin periodizar la fuerza). La densidad mineral ósea (DMO) se determinó teniendo en cuenta el pico de velocidad de crecimiento (PVC) y otras variables antropométricas. La intervención tuvo una duración de 3 meses, con una frecuencia semanal de 3 días y los trabajos de fuerza se-ejecutaron durante 45 minutos previos al entrenamiento general del grupo. Dentro de los resultados se pudo apreciar que, ambos grupos presentaron mejoras, pero fue el grupo experimental quien evidenció cambios estadísticamente significativos  $p=0,000$ . Como conclusión principal se pudo determinar que, el ejercicio es vital para mejorar la DMO puesto que, el grupo control a pesar de que no realizó un entrenamiento de fuerza, demostró resultados positivos, sin embargo, cuando dicha práctica deportiva se complementa con ejercicios de fuerza, los resultados son mejores, como lo evidenció el grupo experimental, es importante señalar que, el desarrollo de esta capacidad puede utilizarse para generar transferencia al campo.

**Palabras clave:** fútbol, adolescentes, densidad mineral ósea, fuerza muscular.

**Abstract.** The aim of this experiment was to investigate the impact of a training plan on the expression of strength on bone mineralization in young athletes belonging to the Under-15 category in the city of Tuluá. This study employed a quantitative methodology, utilizing a quasi-experimental design and a longitudinal approach. The study included a participant population of 23 individuals from the Cortuluá team, with an average age of 15.13 years and a standard deviation (SD) of 0.264. The participants were divided into two groups: an experimental group consisting of 11 athletes from the youth academy, and a control group consisting of 12 subjects who trained in the academy without periodizing strength. The determination of bone mineral density (BMD) considered peak growth velocity (PVC) and other anthropometric factors. The intervention lasted 3 months, occurring on a weekly basis for 3 days. The strength training component was conducted for a duration of 45 minutes before the regular training session of the group. The results indicated that both groups shown improvements; however, it was the experimental group that exhibited statistically significant changes with a p-value of 0.000. In summary, it was found that exercise is crucial for enhancing bone mineral density (BMD). The control group, despite not engaging in strength training, still showed positive results. However, when strength exercises were added to the sports practice, the experimental group demonstrated even better outcomes. It is worth noting that this capacity development can be utilized to generate transfer to the field.

**Key words:** Adolescent. Bone Mineral Density. Muscle strength.

Fecha recepción: 03-01-23. Fecha de aceptación: 12-02-24

Mg. Luis Hebert Palma Pulido

lpalma@uceva.edu.co

## Introducción

El proceso evolutivo del ser humano pasa por varias etapas, es así como Mansilla (2000) expone las siguientes: primera infancia 0-5 años, la segunda infancia 6-12 años y la adolescencia entre los 13-19 años, resaltando que, de los 12-14 y 15-17 años se presentan cambios muy marcados a nivel fisiológico y psicológico. Con relación a la masa ósea, MacKelvie, Khan, y McKay (2002) explican que, las edades sensibles para obtener una estructura esquelética, oscilan entre los 12 y 14 años y que el hueso adulto final se forma en los dos años próximos, es decir entre los 13 y 15,5 años (edades en las que se llevó a cabo este estudio). Es por ello que, un inadecuado estímulo en estas edades, puede afectar un buen desarrollo óseo (Winther et al., 2015). La alimentación y el ejercicio son dos variables que influyen sobre la DMO, la primera está relacionada con la ingesta diaria de micronutrientes como el calcio y vitamina D, estos deben consumirse entre 1000 a 1200 mg y 200 a 400 IU respectivamente en adolescentes, (González, 2020; Hernández, 2019; Services U.S. Department of

health & Human, 1994). En Colombia se determinó que, los jóvenes entre 13 y 17 años, poseen deficiencia de vitaminas y minerales, como el hierro, calcio y zinc, Ministerio de Salud y protección Social (Minsalud, 2015). Al igual que la alimentación, el ejercicio juega un rol importante en el desarrollo del adolescente y su maduración ósea, puesto que, una baja masa grasa y buena masa muscular, afecta de forma positiva el pico óseo máximo (POM) y por ende la DMO (Luna Villouta et al., 2022). Sumado a ello, la raza, el género y la genética son factores primarios para un buen desarrollo del POM, mientras que, el nivel socioeconómico y la menarquia pueden ser secundarios (Zhu & Zheng, 2021). Con relación a la fuerza, la cual se caracteriza por ser la capacidad que tiene un sujeto de vencer o soportar una resistencia por medio de contracciones musculares (Aragón Arjona, 2005), se debe mencionar que, los humanos son incapaces de producir voluntariamente fuerza muscular máxima (Schoenfeld, 2016), no obstante, su estímulo por medio del entrenamiento de cargas genera ganancias e incrementa el reclutamiento de unidades motoras, esto gracias a la tensión muscular, la cual se genera cuando dicha

masa se contrae, ocasionando lo que se conoce como la teoría del deslizamiento de los filamentos. En este proceso, el calcio juega un papel importante, debido a que, su objetivo está determinado a desbloquear los puntos de unión de actina-miosina y del ATP liberando energía y generando el golpe de movimiento, (Fernández Vaquero, 2008).

El entrenamiento de fuerza enfocado en edades tempranas, puede realizarse y está avalado por diversos entes de la medicina del deporte, la actividad física y la pediatría (Lagares Vázquez & Rebollo, 2022). Por otro lado, Izquierdo, Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibáñez y Gorostiaga (2002), explican cómo la fuerza actúa sobre el sistema neuromuscular y esta puede generar potencia, gracias a que se constituye en una cualidad física importante en diversas modalidades deportivas, puesto que, tiene un efecto positivo sobre la agilidad, siendo partícipe directa en la gran mayoría de los gestos motrices que se requieren en la práctica de cualquier deporte (Luna-Villouta et al., 2023), siendo de esta manera, en el eje central del porqué se realizó un mesociclo enfocado a la potencia en esta investigación.

Durante la etapa de preadolescencia el entrenamiento de fuerza promueve adaptaciones a nivel neuromuscular así como una buena coordinación intra e intermuscular (Peña-González, Fernández-Fernández, Cervelló, & Moya-Ramón, 2019), (Martínez-Pérez & Vaquero-Cristóbal, 2021), generándose esto, en las primeras semanas de entrenamiento, gracias a la activación de músculos agonistas y coactivación de sinergistas (Hammami Mehréz, Shephard, & Chelly, 2017), claro está que dichas adaptaciones dependen de la edad biológica del deportista, la cual se relaciona con la cantidad de hormonas androgénicas, las cuales pueden ocasionar un aumento del área muscular transversal, síntesis de glucógeno y cambios en la composición corporal (Muscella, Vetrugno, Spedicato, Stefano, & Marsigliante, 2019). Adicional a lo anterior, el trabajo de fuerza puede mejorar la coordinación motora, los perfiles de lípidos en sangre y la salud mental, (Martins, Cardoso, Honório, & Silva, 2020), así mismo, el trabajo de fuerza en la preadolescencia o adolescencia no es perjudicial y produce beneficios relacionadas con la salud del deportista, como lo es el aumento la densidad mineral ósea, (Martínez-Pérez & Vaquero-Cristóbal, 2021). Para finalizar este segmento, se deben entender que, el entrenamiento de fuerza con sus diversas manifestaciones, produce adaptaciones positivas no solo en el ámbito deportivo, además juega un papel importante en la salud, (Costa, Parodi Feye, & Magallanes, 2021).

La mineralización ósea es esencial para un buen desarrollo de la práctica deportiva, pues por medio de esta se logra una mejor salud de los huesos (Andreoli et al., 2001), así mismo el ejercicio puede mejorar el desarrollo óseo, (Wojtys, 2020). Igualmente, generar una mejor salud ósea depende de una interacción compleja entre factores mecánicos, fisiológicos, estilo de vida y estímulos hormonales como la hormona paratiroidea o los estrógenos (Cossio Bolaños et al., 2018), (van der Burgh, de Keyser, Zillikens y Stricker, 2021). A nivel deportivo se pueden apreciar

mineralizaciones óseas diferentes de acuerdo a las posiciones de juego y/o categorías (Corredor-Serrano, García-Chavez, & Arboleda-Franco, 2022), (Ceballos-Gurrola, Bernal-Reyes, Jardón-Rosas, & Enríquez-Reyna, 2021), (Sebastiá-Amat, Pueo, Villalon-Gasch, & Jimenez-Olmedo, 2020). Dentro de los ejercicios a realizar que puedan mejorar una salud ósea, se encuentran los aeróbicos y anaeróbicos, siendo estos últimos los más utilizados, puesto que, generan mayor impacto, no obstante, el ejercicio aeróbico puede presentar efectos positivos en la masa ósea (Bae et al., 2023), debido a que el ejercicio aeróbico puede activar los procesos enzimáticos relacionados con los osteoblastos, por ello, combinar actividades aeróbicas con anaeróbicas, pueden representar mejoras en protocolos osteogénicos (Benedetti, Furlini, Zati, & Letizia, 2018). Pese a lo anterior, esta investigación no tuvo en cuenta la planificación del ejercicio aeróbico, puesto que se basó en el trabajo de fuerza realizado antes del entrenamiento normal de los jugadores.

La DMO se obtiene durante la niñez y adolescencia, sin olvidar que, se requiere un proceso de crecimiento durante el desarrollo fetal, (Yeste, 2015), adicional, durante el desarrollo biológico, se inician cambios en el cuerpo y esto hace que el tamaño del hueso pueda aumentar, generando una mayor velocidad de acumulación de mineralización ósea (Kannus et al., 1995). Durante el crecimiento, la DMO aumenta progresivamente en los hombres, dándose en la adolescencia o al final de la segunda década un 95% de su totalidad (Marcus, 2001), (Golden, Abrams, & COMMITTEE ON NUTRITION, 2014), mientras que, el pico de masa ósea se presenta entre la segunda y tercera década de vida (Baxter-Jones, Faulkner, Forwood, Mirwald y Bailey, 2011). Lo descrito evidencia que, un desarrollo inadecuado de la DMO puede impactar sobre el deterioro de la microarquitectura y aumentar el riesgo de fractura (Sobh et al., 2022)

Para el fortalecimiento de la DMO, los ejercicios o actividades deben ser direccionadas en primera medida a soportar el peso corporal y después a trabajos con cargas (Wojtys, 2020), (Creighton, Morgan, Boardley, y Brolinson, 2001). El trabajo de fuerza sobre la masa ósea es muy importante, puesto que activa el mecanismo denominado *mecanostato*, el cual es un sistema continuo de dosis-respuesta de magnitudes de tensión, que provoca cambios de reabsorción, regeneración o formación en el hueso, es decir, regula efectos de remodelación ósea basados en la tensión o fuerza a la que es sometida la masa ósea (Frost, 1987; Hart et al., 2017).

Cabe resaltar que, la fuerza es la principal capacidad física que se debe trabajar para mejorar la DMO y ojalá con cargas entre el 65 y 95% de la RM, (Cornish et al., 2018; Cunha et al., 2018; Holwerda et al., 2018; Kemmler, Shojaa, Kohl, y von Stengel, 2020; Mosti, Kaehler, Stunes, Hoff, y Syversen, 2013; y Stunes et al., 2017). Por último, para determinar la DMO, existen diversas opciones, siendo la absorciometría dual de rayos X (DXA), una de las más confiables (Di Iorgi, Maruca,

Giuseppa, y Mora, 2018), no obstante Malina, Bouchard, ar-Or (2004) señalan que, indicadores como la maduración biológica a partir de caracteres sexuales secundarios, edad esquelética y el PVC, son útiles, así pues, Mirwald, Baxter-Jones, Bailey, Beunen (2002) describen que, el PVC es una forma sencilla y fácil de usar que da a conocer en las poblaciones escolares la maduración ósea y ha sido utilizada en varios estudios como los de (Alvear-Vasquez et al., 2020), (Vidarte Claros, Vélez Álvarez, Arango Arenas, & Parra Sánchez, 2020) y (Luna-Villouta et al., 2022), solo por mencionar algunos.

Teniendo en cuenta lo mencionado en este apartado, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de un plan de entrenamiento aplicado a la manifestación de la fuerza, sobre la mineralización ósea en jóvenes deportistas de la categoría sub15 del Club Cortuluá y establecer si dicho trabajo tiene un efecto positivo o no sobre la DMO.

## Metodología

### Tipo de estudio y muestra

El enfoque fue cuantitativo, el alcance explicativo, el diseño cuasi experimental y el corte longitudinal.

El Club Deportivo Cortuluá en la ciudad de Tuluá, cuenta con 5 categorías en la cantera (entrenan en las mañanas) y un total de 120 futbolistas, de los cuales 25 hacen parte de la categoría sub15 y de estos se escogieron los 11 que más participan de la titularidad en cada encuentro deportivo, dando como resultado una muestra no probabilística a conveniencia y no aleatorizada. De igual manera, el grupo control se determinó a partir del proceso mencionado, dejando 12 jugadores para el estudio. Es de resaltar que el grupo experimental entrenaba de lunes a viernes y lo hacía en las mañanas; además, el estímulo de la fuerza se llevaba a cabo tres veces/semana, previo al entrenamiento con el equipo. El grupo control entrenaba solo tres veces/semana y en las tardes. Dicho entrenamiento no tenía una planificación de la fuerza específica como el experimental, sin embargo las sesiones eran de 90 a 120 minutos con sus respectivas pausas para hidratar y, consistía en un calentamiento, una fase central, que en algunos casos se basaba en acciones propias del fútbol, en otros al desarrollo de la técnica o algunas cualidades específicas del deporte y la fase final. Ninguno de los jugadores del grupo control realizaba entrenamientos adicionales en gimnasios o centro de acondicionamiento.

Las edades promedio fueron de 15,13 años DS 0,264, el peso 56,75 DS 5,1 y estatura de 1,69 metros DS 7,3. El intervalo de confianza que se adoptó fue del 95% y dicho estudio fue aprobado por vicerrectoría de investigaciones de la UCEVA, con radicado PI-1300-50,2-2021-04, vinculando dos estudiantes del pregrado de Licenciatura en Educación Física Recreación y Deporte y una docente hora cátedra del programa.

### Técnicas, procedimientos e instrumentos

Para la recolección de datos de los jugadores, en primera

instancia se realizó un consentimiento informado, el cual firmaron los padres aceptando el proceso de intervención. Los datos antropométricos se tomaron según la ISAK, para ello, los jugadores se citaron tanto en el pre como en el post test en ayunas, en la mañana y con ropa cómoda. La estatura y peso corporal fueron determinados por medio de una báscula con tallímetro marca Health O meter modelo 402kl. La variable de porcentaje de grasa, que puede ser indirecta para este tipo de estudio, pero que de igual forma es importante conocerla para observar correlaciones, se halló con la fórmula de Yuhasz modificado por Carter (1982) y con la toma de los pliegues tríceps, subescapular, abdominal, supraespinal, muslo y pierna tomados con un calibre Lange Skinfold. Lo anterior, teniendo en cuenta que, al ser deportistas, datos tanto del tren superior como inferior respecto a la grasa expresada en mm son necesarios conocerlos. Para medir los diámetros óseos del fémur y la longitud del brazo se utilizó un calibrador-pie de rey (paquímetro) marca Faga, para huesos pequeños y largos. De igual forma y, aunque no se manipulo la variable nutrición, si se realizó una anamnesis alimentaria con el software *Nutrimind*, donde se evidenció que ninguno de los deportistas consumía algún suplemento nutricional, adicional a ello, la cantidad de calcio calculada era menor a 1300 mg/día, (Medina et al., 2020) dato importante, gracias a que este mineral es crucial para el desarrollo de la masa ósea. Igualmente, la cantidad de proteína no era la óptima en la gran mayoría de los participantes, llegando solo a un consumo de 0,7 a 1,0/kg de peso/día, cuando las recomendaciones para jóvenes atletas debe ser mínimo de 1,2 g/kg de peso/día, según la técnica de Indicador de Oxidación de Aminoácidos (Examine, 2020)

Para el trabajo planificado de fuerza con el grupo experimental, se tuvo en cuenta lo expresado por Acevedo, Hincapie, y Sanchez (2008) y Bompa y Buzzichelli (2017), quienes describen que los métodos más utilizados para mejorar esta capacidad son: método de carga submáxima (FM – I), método de carga máxima (FM- II), las cargas Submáximas (FM-I) y máxima (FM-II), siendo de gran aplicabilidad para aumentar el tamaño del músculo y el reclutamiento de más fibras de contracción rápida, de igual forma se encuentra el método *Maxex*, el cual se destaca por ejercicios combinados de fuerza máxima y explosividad, (Bompa y Buzzichelli, 2017) y que se utilizó e la fase de transferencia.

Dentro de los criterios de inclusión se tuvieron en cuenta que, los futbolistas de ambos grupos participaran en un porcentaje mayor al 80% de las sesiones totales, que llevaran mínimo un año en el club y que no tuvieran una lesión de tejidos blandos u óseos en el último año, igualmente aquellos futbolistas que consumían suplementos como proteínas, creatina, calcio, magnesio, vitamina D y/o multivitamínicos eran excluidos, esto debido a que, el uso de estas ayudas ergogénicas pueden mejorar la formación de masa ósea.

Para determinar la DMO se emplearon las siguientes fórmulas:

Densidad mineral ósea. Antes de conocer la DMO se

debe hallar el PVC, para ello, se utilizó la fórmula estipulada por Mirwald et al. (2002), la cual indica que:

$$PVC \text{ niños} = -9,232 + 0,0002708(LMI * AS) - 0,001663(E * LMI) + 0,007216(E * ES) + 0,02292(MC/AV).$$

Dónde: LMI = Longitud de miembros inferiores, AS = Altura sedente, E = Edad, MC = Masa corporal, AV = Altura vertical.

Después de obtener el PVC se determinó la DMO por medio de la fórmula expuesta por Gómez et al. (2017), la cual indica lo siguiente:

$$DMO \text{ niños} = 0,605 + (0,056 * VPC) + (0,008 * LA) + (0,022 * DF).$$

Dónde: VPC= pico de velocidad de crecimiento, LA=longitud del antebrazo y DF= diámetro biepicondilar femoral.

La variable independiente fue el programa de entrenamiento (ver gráfico de macrociclo). El PVC en esta investigación se determinó por medio de la fórmula propuesta

por Mirwald et al. (2002), la cual requiere datos antropométricos sencillos como lo son la edad, peso, estatura, longitud de los miembros inferiores, altura tronco cefálica y unas constantes que hacen parte de la ecuación, este proceso también ha sido realizado en otras investigaciones como lo expuesta por Alvear-Vasquez et al. (2020) y Vidarte, Vélez, Arango, Parra (2020). Lo anterior se complementa con la fórmula validada por Gómez et al. (2017) para determinar la DMO la cual incluye el PVC y otras variables como lo son: la longitud del antebrazo, el diámetro biepicondilar femoral y unas constantes a la hora de discriminar si son niños o niñas. Estos autores encontraron una correlación de 89 y 91% para hombres y mujeres respectivamente entre la fórmula planteada y el DEXA. Aunado a lo anterior, determinaron una escala de valoración de la DMO en niños y jóvenes con percentiles, indicando que un p50 se encuentra dentro de lo normal de acuerdo a la edad que es 1,05 g/cm2 para esta investigación (15,0 a 15,9 años)

Mesociclo.	Adaptación Anatómica				F. Máxima				F. Máxima				F. Máxima. Método Maxex			
Mes	agosto		Septiembre		Octubre				Noviembre				Diciembre			
N. Microciclo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Intensidad.	45 %	50 %	50 %	40 %	80 %	85 %	85 %	40 %	85 %	90 %	90 %	40 %	40 %	45 %	50 %	40 %
Velocidad ejecución.	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	1-1	0,5-1	0,5-1	0,5-1	0,5-1	0,5-1	0,5-1	1-1
Fecha inicio y final del micro	30-2	6-10	13-17	20-24	27-01	4-8	11-15	18-22	25-29	1-5	8-12	15-19	22-26	29-03	6-10	13-17
Sesiones/microciclo	3	3	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3
Patrón de carga	Moderado	Alto	Alto	Bajo	Mod.	Alto	Alto	Bajo	Moderado	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Bajo
Sistema o método de entrenamiento	CT	CT	CT	CT	FMI	FMI	FMI	CT	FMI	FMI	FMI	CT	Maxex	Maxex	Maxex	CT
Cantidad de ejercicios	6	8	10	8	3	2	3	8	3	3	3	8	3	3	3	8
Vol. Series/ejercicio	3	4	4	3	5	4	4	4	6	4	2	3	2	2	3	3
Vol. rep x serie	12	14	14	14	4	3	3	12	5	3	3	15	3	3	3	10
Vol rep x día	216	448	560	336	60	24	36	384	90	36	18	360	18	18	27	240
Inter de recuperación	1'		1'	1'	2'	3'	3'	1'	3'	3'	3'	1'	5'	5'	5'	1'
M. Carga submaxima																
M. carga máxima.																
CT																
Maxex																

Figura 1. Macrociclo. CT: Circuit Training. Fuente: los autores.

El macrociclo se dividió en cuatro mesociclos; el primero corresponde a la adaptación anatómica, utilizando el método de Circuit training. Los métodos más usados comprendieron el empleo de cargas moderadamente pesadas (FM-I) y pesadas (FM-II), que corresponden al 70 al 80% y 80 al 90% de 1RM. Del mismo modo, en el último mesociclo (cuarto) corresponde a un trabajo de fuerza, utilizando el método maxex, donde los autores mencionados hacen referencia a la combinación de ejercicios de fuerza máxima y ejercicios explosivos, el cual es elemento clave

de la base fisiológica del rendimiento de una a otra fase. El análisis estadístico de los resultados se efectuó por medio del software SPSS, versión 25 y con licencia de la Unidad Central del Valle del Cauca. Para este análisis, en primer lugar, se obtuvieron los datos descriptivos de ambos grupos y seguido a ello, se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad para determinar si se realizarían pruebas paramétricas o no paramétricas, después de esto, se ejecutarán pruebas para muestras relacionadas e independientes (*t student*) y correlación de *pearson*.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos PRE y POST

Grupo	N	Media	Desv. Desviación	
Control	Edad	12	15,13 años	,264
	Peso pre	12	56,75 kg	5,129
	Estatura pre	12	169,16 cm	7,321
	MMII pre	12	84,02 cm	5,518
	PVC pre	12	,1775	,6957
	DMO pre	12	,9951 g/cm2	,0521
	Porcentaje de grasa pre	12	8,60 %	1,243
Experimental	Edad	11	15,18 años	,296
	Peso pre	11	60,24 kg	4,26
	Estatura pre	11	173,09 cm	5,48
	MMII pre	11	87,50 cm	4,39
	PVC pre	11	,2557	,363
	DMO pre	11	1,01 g/cm2	,0231
	Porcentaje de grasa pre	11	8,06 %	,827
Grupo	N	Media	Desv. Desviación	
Control	PVC post	12	,0516	,83547
	DMO post	12	1,00 g/cm2	,05380
	Porcentaje de grasa post	12	8,25 %	,98489
	Peso post	11	63,10 kg	4,5976
	MMII post	11	87,83 cm	4,5186
Experimental	PVC post	11	,0313	,39814
	DMO post	11	1,040 g/cm2	,02540
	Porcentaje de grasa post	11	8,01 %	1,08674

Fuente: Los autores

### Resultados

En la tabla anterior se observan las medias y de DS PRE de las principales variables estudiadas de los dos grupos, se puede evidenciar que el PVC se encontraba en negativo, lo que indicaba que los jugadores pueden crecer un poco más los próximos meses. Además, se evidencia una mejor DMO en el grupo experimental, aunque ambos grupos están por debajo de la media que es 1.05.

En la tabla anterior se observan las medias y de DS PRE y POST de las principales variables estudiadas de los dos grupos, se puede evidenciar que el PVC se encuentra en positivo, lo que indica que, la estatura de los jugadores puede no incrementarse significativamente los siguientes meses. Además, se evidencia una mejor DMO en el grupo experimental y un incremento en la misma con relación al pre test, llegando a un nivel dentro de lo normal (p50), mientras que, el grupo control igualmente mejoró, pero un poco menos que el experimental. Después de conocer los datos descriptivos, se realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas, donde se puede evidenciar que todas las variables, tanto pre y post, arrojaron una  $p > 0.05$ , lo que indica que se dichos datos poseen normalidad y homogeneidad, indicando que la prueba de hipótesis a realizar es la *t student*. Utilizando la prueba de *t student* para muestras relacionadas, se puede ver en la tabla anterior que, el grupo experimental obtuvo una  $p < 0,05$ , indicando que el programa de fuerza efectuado en los jóvenes del equipo Cortuluá evidenció mejoras, no obstante el grupo control también mostró cambios, pero se debe resaltar que no igual al experimental y dichos cambios son debidos al crecimiento biológico que puede ser significativos en estas edades, no obstante, se debe resaltar que el programa de fuerza puede tener un efecto positivo sobre la variable DMO.

En la tabla anterior se puede ver claramente cómo los

resultados pre entre grupos obtuvieron resultados similares  $p > 0,05$ , lo que indica que los resultados fueron muy similares entre los grupos, sin embargo, en el post test, se ve claramente como la DMO (variable dependiente del estudio) fue  $< 0,05$  indicando que los datos se encontraron distintos, demostrando esto que después del trabajo de fuerza los jóvenes evidenciaron una mejora de la DMO.

Para la correlación se utilizó la prueba de *Pearson* entre el porcentaje de grasa y la DMO arrojó resultados inversamente proporcionales para el grupo control, indicando esto que a mayor masa grasa menor es la densidad ósea, se debe resaltar que, dicha correlación fue moderada menor del 55%, mientras que, para el grupo experimental fue directa, pero muy baja, es decir, no existe correlación entre estas variables

Tabla 2. Pruebas de normalidad y homogeneidad

Variable	Grupo	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk	Prueba de homogeneidad de varianzas	Sig.
Edad	Control	,060	Edad	,771
	Experimental	,122		
Peso pre	Control	,107	Peso pre	,564
	Experimental	,468		
Estatura pre	Control	,366	Estatura pre	,290
	Experimental	,524		
Estatura sentado pre	Control	,261	Estatura sentado pre	,963
	Experimental	,205		
MMII pre	Control	,621	MMII pre	,666
	Experimental	,679		
PVC pre	Control	,168	PVC pre	,074
	Experimental	,133		
DMO pre	Control	,384	DMO pre	,051
	Experimental	,269		
Porcentaje de grasa pre	Control	,546	Porcentaje de grasa pre	,053
	Experimental	,701		
Peso post	Control	,116	Peso post	,741
	Experimental	,117		
Estatura post	Control	,448	Estatura post	,374
	Experimental	,582		
MMII post	Control	,200	PVC post	,062
	Experimental	,120		
PVC post	Control	,087	DMO post	,061
	Experimental	,195		
DMO post	Control	,271	Porcentaje de grasa post	,669
	Experimental	,085		
Porcentaje de grasa post	Control	,871		
	Experimental	,447		

Fuente: Los autores

Tabla 3. Prueba de t student para muestras relacionadas

Grupo	Media	Diferencias emparejadas		gl	Sig. (bilateral)	
		95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Inferior	Superior			
Control	PVCpre - PVCpost	-.2292500	-.3618392	-.0966608	11	,003
	DMOpre - DMOpost	-.0057083	-.0111903	-.0002264	11	,043
	PVCpre - PVCpost	-.2870818	-.3490150	-.2251487	10	,000
	DMOpre - DMOpost	-.0244091	-.0274003	-.0214178	10	,000

Fuente: Los autores

Tabla 5.  
Para muestra independientes

Prueba de muestras independientes		
prueba t para muestras independientes	95% IC de la diferencia	Sig. (bilateral)
PVC pre	Se asumen varianzas iguales	,743
	No se asumen varianzas iguales	,737
DMO pre	Se asumen varianzas iguales	,233
	No se asumen varianzas iguales	,224
Porcentaje grasa pre	Se asumen varianzas iguales	,243
	No se asumen varianzas iguales	,236
PVC post	Se asumen varianzas iguales	,942
	No se asumen varianzas iguales	,941
DMO post	Se asumen varianzas iguales	,037
	No se asumen varianzas iguales	,036
Porcentaje grasa post	Se asumen varianzas iguales	,588
	No se asumen varianzas iguales	,590

Fuente: Los autores

Tabla 6.

Correlaciones		Correlaciones		
Grupo		Porcentaje de grasa post	DMOpost	
Control	Porcentaje de grasa post	Correlación de Pearson	1	-,531
		Sig. (bilateral)		,076
Experimental	DMO post	Correlación de Pearson	-,531	1
		Sig. (bilateral)	,076	
Control	Porcentaje de grasa post	Correlación de Pearson	1	,257
		Sig. (bilateral)		,445
Experimental	DMO post	Correlación de Pearson	,257	1
		Sig. (bilateral)	,445	

Fuente: Los autores

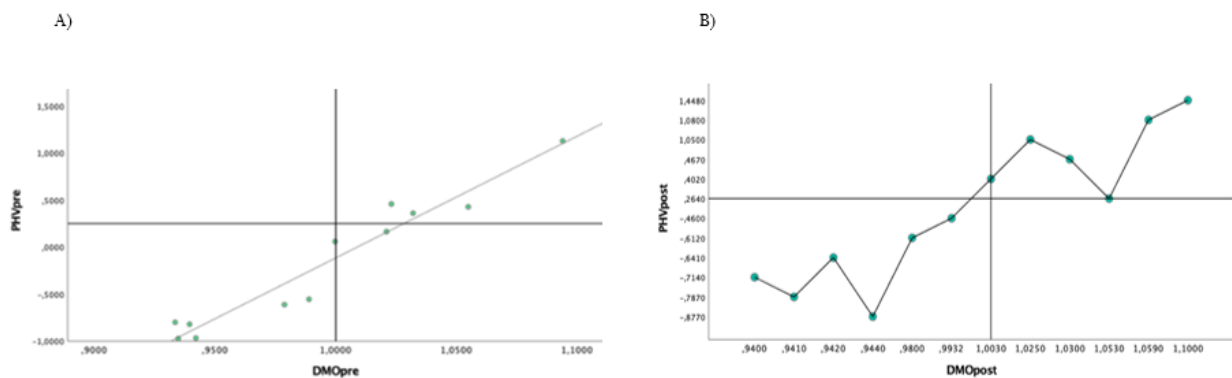


Figura 2. Dispersión simple de PVH y DMO pre y post, Grupo control. A y B. Fuente: Los autores

Las figuras anteriores muestran por medio de la dispersión simple el comportamiento de cada uno de los sujetos pertenecientes al grupo control, tanto en el pre (A) como en el post (B) test en lo que respecta a la DMO. Aquí se

evidencian ganancias en la DMO en varios jóvenes, pero es de resaltar que dicho incremento se ve más en los que tenían resultados bajos en el pre

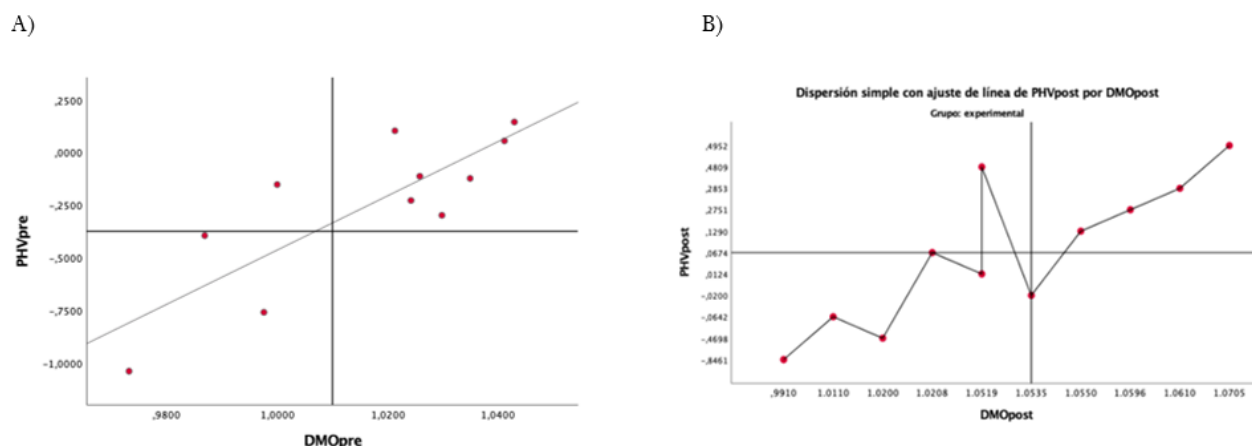


Figura 3. Dispersión simple de PVH y DMO pre y post, Grupo experimental. A y B. Fuente: Los autores

Las dispersiones simples evidenciadas en las figuras anteriores, muestran el comportamiento de cada uno de los sujetos pertenecientes al grupo experimental, tanto en el pre (A)

como en el post (B) test. Aquí se observa que, las ganancias en la DMO fueron mayores después del proceso de intervención con un rango entre 0,99 a 1,07 (g/cm<sup>2</sup>) vs el pre

que fue entre 0,98 a 1,04 (g/cm<sup>2</sup>), indicando esto, la importancia de un trabajo de fuerza dirigido en esta población.

## Análisis y discusión

De acuerdo al objetivo de este estudio, el cual se centró en conocer el comportamiento de la DMO después de un proceso de intervención enfocado a la fuerza, Martin, Nicolaus, Ostrowski y Rost (2004) manifiestan que, las edades sensibles para el trabajo de esta capacidad y sus primeros estímulos, deben ser en la etapa inicial de pubertad, es decir después de los 12 años aproximadamente. Del mismo modo Lagares Vázquez y Rebollo (2022) exponen cómo dicho trabajo está aprobado por diversos entes a nivel mundial, e incluso describen la importancia de su desarrollo en las edades mencionadas, igualmente Bompa y Buzzichelli (2017) indican la trascendencia que tiene una buena planificación de la fuerza, respetando siempre la secuencia de adaptación anatómica, hipertrofia, fuerza máxima y transferencia, modelo utilizado en este estudio. El trabajo de fuerza tiene efectos positivos no solo sobre la DMO, sino además sobre la masa grasa y en general sobre el IMC en edades infantiles y juveniles (Lagares Vázquez & Rebollo, 2022) (Ibañez, Leao, Inostroza, Vergara, y Souza, 2022), aspecto que se evidenció en esta investigación. Con relación a la progresión de la carga se debe mencionar que tiene un efecto positivo sobre la estimulación de los osteocitos (Karlsson y Rosengren, 2020), esto gracias al reclutamiento de unidades motoras y la tensión que se genera a nivel muscular (Schoenfeld, 2016; Fernández Vaquero, 2008), produciendo esto, ganancia de la masa ósea, parámetro que se buscó desarrollar durante la intervención, logrando al final resultados positivos.

Los datos obtenidos entre el pre y post test del grupo experimental fueron  $p=0,00$  en lo que respecta a la DMO, caso similar fue el encontrado por Vicente-Rodríguez (2003) donde 53 jóvenes que practicaban fútbol 3 veces/semana mejoraron el contenido mineral óseo trocánterico ( $P < 0,001$ ) y la densidad mineral ósea de la columna femoral y lumbar mayor ( $P < 0,05$ ). Esto mismo ocurrió con Maillane-Vanegas (2010), ya que después de realizar una comparación entre deportes (judo, kárate, kung fu, natación, baloncesto y fútbol) y la densidad mineral ósea, concluyeron que los niños que practicaban fútbol y kárate presentaron los valores de DMO más altos ( $p = 0,01$ ), de igual manera Zouch et al. (2015), realizaron un seguimiento a 23 niños que practicaban fútbol extraescolar y 17 que solo hacían las actividades físicas escolares durante 3 años, los autores midieron la DMO por medio de DXA y su principal conclusión fue que se presentaron efectos positivos en la DMO en los niños que entrenaban fútbol vs los que no realizaban esta práctica extraescolar. Se debe mencionar que, estas investigaciones descritas, valoraron a los deportistas mas no ejecutaron un plan de entrenamiento o intervención, no obstante Luna-Villouta et al. (2022) analizaron la relación entre la fuerza muscular y composición corporal con la masa ósea en tenistas jóvenes chilenos, encontrando que, el salto con contramovimiento (CMJ) es la prueba de

fuerza muscular que tiene mejor relación con los indicadores óseos.

Teniendo en cuenta lo que se ha mencionado, se debe recalcar que, el ejercicio físico es vital para mejorar la DMO, esto se evidenció en los resultados de esta investigación, no solo en las pruebas de hipótesis pre y post inter grupos, sino además en las intragrupos ya que en la valoración post, el resultado de  $p < 0,05$  indicó que los datos intragrupos eran distintos en lo que correspondía a la DMO. Lo anterior se corrobora con lo encontrado por (García-Chaves, Corredor-Serrano, & Díaz Millán (2023), donde evidenciaron una relación significativa entre la masa muscular y ósea con la potencia de salto, así mismo, Düppe, Gärdsell, Johnell, Nilsson, y Ringsberg (1997), hallaron una correlación directa entre la actividad física y la DMO para jóvenes entre 15-16 años. Esto mismo ocurrió con Peña-González et al. (2019), los cuales concluyeron que, existe una relación directa entre el grado de actividad física y la densidad mineral ósea en cualquier edad biológica y que dicha DMO puede hasta triplicarse si el ejercicio es muy intenso y prolongado. Los datos expuestos anteriormente dejan claro la importancia de realizar actividades de impacto para mejorar la salud ósea, sin embargo, no se debe esperar a una edad adulta para este tipo de estímulos ya que como lo menciona Martin et al. (2004), estos trabajos se pueden incluir desde la pubertad. Lo expuesto, es producto del estímulo por medio de la carga, puesto que, a medida que esta aumenta sobre el hueso, el líquido extracelular es empujado hacia adelante y hacia atrás a través de la membrana de los osteocitos, ejerciendo de esta manera una tensión de cizallamiento sobre la membrana celular y fuerzas de arrastre sobre las proteínas extracelulares, haciendo que se una el osteocito a la matriz ósea, teniendo en cuenta que esto depende en gran medida de la frecuencia de carga (Turner et al. (2009). El fútbol al ser un deporte intermitente donde se hacen giros, saltos y sprints con aceleraciones y desaceleraciones, puede generar fuerzas de alto impacto sobre los huesos, lo que conlleva a un incremento de la osteogénesis y estímulo de la actividad de los osteoblastos. Hagman et al. (2018)

La fuerza, aunque se puede entrenar en todas las edades, es interesante saber que, si se buscan beneficios en la masa ósea por medio de esta capacidad, lo ideal es realizar trabajos después de los 12 años, así como lo menciona MacKelvie, Khan, y McKay (2002), pues antes el componente hormonal no está desarrollado y dichos beneficios lo más probable es que no se adquieran. Un caso con estas características fue el realizado por Cunha, Morganti, Cadore, De Oliveira, y Norton (2014), donde no hallaron diferencias significativas entre el grupo control y el experimento después de tres meses de intervención de la fuerza sobre la masa ósea, puesto que, la población era menor a 12 años.

El grupo control en este estudio, a pesar de no ejecutar un programa de entrenamiento de fuerza, obtuvo mejoras,  $p=0,43$  aunque no igual que sus similares experimentales, esto, gracias a que dicho grupo realizaba prácticas de fútbol tres veces por semana y como se ha mencionado, después

de que exista un estímulo, pueden generarse algunos cambios positivos en la masa ósea.

Con respecto a las correlaciones entre la masa grasa y DMO, no se evidenció una relación fuerte, lo cual se pudo generar, porque la variable nutricional no se manipuló y la cultura nutricional en esta región y en estas edades no es muy buena, dando como resultado el uso de carbohidratos por encima de lo ideal, en especial los simples, que, aunque en deportistas son necesarios en ocasiones es muy alto su consumo. Tanto así que, la masa grasa, aunque disminuyó no fue significativamente alto, esto en los dos grupos, control y experimental, siendo los datos pre de 8,60% y 8,06%, mientras que el post fue 8,25% y, post 8,01% respectivamente.

La fuerza y en especial la fuerza máxima, es de gran importancia para deportes como el fútbol, es por ello que, el plan de trabajo estructurado se enfocó en la planificación de ejercicios donde el impacto fuera constante por medio de cargas que oscilaban entre el 60 y 90% de la RM tal como lo prescriben Arenas, Cortés, Arriagada, Peiret y Espinoza (2021). De igual manera y como es expuesto por Frost (1987), Hart et al. (2017), una buena remodelación ósea depende en gran medida por la tensión o fuerza (fuerza externa) a la que es sometido dicho tejido óseo, ya que la carga mecánica dada por el ejercicio promueve la formación, el desarrollo y el adecuado contenido mineral óseo a lo largo de su crecimiento, resultado que se vio evidenciado en este trabajo después del proceso de intervención, ya que los 11 jugadores mejoraron la DMO, puesto que los resultados iniciales estuvieron ente 0,98 y 1,04 g/cm<sup>2</sup>, mientras que los finales fueron de 0,99 a 1,07 g/cm<sup>2</sup> (figura 5, A y B). Estos datos se pueden corroborar con lo puntualizado por Vásquez et al. (2017) donde señala que el 51% de las ganancias en el tejido ósea se dan entre los 14 y 16 años en los hombres.

Para finalizar, se puede concluir que, un plan de entrenamiento de 14 semanas enfocadas a la fuerza en especial a la fuerza máxima tiene efectos positivos sobre la DMO en jóvenes deportistas, esto se pudo respaldar con investigaciones y autores que encontraron resultados similares. Queda para mejorar que sería muy importante manipular la variable nutricional y actividades que realicen los sujetos fuera de las sesiones de entrenamiento con el equipo, ya que esto puede actuar de forma positiva o negativa en resultados futuros.

## Conclusiones

Después del proceso de intervención, se pudo determinar que, los niveles de la DMO mejoraron, logrando así, un estímulo coadyuvante en el proceso de crecimiento e incremento de la masa ósea, en los jóvenes deportistas de la categoría sub15.

Los datos obtenidos en este estudio, demostraron mejoras en la DMO correspondientes al grupo experimental y control, de igual forma se debe resaltar que, para el experimento fue mayor. De igual forma, se pudo evidenciar que

7 de los 11 jugadores del grupo experimental estuvieron por encima del percentil 50 al finalizar la investigación, los otros 4 deportistas que no sobrepasaron este percentil, también mejoraron con relación a sus resultados pre.

Con respecto la masa grasa, aunque hubo mejora en ambos grupos no fue significativa y por ende la correlación de este tejido con la masa ósea no fue alto ni significativo.

## Referencias

- Acevedo, D., Hincapie, F., & Sanchez, J. (2008). *Valoración de la manifestación reactiva de la fuerza de los miembros inferiores a las integrantes de la selección Antioquia de voleibol categoría junior rama femenina*. (Tesis de pregrado). Obtenido de Universidad de Antioquia. Instituto Universitario de Educación Física y Deporte: <http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/169-valoracion.pdf>
- Alcaraz Ramón, P. E. (2010). El entrenamiento del Sprint con métodos resistidos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 5(15), 19-26. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/237025320\\_EL\\_ENTRENAMIENTO\\_DEL\\_SPRINT\\_CON\\_METODOS\\_RESISTIDOS](https://www.researchgate.net/publication/237025320_EL_ENTRENAMIENTO_DEL_SPRINT_CON_METODOS_RESISTIDOS)
- Alvear Vasquez, F., Gomez Campos, R., Pezoa Fuentes, P., Urra Albornoz, C., Cáceres Bahamonde, J., Luarte Rocha, C., . . . Cossio Bolaños, M. (2020). El Flujo espiratorio Máximo y la Fuerza de prensión Manual predicen la salud ósea de niños y adolescentes. *Retos*, 38, 123-128. doi:10.47197/retos.v38i38.71786
- Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., Promenzio, L., Tarantino, U., & De Lorenzo, A. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(4), 507-511. doi:10.1097/00005768-200104000-00001
- Aragón Arjona, S. (2005). Entrenamiento de la Fuerza en el Esquí Alpino. *Publice*, 0, 1-15. Obtenido de Revista Publice: [https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-G57cfb27167cae/export-pdf/entrenamiento-de-la-fuerza-en-el-esqui-alpino-609?\\_gl=1\\*1npljd0\\*\\_ga\\*MTI1MzgXMTY0OS4xNzA3MzQyMDcy\\*\\_ga\\_VZZRDR12S5\\*MTcwNzQzNjlyMy4yLjEuMTcwNzQzNjk3Ny40OC4wLjA](https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-G57cfb27167cae/export-pdf/entrenamiento-de-la-fuerza-en-el-esqui-alpino-609?_gl=1*1npljd0*_ga*MTI1MzgXMTY0OS4xNzA3MzQyMDcy*_ga_VZZRDR12S5*MTcwNzQzNjlyMy4yLjEuMTcwNzQzNjk3Ny40OC4wLjA)
- Arenas, S. G., Cortés, L., Arriagada, A. M., Peiret Villacura, L., & Espinoza Salinas, A. (2021). Determinantes de la densidad mineral ósea y el papel del ejercicio físico con cargas en personas mayores. *Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(3), 136-149. doi:10.35454/rncm.v4n3.292
- Bae, S., Lee, S., Park, H., Ju, Y., Min, S., Cho, J., . . . Kim, C. (2023). Position Statement: Exercise Guidelines for Osteoporosis Management and Fall Prevention in Osteoporosis Patients. *J Bone Metab.*, 30(2), 149-165. doi:<https://doi.org/10.11005/jbm.2023.30.2.149>
- Baxter-Jones, A., Faulkner, R. A., Forwood, M. R.,



- Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2011). Bone Mineral Accrual from 8 to 30 Years of Age: An Estimation of Peak Bone Mass. *American Society for Bone and Mineral Research*, 26(8), 1729-1739. doi:doi.org/10.1002/jbmr.412
- Benedetti, M., Furlini, G., Zati, A., & Letizia, G. (2018). The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. *Biomed Research International*, 1-10. doi:10.1155/2018/4840531
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2017). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Paidotribo.
- Calbet, J., Dorado, C., Herrera, D. P., & Rodríguez, R. L. (2001). High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(10), 1613-1619. doi:<https://doi.org/10.1097/00005768-200110000-00011>
- Carter, J. E. (1982). Body Composition of Montreal Olympic Athletes. *Medicine Sport*, 16, 107-107. doi:10.1159/000406783
- Ceballos-Gurrola, O., Bernal-Reyes, F., Jardón-Rosas, M., & Enríquez-Reyna, M. (2021). Composición corporal y rendimiento físico de jugadores de fútbol soccer universitario por posición de juego. *Retos*, 39, 52-57. doi:10.47197/retos.v0i39.75075
- Cornish, S., Myrie, S., Bugera, E., Chase, J., Turczyn, D., & Pinder, M. (2018). La suplementación con omega-3 con entrenamiento de resistencia no mejora la composición corporal ni reduce los biomarcadores de inflamación más que el entrenamiento de resistencia solo en hombres mayores. *Investigación en Nutrición*, 60, 87-95. doi:doi.org/10.1016/j.nutres.2018.09.005
- Corredor-Serrano, L., García-Chavez, D. C., & Arboleda-Franco, S. A. (2022). Composición corporal y somatotipo en jugadores de baloncesto universitariocolombianos por posición de juego. *Retos*, 45, 364-372. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.85979>
- Cossio-Bolaños, M., Lee-Andruske, C., De Arruda, M., Luarte-Rocha, C., Almonacid-Fierro, A., & Gómez-Campos, R. (2018). Hand grip strength and maximum peak expiratory flow: determinants of bone mineral density of adolescent students. *BMC Pediatrics*, 18(1), 96. doi:doi.org/10.1186/s12887-018-1015-0
- Costa, F., Parodi Feye, A., & Magallanes, C. (2021). Efectos del entrenamiento de sobrecarga tradicional vs CrossFit sobre distintas expresiones de la fuerza. *Retos*, 42, 182-188. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.86132>
- Creighton, D., Morgan, A., Boardley, D., & Brolinson, P. (2001). Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *Appl Physiol*, 90(2), 565-570. doi:doi.org/10.1152/jappl.2001.90.2.565
- Cunha, G. d., Morganti S, M., Cadore, E. L., & De Oliveira, N. L. (2014). Physiological Adaptations to Resistance Training in Prepubertal Boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(2), 172-181. doi:10.1080/02701367.2014.982782
- Cunha, P. M., Ribeiro, A. S., Tomeleri, C. M., Schoenfeld, B. J., Silva, A. M., Souza, M. F., . . . Cyrino, E. S. (2018). The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. *Journal of Sports Sciences*, 36(14), 1564-1571. doi:doi.org/10.1080/02640414.2017.1403413
- Di Iorgi, N., Maruca, K., Giuseppa, P., & Mora, S. (2018). Update on bone density measurements and their interpretation in children and adolescents. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 32(4), 477-498. doi:10.1016/j.beem.2018.06.002
- Düppe, H., Gärdsell, P., Johnell, O., Nilsson, B., & Ringsberg, K. (1997). Bone mineral density, muscle strength and physical activity. A population-based study of 332 subjects aged 15-42 years. *Acta Orthop Scand*. doi:10.3109/17453679709003988
- Esper, P. (2019). *Fuerza muscular*. Recuperado el 21 de septiembre de 2021, de El entrenamiento de la Potencia Reactiva en Deportes de Equipo: [https://g-se.com/fuerza-muscular-bp-657cfb26d5ce2b#:~:text=Gonz%C3%A1lez%20Badillo%20\(1995\)%2C,el%C3%A9ctricos%20en%20el%20sistema%20nervioso](https://g-se.com/fuerza-muscular-bp-657cfb26d5ce2b#:~:text=Gonz%C3%A1lez%20Badillo%20(1995)%2C,el%C3%A9ctricos%20en%20el%20sistema%20nervioso).
- Examine. (17 de septiembre de 2020). *Optimal Protein Intake Guide*. Recuperado el 17 de enero de 2024, de <https://examine.com/guides/protein-intake/>
- Fernández Vaquero, A. (2008). Estructura y función del músculo esquelético. En J. López Chicharro, & A. Fernández Vaquero, *Fisiología del ejercicio* (págs. 85-86). Madrid: Panamericana médica.
- Frost, H. (1987). Bone "mass" and the "mechanostat": A proposal. *American Association for Anatomy*, 219(1), 1-9. doi:<https://doi.org/10.1002/ar.1092190104>
- García-Chaves, D. C., Corredor-Serrano, L. F., & Díaz Millán, S. (2023). Relación entre la fuerza explosiva, composición corporal, somatotipo y algunos parámetros de desempeño físico en jugadores de rugby sevens. *Retos*, 47, 103-109. doi:10.47197/retos.v47.95549
- Golden, N., Abrams, S. A., & COMMITTEE ON NUTRITION. (2014). Optimizing Bone Health in Children and Adolescents. *American Academy of Pediatrics*, 134(4), e1229-e1243. doi:doi:10.1542/peds.2014-2173
- Gómez Campos, R., Lee Andruske, C., De Arruda, M., Urrea, C., & Cossio, M. (2017). Proposed equations and reference values for calculating bone health in children and. *Journal PLOS ONE*, 12(7), 1-14. doi:10.1371/journal.pone.0181918
- González, G. M. (2020). *Nutrición Deportiva Desde la fisiología a la práctica*. Panamericana médica. Madrid: Medica Panamericana.
- Hagman, M., Helge, E., Hornstrup, T., Frstrup, B., Nielsen, J., Jørgensen, N., . . . Krstrup, P. (2018). Bone mineral density in lifelong trained male football players compared with young and elderly untrained

- men. *J Sport Health Sci*, 7(2), 159-168. doi:10.1016/j.jshs.2017.09.009
- Hammami Mehréz, N. Y., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2017). The Effect of Standard Strength vs. Contrast Strength Training on the Development of Sprint, Agility, Repeated Change of Direction, and Jump in Junior Male Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 901-912. doi:<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001815>
- Hart, N., Newton, R., Tan, J., Rantalainen, T., Chivers, P., Siafarikas, A., & Nimphiu, S. (2020). Biological basis of bone strength: anatomy, physiology and measurement. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 20(3), 347-371. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7493450/pdf/JMNI-20-347.pdf>
- Hernández Torres, B. C. (2019). *Módulo rotulado nutricional Capacitación equipos básicos de salud - APS*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://www.studocu.com/co/document/universidad-surcolombiana/vig-salud-public/modulo-rotulado-mod3lo/48689153>
- Holwerda, A. M., Overkamp, M., Paulussen, K. J., Smeets, J. S., Kranenburg, J. V., Backx, E. M., . . . Van Loon, L. J. (2018). Protein Supplementation after Exercise and before Sleep Does Not Further Augment Muscle Mass and Strength Gains during Resistance Exercise Training in Active Older Men. *The Journal of Nutrition*, 148(11), 1723-1732. doi:[doi.org/10.1093/jn/nxy169](https://doi.org/10.1093/jn/nxy169)
- Ibañez Rojas, G. E., Leao Ribeiro, I., Inostroza Dominguez, P., Vergara Rojas, D., & Souza de Carvalho, R. (2022). Ejercicios físicos diarios de intensidad moderada en el interior del aula mejora la fuerza del tren inferior y la agilidad en escolares: un estudio cuasi experimental. *Retos*, 4, 586-594. doi:10.47197/retos.v44i0.90676
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibañez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European journal of applied physiology*, 87(3), 264-271. doi:10.1007/s00421-002-0628-y.
- Kannus, P., Haapasalo, H., Sankelo, M., Sievanen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., . . . Vuori, I. (1995). Efecto de la edad de inicio de la actividad física sobre la masa ósea en el brazo dominante de jugadores de tenis y squash. *Annals of Internal Medicine*, 123(1), 27-31. doi:[doi.org/10.7326/0003-4819-123-1-199507010-00003](https://doi.org/10.7326/0003-4819-123-1-199507010-00003)
- Karlsson, M., & Rosengren, B. (2020). Exercise and Peak Bone Mass. *Current Osteoporosis Reports*, 18(3), 285-290. doi:10.1007/s11914-020-00588-1
- Kemmler, W., Shojaa, M., Kohl, M., & von Stengel, S. (2020). Effects of Different Types of Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Calcified tissue international*, 107(5), 409-439. doi:[doi.org/10.1007/s00223-020-00744-w](https://doi.org/10.1007/s00223-020-00744-w)
- Lagares Vázquez, B., & Rebollo, J. (2022). Entrenamiento de fuerza con bandas elásticas en niños y adolescentes: una revisión sistemática. *Retos*, 44, 202-208. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.88918>
- Luna-Villouta, P. F., Paredes-Arias, M., Vásquez-Gómez, J., Matus-Castillo, C., Flores-Rivera, C., Zapata-Lamana, R., & Vargas Vitoria, R. (2022). Determinantes de la masa ósea en tenistas jóvenes chilenos. *Retos*(46), 1084-1092. Obtenido de <https://doi.org/10.47197/retos.v46.93943>
- Luna-Villouta, P., Flores-River, C., Paredes-Aria, M., Vásquez-Gómez, J., Matus-Castillo, C., Hernández-Mosqueira, C., . . . Vargas Vitoria, R. (2023). Asociación de la agilidad con la composición corporal y fuerza muscular explosiva de los miembros inferiores en mujeres jóvenes tenistas. *Retos*(49), 70-77. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v49.98081>
- MacKellvie, K., Khan, K., & McKay, H. (2002). Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *Sports Med*, 36(4), 250-257. doi:10.1136/bjism.36.4.250
- Maillane-Vanegas, S., Agostinete, R., Lynch, K., Ito, I., Luiz-de-Marco, R., Rodrigues-Junior, M., . . . Fernandes, R. (2010). Bone mineral density and sports participation. *Journal of Clinical Desitometry*, 23(2), 294-302. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.05.041>
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth maturation and physical activity*, 2<sup>o</sup>ed. Human kinetics.
- Mansilla, M. E. (2000). Etapas del Desarrollo Humano. *Investigación en Psicología*, 3(2), 105-116. Obtenido de [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion\\_psicologia/v03\\_n2/pdf/a08v3n2.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion_psicologia/v03_n2/pdf/a08v3n2.pdf)
- Marcus, R. (2001). Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 27(1), 131-141. doi:[https://doi.org/10.1016/S0889-857X\(05\)70190-3](https://doi.org/10.1016/S0889-857X(05)70190-3)
- Martin, D., Nicolaus, J., Ostrowski, C., & Rost, K. (2004). *Metodología General del Entrenamiento Infantil y juvenil*. Paidotribo.
- Martínez-Pérez, P., & Vaquero-Cristóbal, R. (2021). Revisión sistemática del entrenamiento de fuerza en futbolistas pre-adolescentes y adolescentes. *Retos*(41), 272-284. doi:10.47197/retos.v0i41.82487
- Martins, J., Cardoso, J., Honório, S., & Silva, A. (2020). The Effect of a Strength Training Programme in Adolescents in Physical Education Classes. *Retos*(38), 71-76. doi:<https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.72221>
- Medina, A., Rosero, O., Márquez, C., Coy, A., Ely, A., Rivera, A., . . . Fernández, D. (2020). Consumo lácteo y su impacto en la salud ósea de. *Revista colombiana de Endocrinología, Diabetes y Metabolismo*, 7(2). Obtenido de

- <https://asociacioncolombianadeosteoporosis.com/wp-content/uploads/2020/10/Consumo-lacteo-recomendacion-ACOMM-2.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional*. Recuperado el 18 de 05 de 2022, de ENSIN: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/libro-ensin-2015.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *Encuesta nacional de la Situación Nutricional*. Recuperado el 30 de mayo de 2022, de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/documento-metodologico-ensin-2015.pdf>
- 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. doi:10.1097/00005768-200204000-00020
- Mosti, M., Kaehler, N., Stunes, A. K., Hoff, J., & Syversen, U. (2013). Entrenamiento de fuerza máxima en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis u osteopenia. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2879-2886. doi:10.1519/JSC.0b013e318280d4e2
- Muscella, A., Vetrugno, C., Spedicato, M., Stefàno, E., & Marsigliante, S. (2019). The effects of training on hormonal concentrations in young soccer players. *he Journal of Cellular Physiology*, 234(11), 2388-2397. doi:<https://doi.org/10.1002/jcp.28673>
- Peña-González, I., Fernández-Fernández, J., Cervelló, E., & Moya-Ramón, M. (2019). Effect of biological maturation on strength-related adaptations in young soccer players. *PLOS ONE*, 14(7), 1-9. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219355>
- Schoenfeld, B. (2016). *Science AND Development OF Muscle Hypertrophy* (2 ed.). New York: Human Kinetics.
- Sebastiá-Amat, S., Pueo, B., Villalon-Gasch, L., & Jimenez-Olmedo, J. (2020). Anthropometric profile and conditional factors of U21 Spanish elite beach volleyball players according to playing position. *Retos*(38), 620-625. doi:10.47197/retos.v38i38.76766
- Services U.S. Department of health & Human. (1994). Optimal calcium intake. *NIH Consens Statement*, 12(4), 1-31. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7599655/>
- Stunes, A. K., Syversen, U., Berntsen, S., Paulsen, G., Stea, T. H., Hetlelid, K. J., . . . Haugeberg, G. (2017). High doses of vitamin C plus E reduce strength training-induced improvements in areal bone mineral density in elderly men. *European Journal of Applied Physiology*, 117, 1073-1084. doi:10.1007/s00421-017-3588-y
- Turner, C., Warden, S., Bellido, T., Plotkin, L., Kumar, N., Jasiuk, I., . . . Robling, A. (2009). Mechanobiology of the skeleton. *Sci Signal*, 2(68), 1-9. doi:<https://doi.org/10.1126/scisignal.268pt3>
- Van der Burgh, A. C., De Keyser, C. E., Zillikens, C. M., & Stricker, B. (2021). The Effects of Osteoporotic and Non-osteoporotic Medications on Fracture Risk and Bone Mineral Density. *Drugs*, 81(16), 1831-1858. doi:10.1007/s40265-021-01625-8
- Vásquez-Awad, D., Cano-Gutiérrez, C., Gómez-Ortiz, A., González, M., Guzmán-Moreno, R., Martínez, J., . . . Acosta, J. (2017). Vitamina D. Consenso colombiano de expertos. *Medicina. Guías y consenso*, 39(2), 140-157. Obtenido de [http://cursos.aapec.org/images/Consenso\\_Colombiano\\_Vitamina\\_D.pdf](http://cursos.aapec.org/images/Consenso_Colombiano_Vitamina_D.pdf)
- Vicente-Rodríguez, G., Jimenez-Ramirez, J., Ara, I., Serrano-Sanchez, J. A., Dorado, C., & Calbet, J. A. (2003). Enhanced bone mass and physical fitness in prepubescent footballers. *Bone*, 33(5), 853-859. doi:10.1016/j.bone.2003.08.003
- Vidarte Claros, J. A., Vélez Álvarez, C., Arango Arenas, A., & Parra Sánchez, J. H. (2020). Densidad mineral ósea en escolares colombianos entre 8 a 16 años. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 40(4), 20-29. doi:[doi.org/10.12873/404vidarte](https://doi.org/10.12873/404vidarte)
- Winther, A., Ahmed, L., Furberg, A., Grimnes, G., Jorde, R., Nilsen, O., . . . Emaus, N. (2015). Leisure time computer use and adolescent bone health--findings from the Tromsø Study, Fit Futures: a cross-sectional study. *BMJ Open*, 5(6), e006665. doi:10.1136/bmjopen-2014-006665.
- Wojtys, E. M. (2020). Bone Health. *Sports Health*, 12(5), 423-424. doi:[doi.org/10.1177/194173812094](https://doi.org/10.1177/194173812094)
- Yeste, A. C. (2015). Valoración e interpretación de la masa ósea en la infancia y adolescencia. *Pediatría Integral*, 19(6), 436.e1-436.e9. Obtenido de <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2015-07/valoracion-e-interpretacion-de-la-masa-osea-en-la-infancia-y-adolescencia/>
- Zhu, X., & Zheng, H. (2021). Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, 15, 53-69. doi:<https://doi.org/10.1007/s11684-020-0748-y>
- Zouch, M., Zribi, A., Alexandre, C., Chaari, H., Frere, D., Tabka, Z., & Vico, L. (2015). Soccer increases bone mass in prepubescent boys during growth: a 3-yr longitudinal study. *Journal of clinical densitometry : the official journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 18(2), 179-186. doi:10.1016/j.jocd.2014.10.004

### Datos de los autores:

Mg. Luis Hebert Palma Pulido	lpalma@uceva.edu.co	Autor/a
Licenciada Jessica Fabiana Cardona Castiblanco	jessica.cardona01@uceva.edu.co	Autor/a
Mg. Aida Yineth Palma Pulido	apalma@uceva.edu.co	Autor/a
Licenciada Marcela Vélez Better	marcela.velez01@uceva.edu.co	Autor/a