



**ACTIVIDAD FÍSICA Y SALUD ÓSEA EN ESCOLARES ENTRE 8 Y 16 AÑOS DE
LA CIUDAD DE MANIZALES**

Lic. ANGELA MARÍA GONZÁLEZ GRAJALES
Lic. CARLOS ANDRÉS VELÁSQUEZ GIRALDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE SALUD
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE
MANIZALES

2019

**ACTIVIDAD FISICA Y SALUD ÓSEA EN ESCOLARES ENTRE 8 Y 16 AÑOS DE
LA CIUDAD DE MANIZALES**

ANGELA MARÍA GONZÁLEZ GRAJALES

CARLOS ANDRÉS VELÁSQUEZ GIRALDO

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Actividad Física y Deporte

Directores

Dr. JOSÉ ARMANDO VIDARTE CLAROS

Dra. CONSUELO VÉLEZ ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

MANIZALES

2019

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO	7
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
3	JUSTIFICACIÓN.....	12
3.1.1	Factibilidad Del Proyecto.....	14
4	OBJETIVOS	15
4.1	Objetivo General	15
4.2	Objetivos Específicos.....	15
5	REFERENTE TEÓRICO.....	16
5.1	Salud ósea en niños y adolescentes	16
5.2	Densidad Mineral Ósea.....	17
5.3	Densitometría ósea	18
5.4	Antropometría	20
5.5	La actividad física y su relación con la densidad mineral ósea.....	21
6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	25
7	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	28
7.1	Tipo de estudio:.....	28
7.2	Población.....	28
7.3	Muestra.....	28
7.4	Criterios de inclusión	29
7.5	Criterios de exclusión.....	30
7.6	Técnicas e instrumentos	30
7.7	Procedimiento	34
7.8	Análisis estadístico.....	35
8	RESULTADOS	36
8.1	Análisis Univariado.....	36
8.2	Análisis Bivariado	42
8.3	Análisis multivariado.	44
9	DISCUSIÓN	46
10	CONCLUSIONES	54
11	RECOMENDACIONES	56

12	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
----	----------------------------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen ejecutivo.....	7
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	25
Tabla 3 Variables asumidas para el muestreo	29
Tabla 4 Distribución de la muestra según las variables sociodemográficas.....	36
Tabla 5 Distribución de la población evaluada según la condición de salud y medicamentos.	37
Tabla 6 Distribución de la población participante según el nivel de actividad física.	37
Tabla 7 Distribución porcentual del nivel de actividad física de la población de estudio. ..	38
Tabla 8 Distribución de la población participante acorde al nivel de actividad física según sexo y edad.	38
Tabla 9 Descriptivos de las variables antropométricas de la población participante en el estudio.....	39
Tabla 10 Distribución del DMO según sexo y la edad de la población de estudio	40
Tabla 11 Distribución de la velocidad pico de crecimiento (APVH) según sexo y edad de la población de estudio	41
Tabla 12 Resumen de la asociación entre el nivel de actividad física y las variables sociodemográficas.. ..	42
Tabla 13 Prueba de Normalidad	42
Tabla 14 Coeficiente de correlación entre la DMO y las variables de estudio.	43
Tabla 15 Relación entre el DMO y las variables de estudio (U. de Mann Whitney).	44
Tabla 16 Relación entre DMO y las variables de estudio (Kruskal-Wallis).	44

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Consentimiento informado	70
Anexo 2 Instrumento de recolección de información.....	72
Anexo 3 Protocolo por antropometría	76

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

TITULO: ACTIVIDAD FISICA Y SALUD OSEA EN ESCOLARES ENTRE 8 Y 16 AÑOS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

1 RESUMEN EJECUTIVO

Tabla 1 Resumen ejecutivo

Título: Actividad física y salud ósea en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Manizales			
Investigadores Principales: Angela María González Grajales, Carlos Andrés Velásquez Giraldo			
Total, de Investigadores: 2			
Nombre del Grupo de Investigación: Cuerpo Movimiento (UAM) Colciencias Clasificación A			
Línea de Investigación:			
Entidad: Universidad Autónoma de Manizales			
Dirección: Antigua Estación del Ferrocarril		Teléfono (68)8727272	Fax(68) 810'290
Nit: 890805051-0		E-mail: uam@autonoma.edu.co	
Ciudad: Manizales		Departamento: Caldas	
Sede de la Entidad: Antigua estación del ferrocarril Manizales			
Tipo de Entidad: Educativa UAM			
Universidad Pública:	Universidad Privada: <input checked="" type="checkbox"/>	Entidad Pública:	ONG:
Lugar de Ejecución del Proyecto: Manizales			
Ciudad: Manizales		Departamento: Caldas	
Duración del Proyecto (en meses):			
Costo Total del Proyecto:			
Tipo de Proyecto:			
investigación Básica:	Investigación Aplicada:	Desarrollo Tecnológico	o Experimental:
Descriptor / Palabras claves:			
.			

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA O PROBLEMA DE INVESTIGACION Y SU JUSTIFICACION EN TERMINOS DE NECESIDAD Y PERTINENCIA

Son diferentes los estudios que evidencian como la base para una buena salud ósea está dada a partir de un desarrollo adecuado del contenido mineral óseo y esto se marca en las primeras edades, donde, es relevante la vigilancia del crecimiento y maduración del sistema esquelético (1-7). El diagnóstico de la salud ósea es importante ya que con ello se pueden determinar la acumulación mineral ósea máxima en edades pediátricas y la acumulación de los máximos de masa ósea en edades adultas, por tanto, el poder determinar la masa mineral ósea permite tener adecuados diagnósticos de la salud mineral ósea en el infante y la masa mineral ósea máxima óptima es el mejor medio de prevenir la osteoporosis en la edad adulta (8- 10).

La densidad mineral ósea (DMO) se refiere a la cantidad de minerales (por lo general, calcio y fósforo) que contiene cierto volumen de hueso. Este tejido es sensible a diversos estímulos mecánicos, principalmente a los resultantes de la gravedad y las contracciones musculares (11). Durante la fase de crecimiento, la DMO aumenta progresivamente en los hombres, llegando a alcanzar, al final de la adolescencia, cerca del 95%, además el pico de masa ósea por lo general se presenta entre la segunda y tercera década de vida (12). En ese contexto, la etapa de la adolescencia es considerada como un momento crítico para la adquisición de masa ósea (13), puesto que se producen cambios significativos durante el proceso de crecimiento y la maduración biológica. La valoración de la DMO durante la maduración presenta la mejor oportunidad

Así mismo, son muchos los factores que influyen en la mineralización de los huesos en la infancia y la adolescencia, entre los cuales se incluyen, aunque algunos factores no son modificables (sexo, edad, grupo étnico, herencia, menopausia, fenotipo pequeño) hay otros susceptibles de cambiarse (factores nutricionales, estilo de vida, peso bajo, caídas, tabaco, alcohol, café, medicamentos sobre los cuales sí se puede actuar (14 -18).

La actividad física desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles y disminuye el riesgo de obesidad, actuando en la regulación del balance energético y preservando o manteniendo la masa magra en detrimento de la masa grasa (19, 20). Así mismo, la Actividad Física como medio para aumentar las ganancias óseas es un factor importante, pero también se plantea cuál etapa del ciclo de vida es la más acorde para ejercer este estímulo. Las edades ideales para estimular el hueso a través del ejercicio físico y obtener respuestas óseas positivas son la infancia y la adolescencia, argumentando que el Pico de Masa Ósea se alcanza cerca del 90% a los 20 años, tanto en hombres como en mujeres, siendo la edad más influenciada para generar cambios positivos en el hueso (21).

Diferentes estudios muestran los beneficios y efectos de la Actividad Física y del Deporte sobre la Densidad Mineral Ósea, entre los cuales se encuentran esfuerzos físicos que conllevan cargas de alto impacto durante su ejecución (saltos, carreras, giros, cambios de dirección...), realizadas antes de la maduración del esqueleto, tienen una gran influencia en el crecimiento de la masa ósea y aquellas que implican la utilización de la masa muscular influyen sobre el incremento de la fuerza y esto es factor de reducción de la incidencia de fracturas y la reducción en un 40% el riesgo de sufrir osteoporosis a lo largo de la vida, además de otras ganancias no solo mejora la Densidad Mineral Ósea sino también el equilibrio, la marcha, la coordinación, la fuerza muscular y el tiempo de reacción, todos ellos factores que reducen el riesgo de caídas y de fracturas, que es el desenlace más dramático de la osteoporosis (22-25). También se resalta como algunas modalidades deportivas tales como el fútbol (6, 24), baloncesto o voleibol entre otras (7), poseen un alto contenido osteogénico, debido a las constantes fuerzas de reacción que se producen entre el niño y la superficie de juego, durante su desarrollo (26-28).

El ejercicio controlado, junto a una dieta equilibrada que reduzca el consumo de sodio y cubra los requerimientos diarios de calcio y vitamina D, puede contribuir significativamente a la prevención de sintomatología y desarrollo de enfermedades como la tan temida osteoporosis. Los factores nutricionales son importantes como reguladores de la masa ósea, a través de distintos mecanismos: proporciona vitaminas, sales minerales de calcio, fósforo y magnesio, interacciona con hormonas y factores locales de crecimiento para la

mineralización y crecimiento del hueso, y aporta nutrientes energéticos y plásticos necesarios para la síntesis de la matriz del cartílago y del hueso (29, 30). El aporte nutricional en los deportistas es determinante para su rendimiento profesional. Dicho aporte pudiera verse comprometido si no están bien informados sobre las dietas equilibradas en energía y nutrientes. Muchos factores intervienen en que sus dietas sean inadecuadas; entre ellos, la falta de controles y asesoramiento apropiado (31). Las necesidades energéticas de los deportistas infantiles y juveniles no han sido muy estudiadas. Los deportistas más jóvenes difieren de los de edades superiores en cuanto a sus necesidades específicas, ya que necesitan un mayor consumo de proteínas por kilogramo de peso corporal; además, aquéllos utilizan como combustible un mayor porcentaje de grasa durante el entrenamiento (32, 33).

El consumo de dietas bajas en energía conducirá de manera inevitable a deficiencias nutricionales, entre ellas de calcio. Esto dará lugar a una alta incidencia de fracturas de estrés cuando el aporte de este elemento en la dieta es deficitario (13). Para deportistas de alto nivel una ingesta deficitaria de calcio conlleva mayor riesgo de fracturas, ya que en la adolescencia el consumo de calcio es necesario para conseguir un pico máximo de mineralización ósea.

La evaluación de la densidad mineral ósea se ha realizado tradicionalmente por la densitometría ósea cuyo objetivo es identificar a las personas con riesgo de fragilidad ósea para establecer, guiar y monitorear su tratamiento posteriormente (34). En este contexto, la Absorciometría de Rayos X de Energía Dual (DXA) se ha convertido en el estándar de oro para medir la BMD y el contenido mineral óseo (BMC) de niños y adolescentes en todo el mundo. Esto se debe a su velocidad, alta precisión, seguridad, baja emisión de radiación, amplia accesibilidad y alto índice de reproductibilidad (99%), su escaso error de precisión (1%), el limitado tiempo que se precisa para su realización (3-5 minutos) y su mínima dosis de radiación (0,02% de límite anual establecido para la población (35). Sin embargo, este método tiene de igual forma algunos limitantes como el costo de dicha valoración, ya que se ha incrementado últimamente por el uso de programas y softwares y el desarrollo de estándares específicos para regiones geográficas particulares (36, 37), aspectos que hoy pueden considerarse como limitantes para su uso y aplicación para ciertos contextos

socioculturales, además, puede proporcionar resultados contradictorios cuando es utilizado por países que no tienen estándares nacionales disponibles.

En Chile Gómez- Campos et al., han venido planteando ecuaciones de regresión para predecir la salud ósea de niños y adolescentes basadas en indicadores antropométricos para proponer valores de referencia según la edad y el sexo (38). Estos autores establecen que, la antropometría puede ser un método alternativo de bajo costo y fácil de usar en contextos epidemiológicos y los resultados de este estudio han posibilitado confirmar que las variables antropométricas longitud del antebrazo, el diámetro del fémur y el APVC fueron variables que predijeron la DMO y BMC en niños y adolescentes de ambos sexos, donde a partir de cuatro modelos propuestos se encontraron una alta precisión en sus coeficientes de regresión, Además de lo anterior también pudieron establecer un buen acuerdo (Trazado de Bland-Altman) con el método de referencia DXA ya que los límites del 95% son estrechos y los coeficientes de correlación son altamente significativos, lo que pudo y estos apoyan la reproducibilidad de las ecuaciones propuestas y por tanto, con base en las cuatro ecuaciones para estimar la salud ósea, se desarrollaron percentiles para cada edad y sexo.

Las conclusiones de estudio de Chile (38) permite establecer la hipótesis de cómo los años de velocidad pico de altura (PHV) basados en variables antropométricas, longitud del antebrazo y diámetro del fémur además de predecir la salud ósea de niños y adolescentes sirve para correlacionar BMD y BMC respecto variables definidas en función a la edad y el sexo en adolescentes colombianos.

De acuerdo con los anteriores planteamientos surge la siguiente pregunta de investigación:

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles son las variables predictoras de la salud ósea en escolares entre 8 y 16 de la ciudad de Manizales?

3 JUSTIFICACIÓN

La evaluación de la salud ósea en niños y adolescentes es importante, puesto que permite identificar a los niños y adolescentes que pueden estar con bajos niveles de acumulación de mineral óseo, o con riesgo futuro de padecer osteoporosis, debido posibles bajas densidades de mineralización ósea (DMO). permitiendo tener una referencia nacional y en la misma pendiente determinar la correlación buscada, permitiendo tener un sustento actual y científico determinante en futuros problemas de salud, fortaleciendo la prevención a través de la obtención de datos referenciales y el resultado determinante en el aporte a las políticas en la salud pública (38).

La Organización Mundial de la salud propone que la actividad física, como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos exige un gasto de energía (43), y además hoy se ha convertido en una estrategia de promoción de la salud y para ello establece una serie de beneficios que se pueden obtener a partir de su práctica, por su parte Peña sugiere que las edades ideales para estimular el hueso a través del ejercicio físico y obtener respuestas óseas positivas son la infancia y la adolescencia, argumentando que el pico de masa ósea se alcanza cerca del 90% a los 20 años, tanto en hombres como en mujeres (44).

De igual forma las investigaciones realizadas por Reuter en 2012 demostraron que los estudiantes que realizaban mayor actividad física presentaron mayor masa magra, menor tejido graso y la densidad mineral ósea fue mayor en diferentes puntos del cuerpo, como el cuello femoral, el fémur total y el cuerpo total, tanto en hombres como en mujeres (45). En este sentido la realización de la presente investigación busca evidenciar como los niveles de actividad física en los escolares y la ingesta nutricional determinan en gran medida la salud ósea de los mismos, ya que al identificar la densidad mineral ósea de los participantes, se podrán aportar nuevos elementos científicamente validados para incentivar la realización de la actividad física a edades tempranas, y generar conciencia de los resultados de ésta en el fortalecimiento de los huesos, su crecimiento y la importancia de la reserva de calcio para edades futuras, de tal forma que se pueda así prevenir la osteoporosis en la edad adulta, ya en las personas mayores una de las causas de la pérdida de calcio se produce por falta de

ejercicio.

Determinar la densidad mineral ósea en niños y adolescentes a partir de los hallazgos del estudio de Gómez-Campos et al (38) donde la antropometría juega papel importante es muy relevante ya que permite establecer que los usos de estos instrumentos no invasivos ayudan a identificar a los niños con posibles problemas subyacentes en la mineralización ósea durante la etapa de crecimiento y la maduración biológica, resultados que pueden ser utilizados e implementados en contextos clínicos y epidemiológicos durante la infancia y la adolescencia. Además, esta nueva manera de evaluación de la densidad mineral ósea donde las referencias basadas en variables antropométricas, reducen drásticamente los costos y su uso e implementación puede ser ventajoso para las clínicas de salud y las instituciones educativas donde los recursos y las infraestructuras son limitados ya que como bien se ha planteado las formas de evaluación tradicional de la salud ósea en muestras pediátricas de varios países del mundo (39- 42) utilizaron equipos sofisticados y costosos.

El uso de percentiles basados en variables antropométricas simples y el control de la maduración somática mediante APHV podría servir para ayudar a los profesionales e investigadores a mejorar la atención de la salud ósea de niños y adolescentes. Además, esto podría ayudar a comparar y clasificar a los niños según los puntos de corte establecidos (normal, osteopenia y osteoporosis). Estos valores de referencia deberían mostrar aplicaciones prácticas para detectar anomalías esqueléticas en niños y adolescentes.

Existe un gran vacío en el conocimiento en el área para el caso colombiano y seguramente los resultados podrán fundamentar procesos de promoción de la salud en una población que ha sido valorada y reconocida como la más importante en la escala de desarrollo humano desde lo biológico y psicosocial. Este proyecto se articula a la línea de investigación “Actividad física y deporte” del grupo de investigación Cuerpo Movimiento de la UAM, puesto que se dirige a la valoración de la salud ósea de los escolares a través de medios y métodos antropométricos, fortaleciendo los procesos que tienen que ver con actividad física y el deporte, y, con la posibilidad de establecer posibles predictores de la esta salud ósea.

3.1.1 Factibilidad Del Proyecto

De igual manera el desarrollo de este trabajo pretende establecer los percentiles predictivos de salud ósea en la población participante, y dado que es un estudio multicéntrico los resultados generados en el momento de su consolidación aportarán elementos a nivel nacional para la toma de decisiones en relación a la actividad física en la población escolar y adolescentes y su importancia en función a su desarrollo antropométrico.

Se contó con los recursos humanos y materiales para el logro de sus objetivos, además, existe un interés en función de los resultados que ésta pueda brindar como aporte a la Maestría de actividad física y deporte, y a la línea de investigación en la cual se inscribe, éstos podrán articularse al currículo del programa y a los trabajos de proyección derivados de la línea enmarcados en la importancia de promover la adopción de aquellas medidas preventivas y terapéuticas encaminadas a promover una salud ósea óptima durante la infancia y adolescencia a través de la actividad física y el deporte tal como lo afirma Sopher (47).

Los escolares participantes tuvieron la posibilidad de retirarse voluntariamente en cualquier fase del proceso de evaluación, igualmente, el presente estudio se consideró como investigación con riesgo mínimo” de acuerdo al artículo 11 de la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud colombiano, ya que se emplearon pruebas de evaluación no invasivas, que no atentaron contra la integridad física y moral de los escolares participantes del estudio. Adicionalmente esta investigación cumplió con los principios enunciados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial(48), Por otra parte, se respetaron los derechos de autor de los diferentes insumos teóricos y evaluaciones utilizadas, citando las respectivas referencias bibliográficas.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar las variables predictoras de la salud ósea en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Manizales.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables sociodemográficas, antecedentes Clínicos y uso de medicamentos de los participantes en el estudio.
- Determinar los niveles de actividad física en los escolares participantes en el estudio.
- Describir las características antropométricas de los escolares participantes en el estudio.
- Determinar la distribución del DMO de la población según sexo y edad.
- Establecer la relación del DMO con las variables de estudio en los participantes.
- Estimar el modelo predictivo de la salud ósea en los escolares participantes del estudio.

5 REFERENTE TEÓRICO

5.1 Salud ósea en niños y adolescentes

Al hablar de salud ósea es necesario tener presente como los estilos de vida juegan un papel importante en la etapa de crecimiento en los niños por cuanto desarrollan las bases para una buena salud en edades futuras. Una adecuada alimentación, descanso y ejercicio físico, son elementos esenciales para el desarrollo infantil. Llevar a cabo un estilo de vida activo en edades tempranas, participando en actividades físico-deportivo en las que se produzcan impactos y fuerzas que generen estímulos en la masa ósea, va a permitir garantizar un capital óseo mayor que asegure la reducción de problemas óseos en la etapa adulta (48).

Moreno et al, plantean como la articulación de actividades físico deportivas y una adecuada alimentación reduce el riesgo de padecer diferentes enfermedades como la osteoporosis, la obesidad, la hipertensión arterial, la diabetes y problemas cardiovasculares (49), y otras enfermedades como el incremento en las fracturas de los huesos (50), debido a que cada día los niños realizan menos actividad física lo que conlleva a la posibilidad de poseer una baja en la densidad mineral ósea (DMO) (51, 52), siendo la adolescencia una de las etapas más sensible en el desarrollo óseo de los sujetos y donde en gran porcentaje los recursos óseos en la edad adulta han sido obtenidos en éstas etapas (53, 54).

Es importante destacar como, a pesar de que el pico de masa ósea se alcanza alrededor de los 25-30 años, es en la adolescencia donde se aprecian las mayores ganancias en la masa ósea, especialmente entre los 11 y 14 años en el caso de las chicas y entre los 14 y 16 en el caso de los chicos, pudiendo alcanzar hasta un 51% del pico de masa ósea en este periodo de desarrollo puberal (55). Dentro de las enfermedades óseas es importante destacar la osteoporosis como uno de los mayores problemas de salud para el mundo, tanto por su extensión como por sus consecuencias socioeconómicas. El riesgo de presentar una fractura osteoporótica a lo largo de la vida es aproximadamente del 40%. Se estima en el año 2050, la incidencia en todo el mundo de fractura de cadera aumentará un 310% en varones y un 240% en mujeres, alcanzando valores entre 4.5 y 6.3 millones de fracturas anuales (50), por tanto, es importante para la salud ósea del desarrollo de unos hábitos higiénico-dietéticos correctos durante la infancia y la adolescencia (56).

5.2 Densidad Mineral Ósea

La densidad mineral ósea (DMO) se refiere a la cantidad de minerales (por lo general, calcio y fósforo) que contiene cierto volumen de hueso. Este tejido es sensible a diversos estímulos mecánicos, principalmente a los resultantes de la gravedad y las contracciones musculares (57). De hecho, se consideran como principales factores determinantes de la masa ósea máxima, la genética, el estado hormonal, ingestión de calcio y la actividad física (57, 58).

Durante la fase de crecimiento, la DMO aumenta progresivamente en los hombres, llegando a alcanzar, al final de la adolescencia, cerca del 95% (59), además el pico de masa ósea por lo general se presenta entre la segunda y tercera década de vida (60). En ese contexto, la etapa de la adolescencia es considerada como un momento crítico para la adquisición de masa ósea (61), puesto que se producen cambios significativos durante el proceso de crecimiento y la maduración biológica.

Lo anterior pone en evidencia la relevancia de una valoración de la DMO durante la maduración como una oportunidad para ganar densidad ósea, así como también para modificar el tamaño del esqueleto y su arquitectura en respuesta a las cargas mecánicas (59). Además, puede ser la mejor época para apostar estrategias de prevención primaria que reduzcan la presencia de osteoporosis en la edad adulta (61, 62). En general, se acepta que el desarrollo adecuado del contenido mineral óseo durante el crecimiento y la maduración biológica es una clave para la salud del esqueleto durante la vida adulta (63).

Los métodos de cuantificación de la masa ósea más utilizados son los indirectos, entre los cuales se encuentran: la histología/histomorfometría, la micro tomografía y la micro resonancia magnética y los indirectos como la radiología simple (cualitativa), los índices radiológicos (Shing, Meunier), Radiogrametría Índices de Nordin-Barnet, Morgan..., Técnicas densitométricas, técnicas densitometría fotónica dual (DPA), axiales: Tomografía axial cuantitativa (QCT), la densitometría radiológica de doble energía (DXA) (columna lumbar, cadera), las técnicas de densitometría radiológica monoenergética periféricas: (SXA), Densitometría fotónica simple (SPA), DXA periférica (pDXA) (radio, calcáneo,

falanges), Tomografía periférica cuantitativa (QCTp), Ultrasonidos cuantitativos (QUS) y Radiogrametría digital cuantitativa (QDR)

5.3 Densitometría ósea

La evaluación indirecta cuantitativa se puede llevar a cabo mediante diferentes técnicas densitométricas que se fundamentan en la alteración que produce el tejido óseo mineralizado sobre agentes físicos. Por su aplicación clínica, se pueden clasificar entre las que permiten evaluar hueso axial y las que exploran huesos periféricos ya que, por la metodología que emplean, no pueden acceder a huesos con abundante tejido blando adyacente (64).

Todas las técnicas han mostrado cierta capacidad de predecir el riesgo de fractura (64). La capacidad de predicción del riesgo de fractura de la masa ósea evaluada por densitometría en diferentes sectores anatómicos se asocia a un mayor riesgo relativo de fractura en el mismo lugar anatómico donde se ha evaluado la misma. Pero, como puede observarse en el metaanálisis de Marshall, el riesgo relativo asociado a la predicción de cualquier tipo de fractura es muy similar (1,5 veces por cada desviación estándar que disminuye la masa ósea) con todas las técnicas, tanto axiales como periféricas (65).

Las técnicas axiales (DXA: dual X-ray absorptiometry; QCT: Quantitative computed tomography) permiten explorar vértebras y cadera. Mientras la QCT permite sustraer y analizar el hueso trabecular puro, mediante la DXA se debe evaluar conjuntamente. La DXA se ha impuesto como técnica densitométrica por diferentes razones: Permite explorar los sectores anatómicos donde asientan las fracturas osteoporóticas epidemiológicamente más relevantes, columna vertebral y extremidad proximal del fémur, tiene una excelente precisión que permite un control evolutivo en un plazo razonable, la evolución de la masa ósea en esos sectores con la edad es concordante con la epidemiología de la enfermedad, permite observar la respuesta terapéutica de la masa ósea, en huesos periféricos pueden no observarse cambios en enfermos con respuesta axial y disminución del riesgo de fractura (65).

Los diferentes densitómetros DXA se basan en el mismo principio: generación de una imagen digitalizada en función de la atenuación de dos haces colimados de rayos X, de alta y baja energía, de un determinado sector anatómico. Aunque existen diferencias en los tipos de

filtros, número de detectores y emisores de rayos X, sistema de calibración y algoritmos para la selección de áreas de interés, son estos dos últimos los responsables de que no sean idénticos los valores obtenidos por densitómetros de diferentes casas comerciales (65).

El cálculo de la densidad se realiza a través de un proceso matemático que se inicia con la diferenciación del tejido óseo respecto a los tejidos blandos –diferencial de la captación del haz de baja y alta energía–, determinación del área explorada (cm²), determinación del contenido mineral (CMO, g) y con el cociente de ambos se obtiene la densidad por unidad de superficie (DMO, g/cm²) en cada subsector de la región ósea explorada (66).

Existen programas específicos para la exploración lateral de la columna lumbar, del antebrazo, exclusión de material protésico, análisis de escoliosis, huesos pequeños (que permite su utilización con animales de experimentación), así como densitómetros que permiten la exploración del cuerpo entero aportando información no sólo de la densidad mineral ósea sino también de la composición corporal de los tejidos blandos. Los tiempos de exploración se sitúan entre 8 y 15 minutos, si bien existen modos de una vez realizada la densitometría, hay que tener en cuenta los posibles factores que pueden influir en la correcta interpretación clínica de la misma: correcta colocación del paciente y selección de las áreas de interés (dependientes del técnico que realiza la exploración, evaluables mediante la inspección de la imagen) y, muy importantes, los dependientes del sujeto (66).

Una vez obtenida la DMO en un determinado sujeto, ésta debe ser considerada en función de los valores de su población de control, bien respecto al pico de masa ósea de la población joven sana (puntuación T) o bien respecto a su grupo de edad y sexo (puntuación Z). En ambos casos se transforma el valor de la DMO en desviaciones estándar respecto al valor medio poblacional. La estandarización debe realizarse utilizando valores poblacionales válidos, a ser posible, de la misma población estudiada. (66, 67), según estos autores las fórmulas utilizadas para alcanzar dichos valores son:

Puntuación T = $\frac{\text{DMO sujeto} - \text{DMO "pico de masa ósea"}}{\text{Desviación estándar del "pico de masa ósea"}}$.

Puntuación Z = $\frac{\text{DMO sujeto} - \text{DMO media para su edad y sexo}}{\text{Desviación estándar de su grupo de edad y sexo}}$

Algunos estudios donde se muestra relevancia sobre el análisis de la densidad mineral ósea y el contenido mineral óseo en niños, desde la utilización de absorciometría (DEXA) (68), buscó fue detectar BMD y BMC en niños saudíes y así poder detectar su relación con medida antropométrica, a partir del estudio de factores que afectan sus cambios especialmente el calcio sérico, la vitamina de nivel D; concluye como la densidad ósea promedio (DMO) de niños y adolescentes saudíes es menor que el de otros países como Estados Unidos, Brasil y los Iraníes. se encontró en 2.3% de niñas especialmente en la adolescencia. Los niños tienen más BMD y BMC que las niñas en todos los grupos de edad. El peso, la altura, el IMC son buenos predictores para cambios en BMD y BMC durante un período de crecimiento. La Vitamina D en este estudio muestra menos efecto en los cambios en la DMO y BMC.

Así mismo el estudio realizado por Hao Xu et al, (69), muestra como la densidad mineral ósea de la mano (DMO) en adultos se correlacionó significativamente con varios sitios esqueléticos, incluido el cuerpo total. Sin embargo, aún no se han explorado las relaciones entre las mediciones de la mano y del hueso corporal total para los niños. Se realizó un estudio corte transversal estudio de 892 niños chinos normales (511 varones, 381 mujeres) de entre 5 y 14 años mediante la medición de la DMO y el contenido mineral óseo (BMC) en la mano total, extremidad superior, cuerpo subtotal y cuerpo total usando absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), encontrándose que la mano BMD y BMC aumentaron con la edad para ambos sexos. Las niñas tenían significativamente mayor BMD y BMC de la mano que los hombres. La edad explicó más varianza en la mano BMD. En este estudio se muestra la relevancia de la exploración DXA de mano como una herramienta nueva para la evaluación clínica del hueso y de la salud en los niños.

5.4 Antropometría

La antropometría corresponde a la sub-rama de la antropología biológica o física que estudia las medidas del hombre (70,71). Se refiere al estudio de las dimensiones y medidas humanas con el propósito de comprender los cambios físicos del hombre y las diferencias entre sus

razas y sub-razas, así como la composición del cuerpo humano en diferentes edades y distintos grados de nutrición (72). Además de las variaciones de las dimensiones del cuerpo humano de acuerdo al sexo, edad, raza, nivel socioeconómico, etc. (72) Estas dimensiones son de dos tipos importantes: estructurales y funcionales. Las estructurales son las de la cabeza, troncos y extremidades en posiciones estándar. Mientras que las funcionales o dinámicas incluyen medidas tomadas durante el movimiento realizado por el cuerpo en actividades específicas (71,72). Su objetivo principal es determinar la masa corporal expresada por el peso, las dimensiones lineales como la estatura, la composición corporal y las reservas de tejido adiposo y muscular estimadas por los distintos tejidos superficiales: masa grasa y masa magra (71).

Como se ha planteado inicialmente el proceso de evaluación por antropometría en el presente estudio se apoya en las variables desarrolladas en el estudio de Gómez Campos (38), quienes hipotetizaron que los años de velocidad pico de altura (PHV) basados en variables antropométricas, longitud del antebrazo y diámetro del fémur podrían predecir la salud ósea de niños y adolescentes. Además, la creación de percentiles basados en el método LMS pueden contribuir a diagnosticar, clasificar y monitorear BMD y BMC en función de la edad y el sexo partiendo tiene su relevancia en la medida que busca.

Lo anterior refiere entonces que serán variables del estudio desde la antropometría, la altura vertical, la altura sentada (altura del tronco cefálico), la longitud del antebrazo (m) o la distancia entre los puntos radial y estiloides, el diámetro del fémur biepicondilar (cm), bajo el protocolo estandarizado del "grupo de trabajo internacional de la cineantropometría" descrito por Ross y Marfell-Jones (73). Además, se medirán las variables índices de masa corporal (IMC calculado a partir de la fórmula estandarizada $\text{masa corporal (kg)} / \text{altura}^2(\text{m})$) y la maduración biológica (74)

5.5 La actividad física y su relación con la densidad mineral ósea

Además de todos los beneficios que se suceden en el organismo a partir de la práctica de la actividad física, es de resaltar como ésta se convierte en un determinante mayor de la masa ósea, ya que ayuda a regular la síntesis del componente orgánico de la matriz ósea, el depósito

de sales minerales, la orientación espacial de las fibrillas de colágeno mineralizadas y la orientación espacial de la arquitectura ósea. Sus efectos van en el sentido de optimizar la fuerza y la resistencia del hueso frente a los microtraumatismos y macrotraumatismos a los que está continuamente sometido, así mismo una inmovilización prolongada comporta una disminución de la densidad mineral ósea (89, 90). Mientras que el ejercicio físico continuado comporta un incremento en la densidad mineral ósea, sin que se conozcan bien los mecanismos a través de los cuales se producen estos cambios (90), está totalmente corroborado que los niños y adolescentes con actividad física apreciable tienen valores mayores de densidad mineral ósea que aquellos que tienen una actividad sedentaria. Las atletas de élite, corredoras y gimnastas, incluso a pesar de presentar cierto grado de hipogonadismo, tienen valores de densidad mineral ósea superiores a los individuos sedentarios (91).

Estudios controlados en adolescentes con diversos grados de actividad física han mostrado que el ejercicio prolongado estimula la aposición de masa ósea. Ciertos datos experimentales apuntan en el sentido de que el ejercicio estimula la formación ósea e inhibe la resorción ósea (92) y el aporte nutricional en los deportistas juega de igual manera papel determinante para su rendimiento profesional. Dicho aporte pudiera verse comprometido si no están bien informados sobre las dietas equilibradas en energía y nutrientes. Muchos factores intervienen en que sus dietas sean inadecuadas; entre ellos, la falta de controles y asesoramiento apropiado (93).

Otros estudios muestran como actividades físicas como la danza clásica, gimnastas de rítmica, deportistas de triatlón y jóvenes sedentarias (grupo control), mediante encuestas de registro de alimentos consumidos durante cinco días (93), donde se pudo comprobar que el grupo de bailarinas, gimnastas y sedentarios consumieron dietas hipoenergéticas con respecto a las recomendaciones de la RDA (94) para esa edad. Dicha energía procedía sobre todo de los hidratos de carbono en el grupo que entrenaba resistencia (triatlón), al igual que el grupo de bailarinas y gimnastas, aunque con menor aporte. En las sedentarias el aporte se hacía a expensas de las grasas. En todas las deportistas el consumo de proteínas fue adecuado (93).

Por tanto, el consumo de dietas bajas en energía conducirá de manera inevitable a deficiencias nutricionales, entre ellas de calcio. Esto dará lugar a una alta incidencia de fracturas de estrés cuando el aporte de este elemento en la dieta es deficitario (95). Para deportistas de alto nivel una ingesta deficitaria de calcio conlleva mayor riesgo de fracturas, ya que en la adolescencia el consumo de calcio es necesario para conseguir un pico máximo de mineralización ósea. Sin embargo, existen más factores que intervienen en la mineralización ósea, como son: la edad, el índice de masa corporal, el desarrollo puberal, el tipo de hueso cortical o trabecular, el ejercicio físico y las características del mismo, y la presencia de alteraciones menstruales (96).

La deficiencia de calcio en la dieta está ampliamente descrita (16), y dependiendo del ejercicio físico realizado tendrá más o menos repercusiones. Por tanto, es imprescindible un adecuado asesoramiento nutricional. De ahí que se haya recomendado el aporte de calcio en cantidades mayores de 1.500 mg/día para los colectivos de mujeres que presenten alteraciones menstruales o trastornos del comportamiento alimentario (17).

El ejercicio constituye probablemente el estímulo más importante en el crecimiento y remodelación del hueso, contribuyendo además la presión y la tensión muscular y como se ha venido mencionando la actividad física contribuye al depósito de sales minerales, a la síntesis del componente orgánico de la matriz trabecular y a optimizar la fuerza y la resistencia del hueso frente a los traumatismos a que está sometido. La actividad física podría contribuir a reducir el riesgo de fractura, mejorando la resistencia y la calidad del hueso, a través de cambios en la arquitectura y características geo - métricas del mismo (97, 98).

De igual forma los estudios que sobre densidad mineral ósea (DMO) se han llevado a cabo en deportistas muestran resultados heterogéneos, posiblemente atribuibles a causas como: las diferentes técnicas de medición de la masa ósea empleada, el tipo de ejercicio, la intensidad y la duración del entrenamiento, el estado nutricional y la situación hormonal de los deportistas (99). La intensidad y el tipo del ejercicio tienen importantes repercusiones sobre la masa ósea.

Así, diferentes estudios (100) han demostrado una DMO mayor en las atletas de nivel alto y medio de competición, respecto a las de bajo nivel. El tipo de actividad deportiva no sólo condiciona diferentes modalidades de entrenamiento y grupos musculares implicados, sino también las características físicas y el tipo de nutrición de las deportistas. En este sentido, las nadadoras no necesitan un peso reducido para conseguir mejores rendimientos deportivos, por lo que su nutrición y peso corporal suelen ser mejores que en otro tipo de actividades. Es relevante también plantear que los beneficios del ejercicio físico en relación con la edad frente a la DMO son innumerables y siendo importante establecer que cuando el ejercicio se mantiene a lo largo de toda la vida, la DMO general y de cadera es entre un 5 y un 8% superior a las de sus homólogos inactivos, según los niveles de intensidad (101).

En la presente investigación se utilizará para evaluar los niveles de actividad física el cuestionario de actividad física en niños (PAQ-C) validado para Colombia por Herazo y Domínguez (102), que es un cuestionario que mide los niveles de actividad física moderada a vigoroso general en los últimos 7 días durante el año escolar; consta de diez preguntas con opciones de respuesta en una escala de cinco puntos. La primera pregunta indaga sobre las actividades realizadas durante el tiempo libre; las seis preguntas siguientes evalúan las actividades físicas realizadas en las clases de educación física, durante el receso, almuerzo, justo después de la escuela, en las tardes y los fines de semana; las dos últimas preguntas del cuestionario valoran la actividad física realizada durante el fin de semana y la frecuencia con que hizo actividad física cada día de la semana (anexo 2); la puntuación final del nivel de actividad física se deriva de las primeras nueve preguntas, la pregunta diez no se utiliza como parte de la puntuación total, pero sí para identificar al estudiante que tuvo una actividad inusual durante la semana anterior (101, 103). Para calcular la puntuación final se estima la media de las 9 preguntas, donde una 1 indica baja actividad física y 5 indica alta actividad física.

6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Valor	Descripción	Índice
Edad	8 a 16 años	Tiempo que una persona ha vivido desde su nacimiento a la fecha de la evaluación	Años
Nivel escolaridad	Años escolaridad	Periodo, medido en años escolares, que el niño ha permanecido en el sistema educativo formal	Años
Sexo	Masculino Femenino	Característica biológica y genética que divide a los seres humanos en dos posibilidades solamente: mujer u hombre	Masculino- Femenino
Tipo de colegio	Oficial Privado	Tipología del colegio establecida por el MEN	Oficial – Privado
Estrato socioeconómico	Bajo-bajo Bajo Medio bajo Medio Medio alto Alto	Nivel de clasificación de la población con características similares en cuanto a grado de riqueza y calidad de vida, determinado de manera directa mediante las condiciones físicas de las viviendas y su localización,	0 1 2 3 4 5 6
Actividad Física que realiza	Actividad física realiza	Actividades que realiza en el tiempo libre	Nombre de la actividad física
Frecuencia de práctica de	Número de veces que realiza AF	Actividades físicas realizadas en los últimos 7 días	No hago Casi nunca Algunas veces

Actividad física en tiempo libre			A menudo Siempre
Intensidad de práctica de AF	intensidad de la actividad física	Veces que se hizo actividad física o fue activo	Ninguno 1 vez 2-3 veces 4 veces 5 veces 6 o más veces
	Días a la semana que se hizo AF	Día de la semana	Ninguno Un poco Normal Frecuente Muy frecuente
Autoeficacia hacia la AF		Actividad para definir autoeficacia	Si No
Gasto frente a pantalla	Computador Video juegos Televisión	Horas al día que permanece frente a la pantalla	Si No
Peso	Mayor a 0	Fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo.	Kilogramos (k)
Índice de masa corporal (IMC)	Mayor a 0	Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo, utilizada para determinar el grado de riesgo para la salud	k/cm ²
Altura vertical	Mayor de 0	Estatura del individuo: longitud desde el vértex de la cabeza hasta la base de sustentación en posición bípeda	Cms
Altura sentada	Mayor de 0	Distancia entre el vértex y el plano de sustentación, o bien la porción más inferior de la pelvis	Cms

Longitud del antebrazo	Mayor de 0	Distancia entre los puntos radial y estiloides	Cms
Diámetro Fémur	Mayor de 0	Distancia entre los dos puntos más salientes de los conos femorales	mm
Absorciometría de Rayos X de Energía Dual	Mayor de 0	% grasa corporal, masa grasa magra, masa grasa y masa ósea.	%
Ha sufrido fracturas	Mayor de 0	Ha sufrido fracturas	Si /No
Consumo de medicamentos	Mayor de 0	Consume o ha consumido medicamentos	Si /No
Consumo de suplementos	Mayor de 0	Consume o ha consumido suplementos nutricionales	Si /No

7 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

7.1 Tipo de estudio:

La investigación pertenece a los estudios de análisis descriptivo transversal con una fase comparativa y predictiva.

7.2 Población

La población estuvo constituida por el total de los escolares entre los 8 y 16 años pertenecientes a las instituciones educativas tanto públicas como privadas de la ciudad de Manizales (Caldas), cuyo marco muestral fue suministrado a 31 de mayo de 2018 con un total de 44.211 estudiantes pertenecientes al sector oficial y 14.462 estudiantes pertenecientes al sector privado, para un total de 58.673 escolares en la ciudad de Manizales.

7.3 Muestra

El diseño muestral fue probabilístico (muestreo aleatorio simple, MAS). Para la determinación del tamaño de muestra se usaron los estadísticos media, desviación estándar y margen de error correspondientes a las variables edad cronológica, peso, talla sedente, talla bípeda, longitud del antebrazo y diámetro del fémur del estudio de Gómez-Campos et al.(38), las cuales se detallan en la tabla 3, con el respectivo tamaño de muestra para cada una de las variables. Se estableció una confiabilidad del 95% y un margen de error específico para cada una de las variables determinantes del estudio de Gómez-Campos et al. (38), estableciéndose el promedio de los tamaños muestrales arrojados para cada una de las variables determinantes, obteniéndose un tamaño muestral total de 304 sujetos. Finalmente, previendo pérdida de información estimada en 14%, se realizó ajuste al valor muestral total, obteniéndose un valor de muestra final correspondiente a 362 sujetos.

Tabla 3 Variables asumidas para el muestreo

Variables	Media	DE	Var	ME	Tamaño muestras
<i>Anthropometry</i>					
Chronological age (years)	12.95	3,84	14,7456	0,45	277
Biological age (APHV)			0		
Weight (kg)	51.84	18,94	358,7236	2,1	309
Standing height (cm)	151.72	19,25	370,5625	2	351
Sitting height (cm)	79.47	9,98	99,6004	1,1	313
Forearm length. (cm)	23.38	3,49	12,1801	0,4	289
Femur diameter (cm)	8.85	1,11	1,2321	0,12	324
Total					310

DE: Desviación estándar, Var: Varianza, ME: Margen de error.

Fuente 1: Gómez-Campos et al. (38)

Una vez establecido el tamaño muestral, acorde a información suministrada por la Secretaría Municipal de educación de Manizales, se determinó la existencia de 48 instituciones educativas de carácter público y 23 instituciones educativas de naturaleza privada. Dado el mayor número de estudiantes en las instituciones educativas públicas y con el objeto de balancear la muestra, se incluyeron a 13 instituciones de naturaleza pública y 10 privadas en el estudio. Igualmente, para equilibrar la muestra en cuanto al género de los participantes, dado el tamaño de muestra definitivo de 362 sujetos, se distribuyó este número en las diferentes edades escolares correspondientes al rango de 8-16 años con una distribución posterior por género, arrojando así un total de 18 sujetos por cada rango de edad y género correspondiente.

Tanto la institución educativa como los sujetos de estudio fueron asignados al estudio por aleatorización simple, utilizando para ello el comando de números aleatorios del sistema de complementos de análisis de datos de Microsoft Excel versión 8.1.

7.4 Criterios de inclusión

- Estudiantes con edades establecidas entre los 8 y 16 años que se encontraban matriculados en las instituciones educativas públicas y privadas de la ciudad de Manizales (Caldas).
- Diligenciamiento de consentimiento informado de acudientes y/o padres de familia y asentimiento informado de los escolares participantes en el estudio.
- Estar apto cognitivamente para el desarrollo de los cuestionarios de actividad física y corporalmente íntegro y saludable para el desarrollo de testeos antropométricos.
- La institución educativa seleccionada aleatoriamente debió haber contado con mínimo 50 alumnos matriculados y registrado en la Secretaría de Educación Municipal de Manizales (Caldas).

7.5 Criterios de exclusión

- Presencia de patologías que al momento de los testeos impidan el desarrollo de estas.
- Presencia de dos o más fracturas durante los tres meses previos al desarrollo del estudio.

7.6 Técnicas e instrumentos

Para el desarrollo del estudio se emplearon las técnicas de observación y encuesta, recurriendo a la medición de variables antropométricas acorde a los lineamientos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (64) y a formatos de encuesta para las variables sociodemográficas y de evaluación de la actividad Física PAQ-C respectivamente.

El cuestionario de actividad física para niños (PAQ-C) ha mostrado una muy buena consistencia interna, alcanzando un coeficiente alfa de Cronbach de 0,73 y una buena confiabilidad, consiguiendo un coeficiente de correlación intraclass prueba – post prueba de 0,60 en población colombiana (79). En cuanto a la validez del cuestionario, se reportó en población española, una moderada correlación con la prueba no paramétrica de Spearman, alcanzando un valor de 0,34 frente a la actividad física reportada por acelerómetro (80).

Las variables antropométricas se valoraron en lugares aireados, privados, reservados y destinados especialmente al interior de las instituciones educativas donde se llevaron a cabo las mediciones. Durante las evaluaciones siempre se requirió la presencia de los acudientes de los escolares, los cuales pudieron observar permanentemente los procedimientos de medición utilizados, respetando siempre la privacidad y buenas costumbres culturales de la región. Las mediciones se programaron en horarios previamente convenidos con los rectores y directores de grupo de las instituciones educativas que hicieron parte de la investigación.

La masa corporal de los sujetos se valoró en una balanza OMRON, referencia HBF-510-LA, se define como la cantidad de materia del cuerpo y se calcula midiendo el peso, es decir, la fuerza que ejerce la materia en un campo gravitacional estándar. Para su medición, se solicitó a los sujetos permanecer de pie en el centro de la balanza sin apoyo y con su peso distribuido equitativamente en ambos pies. Posteriormente se registró el dato obtenido en una sola medición (64).

La altura vertical, en función del plano de Frankfort, se midió utilizando cinta métrica Stanley referencia 0433726 con precisión de 0,1 mm, la cual fue adosada a la pared en cada uno de los sitios destinados para las mediciones por las instituciones educativas. La medición se tomó como la distancia perpendicular entre el plano transversal del vértex y el inferior de los pies. Se solicitó a los sujetos estar de pie, con los talones juntos, y los talones, glúteos y la región superior de la espalda en contacto con la cinta métrica. Se posicionó en plano de Frankfort verificando la transversalidad entre el orbitale y el tragión. Para tal fin, el evaluador posicionó sus pulgares en cada punto orbitale y sus dedos índices sobre cada punto tragión, verificando la alineación horizontal. Una vez obtenido plano de Frankfort, el evaluador reubicó sus pulgares en la región posterior de las orejas del sujeto evaluado para generar una tracción gentil de las mastoides solicitando una inspiración profunda y su retención al mismo tiempo. Inmediatamente se colocó una escuadra firmemente sobre el vértex y se comprimió el cabello lo máximo posible y se registró el valor de la altura vertical posterior a su lectura. Este procedimiento se repitió en dos ocasiones y se utilizó la media de éstas para el análisis de datos (64).

La altura sedente (altura del tronco cefálico), se midió igualmente con cinta métrica Stanley referencia 0433726 con precisión de 0,1 mm adosada a pared con la superposición inferior

de banco antropométrico de 40 cm de altura, 50 cm de ancho y 30 cm de profundidad. En este banco los sujetos se pudieron sentar para facilitar la resta del resultado de la altura vertical y así obtener la altura sedente. La talla sedente se define como la distancia perpendicular entre los planos transversales del punto del vértex y la región inferior de los glúteos, con el sujeto en sedente. Para su medición se utilizó el método de talla con tracción, sentando a los sujetos en sobre el cajón antropométrico, solicitando el descanso de las manos sobre los muslos, una inspiración profunda y la retención de la misma mientras se mantuvo la cabeza en el plano de Frankfort, provocando posteriormente una tracción moderada a partir de las apófisis mastoides. Posteriormente se posicionó una escuadra firmemente sobre el vértex y se comprimió el cabello lo máximo posible, registrándose el valor de la altura en sedente después de su lectura. Este proceso se repitió en dos ocasiones y se utilizó la media de éstas para el análisis de datos (64).

La longitud del antebrazo se midió utilizando un calibrador antropométrico CESCORF de 60 cm de apertura con una precisión de 1 mm. La longitud se valoró tomando como referencia la distancia entre los puntos antropométricos radiale y stylium. Para esta medición, se solicitó a los sujetos adoptar una posición relajada, con los brazos colgados a ambos lados del cuerpo y el antebrazo en posición de semipronación (con el pulgar hacia adelante). Se posicionó posteriormente una rama del calibrador en la marca Radiale y otra en la marca Stylium, registrándose el valor de la longitud del antebrazo después de repetir en dos ocasiones alternadamente esta medición en el antebrazo derecho, el antebrazo izquierdo y la medida de diámetro biepicondilar femoral (64).

Para la medición del diámetro biepicondilar femoral (cm) se utilizó un calibrador antropométrico INNOVARE de 16 cm de apertura con una precisión de 1 mm. El diámetro biepicondilar femoral se define como la distancia lineal entre los epicóndilos lateral y medial del fémur. Para su medición, se solicitó a los sujetos adoptar una posición relajada en sedente con las manos alejadas de la región de las rodillas. La rodilla derecha se posicionó en flexión de 90 grados. El calibrador descansó en la superficie dorsal de las manos mientras que los pulgares descansaron en la región inferior de las ramas del calibrador, los dedos índices extendidos en el exterior de las ramas, los dedos medios libres para palpar los epicóndilos femorales firmemente y en círculo, los dedos índices libres para ejercer la presión necesaria

sobre las laterales de las ramas para reducir el grosor del tejido blando superficial una vez las ramas estuvieron ubicadas encima de los epicóndilos. Posteriormente se registró la lectura en dos ocasiones de manera alternada con las medidas de longitud del brazo (64).

La longitud de los miembros inferiores se determinó calculando la diferencia entre la altura vertical y la altura sedente (81)

El índice de masa corporal (IMC) se calculó utilizando la fórmula estándar: masa corporal (kg) / altura² (m) propuesta por la OMS y se clasificó acorde a baremos internacionales de bajo (<18,5 Kg/m²), normal (18,5 – 24,9 Kg/m²), sobrepeso (25 – 29,9 Kg/m²), obesidad I (30 – 34,9 Kg/m²), obesidad II (35 - 34,9 Kg/m²) y obesidad III (>40 Kg/m²) (20).

El pico de velocidad de crecimiento se calculó mediante fórmula de predicción propuesta por Mirwald et al. (68), la cual requiere la inclusión de la longitud de miembros inferiores, la altura sedente, la altura vertical, la edad y el peso, la cual se relaciona seguidamente para niños y niñas:

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

$$\text{PVC niñas} = -9,37 + 0,0001882(LMI * AS) + 0,0022(E * LMI) + 0,005841(E * AS) - 0,002658(E * MC) + (0,07693 * (MC/AV))$$

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

La densidad mineral ósea se calculó mediante fórmula de predicción propuesta por Gómez-Campos et al. (38), la cual requiere la inclusión de la velocidad pico de crecimiento, la longitud del antebrazo y el diámetro biepicondilar femoral, la cual se relaciona seguidamente para niños y niñas:

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

$$\text{DMO niñas} = 0,469 + (0,027 * VPC) + (0,007 * LA) + (0,019 * DF)$$

7.7 Procedimiento

- Se desarrolló el siguiente procedimiento, el cual estuvo apegado a los planteamientos de los objetivos propuestos:
 - Reunión con Secretaria de Educación Municipal de Manizales (Caldas). y funcionarios subordinados para la explicación de motivos, justificación, relevancia e importancia de la investigación en la ciudad y la generación de manifestación expresa por escrito de compromiso con la investigación por parte de este ente municipal.
 - Una vez definido el muestreo y las instituciones participantes, se socializó la propuesta investigativa con cada uno de los directivos encargados de estas instituciones educativas para la generación de espacios, recursos y compromisos de sus colaboradores en el desarrollo de la investigación.
 - Capacitación a auxiliares de investigación que estuvieron a cargo de toma de datos en el manejo, utilización y desarrollo de pruebas antropométricas y en la administración de encuesta sociodemográfica y de actividad física.
 - Recolección de la información: Una vez obtuvo la autorización para el desarrollo del proyecto por parte de los directivos de las secretarías de Educación y los rectores de las diferentes instituciones educativas se procedió al diligenciamiento de consentimientos y asentimientos informados de cada uno de los sujetos de estudio y sus acudientes previa explicación a cada uno de ellos de la naturaleza e importancia del estudio, indicando su alcance de riesgo mínimo y la garantía de respeto a la libertad de participación y a la custodia a la privacidad y confidencialidad de los datos.
 - Elaboración del informe final.
 - Socialización de los resultados.

7.8 Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó en el programa SPSS versión 24 (licenciado por la Universidad Autónoma de Manizales). Posteriormente se hizo la limpieza y depuración de los datos, el cual se llevó a cabo en la primera etapa del análisis, este correspondió al análisis univariado de las variables categóricas y la magnitud de la misma a través de la distribución de frecuencias absolutas y relativas. Se calcularon las medidas de tendencia central y de variabilidad o dispersión para variables cuantitativas incluidas en el estudio y que permitieron el análisis descriptivo univariado.

El análisis bivariado se desarrolló a partir de las posibles relaciones entre las variables de estudio. Para determinar la significancia estadística de las posibles relaciones resultantes se aplicaron pruebas paramétricas (Chi cuadrado y Phi) establecidas a partir de las características propias de las variables categóricas (ordinales y nominales).

Con el fin de establecer una relación entre variables, se empleó el supuesto de normalidad aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que la muestra era mayor de 50, la cual indicó que los datos no tenían una distribución normal, por ello se procedió a realizar una prueba no paramétrica (Spearman), para buscar la relación entre DMO y las variables cuantitativas. De igual manera se empleó la prueba de U de Mann – Whitney para relacionar la DMO con variables cualitativas dicotómicas, para las variables politómicas se usó la prueba de Kruskal-Wallis.

El análisis multivariado buscó la construcción de un modelo de regresión Lineal múltiple, que buscó determinar a través de las diferentes variables de estudio, qué variables se encontraban correlacionadas a la variable dependiente denominada densidad mineral ósea (DMO).

8 RESULTADOS

8.1 Análisis Univariado

Tabla 4 Distribución de la muestra según las variables sociodemográficas

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Tipo de colegio	Oficial	232	64,1
	Privado	130	35,9
Sexo	Hombre	152	42,0
	Mujer	210	58,0
Estrato	Bajo	109	30,1
	Medio	212	58,6
	Alto	41	11,3
Grado	Primaria	111	30,7
	Secundaria	180	49,7
	Educación media	71	19,6
Edad	8-10	95	26,2
	11-13	129	35,6
	14-16	138	38,1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra que la distribución de las variables sociodemográficas en los participantes fue de la siguiente manera: En mayor porcentaje participaron escolares del sexo femenino, de colegios oficiales, que cursaban el nivel educativo básica secundaria, de estrato medio y en un rango de edad de 11 a 13 años.

Tabla 5 Distribución de la población evaluada según la condición de salud y medicamentos.

Variables salud y medicamentos	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Consume medicamentos	NO	314	86,7
	SI	48	13,3
Consume suplementos	NO	341	94,2
	SI	21	5,8
Ha sufrido fractura	NO	315	87,0
	SI	47	13,0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra como en cuanto a los antecedentes clínicos y uso de los medicamentos, en mayor porcentaje los participantes en el estudio no consumen medicamentos, no consumen suplementos y no han sufrido fracturas, quienes han sufrido fracturas las han tenido a nivel de miembros superiores con preponderancia del miembro superior derecho, dos medicamentos son los más consumidos, el Salbutamol y la Ritalina, el suplemento nutricional más consumido es la Vitamina C.

Tabla 6 Distribución de la población participante según el nivel de actividad física.

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Nivel de actividad física	Muy bajo	57	15,7
	Bajo	156	43,1
	Moderado	126	34,8
	Intensa	23	6,4

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6 muestra como en mayor porcentaje según el nivel de actividad física de los participantes es bajo seguido de moderado.

Tabla 7 Distribución porcentual del nivel de actividad física de la población de estudio.

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Nivel de Actividad Física	Inactivo	236	65,2
	Activo	126	34,8

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7 evidencia como la en mayor porcentaje los participantes del estudio son físicamente inactivos.

Tabla 8 Distribución de la población participante acorde al nivel de actividad física según sexo y edad.

Edad	Sexo	Nivel de Actividad física	Frecuencia	Porcentaje
8-10 Años	Hombre	Inactivo	31	63,3
		Activo	18	36,7
	Mujer	Inactivo	26	56,5
		Activo	20	43,5
11-13 Años	Hombre	Inactivo	43	67,2
		Activo	21	32,8
	Mujer	Inactivo	56	86,2
		Activo	9	13,8
14-16 Años	Hombre	Inactivo	15	38,5
		Activo	24	61,5
	Mujer	Inactivo	65	65,7
		Activo	34	34,3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa como la distribución por sexo y edad según el nivel de Actividad física, en mayor porcentaje las mujeres son inactivas y esta inactividad es progresiva con la edad, siendo las más inactivas entre 8 y 13 años.

Tabla 9 Descriptivos de las variables antropométricas de la población participante en el estudio.

Variables antropométricas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Peso (kg)	20,0	86,0	46,327	12,5641
Índice de masa corporal (Kg/cm ²)	13,0	31,6	19,922	3,3895
Altura vertical media (Cms)	82	180	151,15	13,080
Altura sentado-media (Cms)	20	98	78,12	7,978
Apvh (años)	-6,68	2,98	-1,7190	1,60862
Longitud antebrazo derecho media (Cms)	10,8	124,0	19,046	5,9951
Diámetro del fémur media (Cms)	6,2	73,5	9,275	5,1548

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9, evidencia como el IMC de los participantes presenta una media de $19,92 \pm 3,38$ kl/mt², la Altura vertical promedia $151,15 \pm 13,08$ cm, la Altura sentado muestra una media de $78,12 \pm 7,97$ cm, en el caso del APVH el resultado es un promedio negativo de $-1,71 \pm 1,60$ cm/año, la longitud de antebrazo derecho muestra un promedio de $19,04 \pm 5,99$ cm, finalmente el diámetro del fémur presenta una media de $9,27 \pm 5,15$ cm.

Tabla 10 Distribución del DMO según sexo y la edad de la población de estudio

Sexo del evaluado	Edad (Años)		N	Mínimo	Maximo	Media	Desviación estándar
HOMBRE	8	DMO	16	0,58	0,71	0,6581	0,03885
	9	DMO	16	0,58	0,77	0,6994	0,05026
	10	DMO	17	0,68	0,91	0,7741	0,06083
	11	DMO	19	0,75	0,96	0,8232	0,05793
	12	DMO	14	0,82	2,24	0,99	0,36207
	13	DMO	31	0,68	1,01	0,8952	0,07741
	14	DMO	18	0,91	1,1	0,9783	0,05067
	15	DMO	14	0,96	1,89	1,1386	0,32009
	16	DMO	7	0,95	1,16	1,0429	0,0774
MUJER	8	DMO	14	0,55	0,64	0,6107	0,02165
	9	DMO	19	0,61	0,69	0,6405	0,02094
	10	DMO	13	0,61	0,72	0,6577	0,03219
	11	DMO	24	0,64	0,76	0,6996	0,0325
	12	DMO	14	0,68	0,73	0,6993	0,01542
	13	DMO	27	0,7	1,48	0,7693	0,14331
	14	DMO	30	0,68	0,80	0,744	0,02647
	15	DMO	39	0,69	0,99	0,7636	0,04398
	16	DMO	30	0,60	1,50	0,7777	0,14543

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 muestra que a medida que aumenta la edad en hombres y mujeres del estudio, el DMO también aumenta gradualmente, ya, analizado de manera general el DMO muestra un mínimo de 0,55 gr/cm² y un máximo de 2,24 gr/cm² con un promedio de 0,7874 ± gr/cm².

Tabla 11 Distribución de la velocidad pico de crecimiento (APVH) según sexo y edad de la población de estudio

Edad/Sexo		N	Mínimo	Maximo	Media	Desviación estándar
8 Años	Hombre	16	-5,00	-3,93	-4,4200	,33128
	Mujer	14	-4,71	-3,70	-4,2314	,30283
9 Años	Hombre	16	-4,75	-3,17	-3,9463	,43214
	Mujer	19	-4,12	-2,98	-3,5716	,32975
10 Años	Hombre	17	-3,74	-2,09	-3,0612	,45358
	Mujer	13	-3,67	-2,52	-3,1638	,39099
11 Años	Hombre	19	-3,05	-,63	-2,3926	,59958
	Mujer	24	-3,40	-1,39	-2,4792	,45181
12 Años	Hombre	14	-2,35	-,69	-1,4607	,50330
	Mujer	14	-2,69	-1,79	-2,0714	,25546
13 Años	Hombre	31	-4,94	,32	-1,2487	1,17268
	Mujer	27	-1,80	-,56	-1,2230	,28522
14 Años	Hombre	18	-1,22	,88	-,0261	,54302
	Mujer	30	-2,60	-,25	-,9353	,43053
15 Años	Hombre	14	,07	1,52	,7200	,41575
	Mujer	39	-6,68	,72	-,5690	1,07527
16 Años	Hombre	7	,27	2,98	1,2843	,90083
	Mujer	30	-3,71	,85	-,3447	1,02590

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que en los hombres las medias de la velocidad pico de crecimiento es negativa en edades entre los 8 y 14 años, mientras que para las edades de 15 a 16 años hay una relación positiva y se evidencia que aumenta acorde a la edad. Para el caso de las mujeres se evidencia que el (APVH) en todas las edades es negativo.

8.2 Análisis Bivariado

Tabla 12 Resumen de la asociación entre el nivel de actividad física y las variables sociodemográficas..

Variable	Chi-cuadrado	Significancia
Sexo	5,092	0,024*
Tipo de colegio	4,051	0,044*
Estrato	6,355	0,273
Ha sufrido fractura	4,357	0,036*
Consume medicamento	3,447	0,063
Consume suplemento	2,439	0,118

Fuente: Elaboración propia.* sig <0,05

La anterior tabla demuestra como al asociar el nivel de actividad física con las variables sociodemográficas, existe una asociación estadísticamente significativa con el Sexo, el tipo de colegio y ha sufrido alguna fractura.

Tabla 13 Prueba de Normalidad

VARIABLES	Kolmogorov-Smirnov^a		
	Estadístico	Gl	Sig.
DMO	,193	362	,000
Edad (Años)	,142	362	,000
Peso (kg)	,067	362	,001
Talla (cms)	,081	362	,000
Índice de masa corporal (Kg/cm ²)	,080	362	,000
Altura vertical media (cms)	,076	362	,000
Altura sentado media (cms)	,066	362	,001
Apvh (Años)	,084	362	,000
Longitud antebrazo derecho media (cms)	,269	362	,000
Longitud antebrazo izquierdo media (cms)	,060	362	,003

Diametro del femur media (cms)	,351	362	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors			

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior evidencia que todas las variables no tienen una distribución normal. Lo anterior conlleva a realizar las pruebas estadísticas acorde a la naturaleza de las variables.

Tabla 14 Coeficiente de correlación entre la DMO y las variables de estudio.

Variables	Correlaciones	DMO
Edad (Años)	Coeficiente de correlación	,553**
	Sig. (bilateral)	0,000
Peso (kg)	Coeficiente de correlación	,661**
	Sig. (bilateral)	0,000
Índice de masa corporal (Kg/cm ²)	Coeficiente de correlación	,392**
	Sig. (bilateral)	0,000
Altura vertical media (cms)	Coeficiente de correlación	,722**
	Sig. (bilateral)	0,000
Altura sentado media (cms)	Coeficiente de correlación	,667**
	Sig. (bilateral)	0,000
Apvh (Años)	Coeficiente de correlación	,739**
	Sig. (bilateral)	0,000
Longitud antebrazo derecho media (cms)	Coeficiente de correlación	,603**
	Sig. (bilateral)	0,000
Longitud antebrazo izquierdo media (cms)	Coeficiente de correlación	,635**
	Sig. (bilateral)	0,000
Diámetro del femur media (mm)	Coeficiente de correlación	,693**
	Sig. (bilateral)	0,000
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior evidencia una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el DMO y las variables de estudio

Tabla 15 Relación entre el DMO y las variables de estudio (U. de Mann Whitney).

Variable		Rango promedio	U Mann Whitney	Sig. Asintótica (bilateral)
Sexo	HOMBRE	243,74	6499,000	,000
	MUJER	136,45		
Tipo de colegio	OFICIAL	200,14	10756,000	,000
	PRIVADO	148,24		
Ha sufrido fractura	NO	178,17	6352,500	,116
	SI	203,84		
Consume medicamentos	NO	176,38	5927,500	,017*
	SI	215,01		
Consume suplementos	NO	179,01	2730,500	,068
	SI	221,98		
Actividad física	INACTIVO	177,03	13813,000	,266
	ACTIVO	189,87		

Fuente: Elaboración propia. * sig <0,05

La anterior tabla muestra que al relacionar el DMO con las variables de estudio, se evidencio que el sexo, el tipo de colegio y el consumo de medicamentos, tienen relación estadísticamente significativa.

Tabla 16 Relación entre DMO y las variables de estudio (Kruskal-Wallis).

Variable		Rango promedio	Kruskal wallis	Sig. Asintótica
Nivel educativo	Básica Primaria	87,17	130,326	,000
	Básica Secundaria	224,13		
	Media	220,89		
Nivel de Actividad física	Muy bajo	186,41	2,050	,562
	Bajo	172,68		
	Moderado	189,87		
	Intensa	183,28		

Fuente: Elaboración propia. * sig <0,05

La tabla anterior muestra que al comparar el DMO con las variables de estudio, se evidencio que hay relación estadísticamente significativa con la variable del nivel educativo.

8.3 Análisis multivariado.

A continuación, se presenta el modelo de regresión lineal para el estudio de la ciudad de Manizales, es de resaltar que para este modelamiento se incluyen las variables que fueron estadísticamente significativas en el análisis bivariado las cuales fueron: Sexo, Edad, Altura

Sentado Media, Longitud de Antebrazo Derecho, Diámetro de Fémur, tipo de colegio consumo de medicamentos. La fórmula utilizada de este modelo fue; $Y_1 = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 (\dots)$.

El modelo de regresión lineal establecido para la ciudad de Manizales fue el siguiente;

DMO: $-0,024 - 0,147 * \text{Sexo} + 0,015 * \text{Edad} + 0,005 * \text{Altura Sentado} + 0,007 * \text{Longitud Antebrazo derecho} + 0,022 * \text{Diámetro Fémur}$

T: -40,83* +17,45* +18,17* +22,69* +63,73*

*Sig < 0,05

F= 1853,13

R2= 0,963

Como se observa el R2, muestra que el modelo con 6 variables significativas tiene un muy buen ajuste, es decir, el 96,3% del DMO en los escolares es explicado por las variables; Sexo, Edad, Altura Sentado Media, Longitud de Antebrazo Derecho, Diámetro de Fémur Media.

El estadístico F que se registra en el modelo, muestra que este es significativo. Individualmente cada uno de los coeficientes que acompaña a las variables es estadísticamente significativo, es decir guardan relación con el DMO como se observa en las variables; Edad, Altura Sentado Media, Longitud de Antebrazo Derecho, Diámetro de Fémur Media, dicha relación es positiva con el DMO.

El coeficiente que acompaña la variable Sexo es negativo, lo cual indica que una mujer tiene en promedio un DMO de $-0,147 \text{ gr/cm}^2$ Menor que un hombre.

Pronóstico.

Dado que el modelo cumple con todos los pasos para la validación, se procede a hacer una predicción establecida para el presente proyecto de la ciudad de Manizales, en donde se selecciona un individuo de sexo masculino con las siguientes características: Edad: 8 años, Altura Sentado Media: 65 cm, Longitud de Antebrazo Derecho: 13,4 cm y Diámetro de Fémur Media: 8,3 cm. Dicho individuo presentan un DMO: $0,68 \text{ gr/cm}^2$, mientras que una mujer con las mismas características tiene un DMO: $0,54 \text{ gr/cm}^2$, por lo tanto una mujer tiene una diferencia del DMO: $0,147 \text{ gr/cm}^2$ con respecto al del hombre.

9 DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como finalidad establecer las variables predictoras para la densidad mineral ósea en escolares con edades comprendidas entre los 8 y 16 años de la ciudad de Manizales.

En el estudio realizado a los escolares de 8 a 16 años de edad la variable edad presento una media de $12,37 \pm 2,48$ años, muy similar al estudio de Galindo Zavala et al (105) quienes trabajaron con escolares con una edad media de 11.42 años, pero diferente en el estudio de Escobar et al (106) donde la media fue de 14,9 años $\pm 1,9$ años, siendo este promedio de edad más alto que el presente estudio.

Para la variable sexo la participación fue mayor en las mujeres con 58%, datos inferiores a los hallados por Escobar et al, (106), donde la participación fue mayor en hombres en un 52%. Con respecto al estrato en el presente estudio se encontró que la mayoría de los escolares con un 58,6 % corresponden a un estrato medio, muy similar al estudio Rodríguez et al, (107) donde el 60,52% pertenecen a esta misma clase social, y Arango et al, (108) en donde el 42% son de este estrato menor.

Respecto al tipo de colegio en el presente estudio el 64,1% pertenecen a colegios oficiales datos similares a los hallados por Hoyos et al, (109) quienes con 56,6% en oficiales y con una media de 43,4 en colegios privados, en lo cual se logra evidenciar que es mucho mayor el porcentaje en colegios oficiales. Así mismo el grado de escolaridad fue en mayor porcentaje para los escolares que cursan básica secundaria en un 49,7%, datos diferentes a los encontrados en el estudio de Hoyos (109) quienes encontraron en su estudio que los escolares el 68,2 %, cursaban básica secundaria.

Con respecto al consumo de medicamentos evidenciado en el estudio se observó 86,7 % de población que no consume medicamento alguno, esto implica datos que al compararse con el estudio de Song et al, (110) donde se plantea que “la aceptación del ejercicio físico es mucho mayor al uso de medicamentos o asistencia a grupos de apoyo” en cuanto a los efectos de la actividad física sobre la actividad cerebral y la variabilidad. Estos autores mencionan como

el uso de medicamentos es benéfico para el sujeto en la práctica de actividad física, al momento de hacer un paralelo con

nuestro estudio, dicha afirmación no se hace evidente de manera explícita debido a que la mayor parte de los participantes argumentaron no consumir medicamentos y los pocos que si lo hacían no evidenciaron en el estudio un sesgo significativo para considerar.

Por otra parte el consumo de suplementos nutricionales arroja unos valores de no consumo del 94,2 % datos contrarios a los encontrados en el estudio de Umaretiya et al (111), quienes realizan una investigación sobre DMO después de consumir calcio y en el estudio de Nyisztor et al (112), el 61% de los participantes reporto el consumo de suplementos de calcio, y aunque el consumo de calcio entre los participantes no evidencio diferencias significativas, los datos mostraron una leve tendencia de consumo del mineral en los participantes con nivel de actividad física alta.

En lo que respecta a las fracturas sufridas por los participantes del estudio, el 87,0 % manifestaron no haber sufrido alguna fractura, datos diferentes a los hallados en el estudio de Redon Tavera et al, (113), donde se evaluaron en una serie de 66 casos con 43 niños y 23 niñas en edades entre los 2.0 a 14.5 años, los cuales presentaron fractura de huesos largos de las extremidades, se compararon la magnitud del trauma, la densidad mineral ósea y el estado nutricional de los pacientes. Es de resaltar como este estudio los resultados se concentraron en población infantil muy cercana al rango de edad de nuestra investigación, pero que había sufrido fractura reciente de los huesos largos de las extremidades, a pesar de la diferencia en los estudios el autor hace énfasis en la importancia de la actividad física corporal agregada a una ingesta satisfactoria de nutrientes para prevenir el riesgo de fracturas.

Mientras que el estudio de Martínez de Victoria, (114), se argumenta que; “los factores nutricionales son importantes como reguladores de la masa ósea (...), el consumo de dietas bajas en energía conducirá de manera inevitable a deficiencias nutricionales, entre ellas de calcio. Esto dará lugar a una alta incidencia de fracturas de estrés cuando el aporte de este elemento en la dieta es deficitario”, según este estudio el consumo de una dieta con los nutrientes adecuados incluido el calcio podrá prevenir la incidencia de fracturas en niños y jóvenes que practican algún deporte.

Con respecto a los niveles de actividad física categorizada en cuatro niveles, (muy bajo, bajo, moderada e intensa) en el presente estudio se muestra que el 15,7% tiene un nivel muy bajo y el 43,1% tiene un nivel bajo, agrupando un 58,8% de la población evaluada, y solo el 34,8% tiene una práctica moderada de actividad física, siendo intensa en tan solo el 6,4% de los escolares evaluados, datos similares a los del estudio de Zurita Ortega et al, quienes encontraron en su estudio niveles de actividad física en el nivel bajo el 30% de los evaluados, el nivel medio el 51,9% y el nivel alto el 18,1%, y en el estudio de Patiño Palma (116) quienes encontraron en 83%, realiza actividad física, además Martínez Anaya (117), la población inactiva se evidencio en un 75,2% y la activa en un 24,8%.

Con Referencia al sexo y la edad vemos que aumenta la práctica de actividad física de los 14 a los 16 años en los hombres en un 61,5% catalogándose como físicamente activos, mientras que en las edades de 8 a 13 años tanto en hombres como en mujeres se presenta un mayor porcentaje de inactividad, llegando incluso a porcentajes de 86,2% en el caso de las mujeres. Datos diferentes a los encontrados donde tanto hombres como mujeres muestran un porcentaje muy bajo en la práctica de actividad física, 14,6% para los hombres y 10,2% para las mujeres, estos porcentajes se agrupan en <de 15 años equivalente al 9,6% y >15 años equivalente a 15,2% (108, 117).

En el presente estudio en cuanto a las variables antropométricas, el peso presentó una media de 46,32 kg, en niños y niñas de 8 a 16 años de edad, mientras que en el estudio de Zapata Torres et al, (118) donde el peso de las participantes fue de 36,7 kg.

Por otro lado, Prieto Benavides et al (119) en su estudio el promedio de peso de $43,1 \pm 10,7$ kg, La media del índice de masa corporal (IMC) de nuestro estudio se ha ubicado en $19,92 \text{ kg/talla}^2$, lo cual categoriza a la media de la población evaluada en normal entre las medidas $18,5$ y $24,9 \text{ kg/talla}^2$, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos datos son similares a los de (118, 119) donde la media de IMC fue de $20,45$ y $19,5 \text{ kg/talla}^2$, respectivamente.

En cuanto a la medición de la longitud del antebrazo, se encontró en el estudio realizado por Cossio et al (120) con 49 escolares que presentaban discapacidad intelectual y encontraron que para el antebrazo derecho la media fue de 21,56cm, dato similar al presente estudio,

mientras que para el estudio realizado por Rodríguez et al, (121) con una media de 21.2 ± 3.3 años de edad y donde la media de la longitud del brazo fue de 25.3 ± 1.3 cm (no se especifica lateralidad del segmento medida), dato superior al obtenido en el actual estudio.

Para la variable diámetro del fémur, se encontró que en el estudio mencionado anteriormente realizado por Rodríguez et al, (121) evidenciaron que la media del fémur para esa población de gimnastas fue de 9.5 ± 0.4 cm, siendo este dato 1cm mayor al registrado en el actual estudio, de igual forma, en el estudio realizado por Brito et al, (122) en 114 estudiantes universitarios ecuatorianos, en el cual evidenciaron una media del diámetro biepicondileo del fémur de $9,58 \pm 0.69$ cm, resultado igual al anterior estudio y que sigue siendo superior al estudio actual.

En cuanto a la variable longitud de miembros inferiores, en un estudio realizado por Del Pino et al, (123), en el cual se encontró que la media de la longitud de miembros inferiores para la población niño/niñas entre los 8 y 16 años fue de 69,91cm, dato menor a las del actual estudio.

Para la variable distribución de la densidad mineral ósea (DMO) según el sexo y la edad de la población de estudio, se encontró que, a medida que aumenta la edad aumenta el DMO tanto para hombres como para mujeres, así mismo, en la densidad mineral ósea (DMO) de la población escolar general evaluada, se obtuvieron los siguientes registros: un mínimo de $0,63\text{g}/\text{cm}^2$ y un máximo de $1,18\text{g}/\text{cm}^2$ y la media con un valor de $0,83\text{g}/\text{cm}^2 \pm 0,13\text{g}/\text{cm}^2$; en el estudio realizado por Gómez-Campos et al, (124) en el cual se evaluó el DMO en jóvenes chilenos practicantes de diferentes modalidades deportivas y del cual conto con una población de 146 adolescentes de sexo masculino con edades comprendidas entre los 10 y 18 años de edad, de esta población el grupo control fue de 40 escolares y del cual se evidencia una media del DMO de $1,04 \pm 0,14\text{g}/\text{cm}^2$ (escolares, grupo control), dato mayor al obtenido en la media del DMO para los niños ($0,90\text{g}/\text{cm}^2$) en el presente estudio, a diferencia en el estudio realizado por Iglesias ⁱ en el cual se determinó el DMO por DXA encontraron una media de $0,76 \pm 0,17\text{g}/\text{cm}^2$ y una vez finalizado el tratamiento la media del DMO fue de $0,788 \pm 0,19\text{g}/\text{cm}^2$, datos que la ser comparado con el actual estudio, son menores.

En cuanto a la variable distribución de la velocidad pico de crecimiento (APVH) según el sexo y la edad de la población de estudio, para el presente estudio presentó los siguientes resultados, en los hombres las medias de la APVH son negativas en edades entre los 8 y 13 años, mientras que para las edades de 14 a 16 años hay una relación positiva y se evidencia que aumenta acorde a la edad. Para el caso de las mujeres la APVH son negativas de los 8 a 11 años y positiva para las edades de 12 a 16 años; así mismo, se evidencia que la edad de maduración biológica para los hombres es a los 14 años y mujeres a los 12 años de edad, llegando a la edad de maduración biológica primero las mujeres y dos años después los hombres, para el estudio realizado por Cossío et al.ⁱⁱ Evidenciaron que los escolares evaluados, las niñas encontraron su APVH primero que los hombre 12 y 15 años respectivamente, datos similares a los del actual estudio; mientras que, el estudio realizado por Gómez-Campos et al, (124) quienes evidencian como la edad de maduración (APVH) para estas niñas fue a los $13,03 \pm 0,27$ años, un año más tardío que los datos encontrados en el presente estudio referente a las niñas.

Así mismo, MacKelvie et al, (125), muestra como en los niños, el pico de velocidad máxima de altura ocurre aproximadamente 1,5 años más tarde que en las niñas, esto sería a los 13,4 años mientras que en las niñas ocurre a los 14,0 años, nuestro estudio difiere con estos resultados, evidenciando un pico de velocidad máxima de altura en los niños de $15,0 \pm 0,41$ años, ósea una diferencia de $1,6 \pm 0,41$ años mientras que para las mujeres no se obtuvo un resultado de pico de velocidad máxima de altura positivo que determinara el pico de edad de crecimiento de la población de niñas.

Para los resultados del análisis bivariado donde se asocia la actividad física y las variables sociodemográficas, se encontró que, existe asociación estadísticamente significativa con el sexo, el tipo de colegio y si ha sufrido fractura; en cuanto al estudio realizado por Castillo Viera et al (126) se puede evidenciar que en cuanto al nivel de actividad física, el sexo y curso del escolar, se encuentra asociación estadísticamente significativa para ambas variables, siendo el sexo dato semejante al presente estudio; en otro estudio realizado por González Mesa et al. (127) evidenciaron que existe diferencia estadísticamente significativa entre la práctica de la actividad física y la variable sexo, en el estudio de Zurita et al. (115) encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la actividad física y el género.

Para la variable correlación entre la DMO y las demás variables de estudio se encontró que existe una correlación positiva y estadísticamente significativa con todas las variables, dato similares a los hallados por Nava González et al (128), se evidencia una correlación estadísticamente significativa entre el DMO y las variables IMC, cintura, masa grasa (kg) y masa magra, encontrándose resultado similar en la variable IMC con la presente investigación, para el estudio desarrollado por Aguilera et al (129), en cuanto a la correlación del DMO y las variables peso, DMO del fémur, se encontraron correlaciones estadísticamente significativas, resultados similares a los hallados en la presente investigación, en el estudio que llevo a cabo Sierra Salinas et al, (130), quienes plantean que la disminución de la densidad mineral ósea y otros factores de riesgo en niños prepuberales con fractura del antebrazo distal DMO y la variable peso, no encontraron diferencia estadísticamente significativa, resultado contrario al encontrado en la actual investigación, en otro estudio desarrollado por Medina Orjuela et al (131), se evidencio relación estadísticamente significativa, entre el DMO y el IMC categorizado, resultado que concuerda con los encontrados en la presente investigación.

En cuanto a la variable relación entre el DMO y las variables de estudio (nivel educativo y nivel de actividad física), se pudo evidenciar que hay relación estadísticamente significativa con la variable del nivel educativo, en el estudio llevado a cabo por Suarez Cortina et al (132), se evidencio que el DMO no tiene asociación estadísticamente significativa con la variable actividad física, resultados semejantes a los de la presente investigación. En otro estudio realizado por Molina et al (133), se muestra un resultado contrario a la presente investigación, ya que se evidencia una diferencia estadísticamente significativa entre el DMO y el ser o no físicamente activo. No se encontraron estudios que evidencien la relación del DMO con la variable nivel educativo.

Las variables altura sentado, longitud del antebrazo derecho, longitud del antebrazo izquierdo, diámetro del fémur, sexo del evaluado, y grado actual se convierten en las predictoras de la DMO; datos contrarios a los encontrados en el estudio de Vania et al, (134) en Cuernavaca México, encontraron que las variables predictoras de la densidad mineral ósea son el peso, el porcentaje de grasa y la densidad mineral ósea materna; así mismo Gómez et al.¹⁰³ encontraron que las variables predictoras de la densidad mineral ósea fueron longitud

del antebrazo, diámetro del fémur, y el pico de velocidad de crecimiento (APVH), variables que se asemejan a las encontradas en el presente estudio.

Los resultados del presente estudio también son similares con lo reportado por Gómez-Campos et al. ¹⁰³ quienes reportan como variables predictoras de la densidad mineral ósea características antropométricas correspondientes a la longitud de antebrazo y diámetro del fémur una vez contrastadas con mediciones por (DXA). También, Miller et al.(135) encontraron que variables como la altura vertical, el diámetro biestiloideo, el diámetro biepicondilar humeral y el diámetro biacromial fueron igualmente predictores de la densidad mineral ósea. Por su parte Silva et al, (136) determinaron que la edad de desarrollo biológico, el peso corporal y la altura vertical también fueron predictores de la densidad mineral ósea en varones adolescentes.

Otros autores, aunque no han estimado la densidad mineral ósea específicamente, han intentado predecir la masa musculoesquelética también contrastando con mediciones con (DXA) tanto en niños como en adolescentes, encontrando que variables como la altura vertical, el género, el área muscular del brazo, el área muscular del muslo, el área muscular de la pierna y el peso pueden predecir esta variable (137, 138).

Las correlaciones observadas en estas investigaciones y la nuestra entre la densidad mineral ósea y las variables antropométricas parecen estar apoyadas principalmente en la dependencia de la densidad mineral ósea con la longitud de los huesos y su diámetro, es decir, la presencia de huesos cortos y de pobre diámetro se relacionan con bajos niveles de densidad mineral ósea con sus consecuencias en materia de salud ósea tanto agudas como crónicas ¹⁰³

En este escenario, las variables antropométricas toman un valor inestimable dado que, con mediciones simples de bajo costo fácilmente aplicables a grandes poblaciones se puede llegar a un acercamiento bastante preciso de la salud ósea en niños y adolescentes, lo cual permite toma de decisiones efectivas para la promoción de la salud y prevención de la enfermedad músculo-esquelética a edades tempranas fortaleciendo las acciones de detección temprana y protección específica en materia de salud en población colombiana.

Una limitación encontrada en esta investigación está relacionada con las variables comprendidas para el estudio; en este caso el nivel educativo no fue considerado en los documentos consultados; sin embargo, se podría afirmar que el nivel educativo en estos escolares tiene el mismo comportamiento que la edad al relacionarla con la DMO; esto porque los escolares con menos años generalmente están en grados escolares inferiores y viceversa. Entonces, se podría aseverar que la DMO tiende a ser mayor en los escolares con mayor nivel educativo.

10 CONCLUSIONES

En el presente estudio participaron 362 estudiantes pertenecientes a colegios públicos y privados de la ciudad de Manizales Caldas, en edades entre los 8 y 16 años, donde en mayor porcentaje fueron mujeres, de colegios oficiales ubicados en el nivel socioeconómico que medio y que cursaban secundaria. Así mismo respecto a la condición de salud de los participantes, se pudo determinar que en mayor porcentaje no han presentado fracturas, no han consumido medicamentos y no han consumido suplementos nutricionales.

El nivel de actividad física de los escolares evaluados se encontró en la categoría inactivos. El IMC de los evaluados se encuentra en $19,92 \text{ kg/talla}^2$, rango que permite determinar que es normal según la OMS.

Se encontró como la Densidad mineral ósea con la edad y el sexo, la distribución muestra que a medida que aumenta la edad en hombres y mujeres del estudio, el DMO también aumenta gradualmente. De igual forma el pico de velocidad de crecimiento (APVH) según el sexo y la edad, se evidencia que la velocidad pico de crecimiento es negativa en edades entre los 8 y 14 años, solo en la edad de $15 \pm 0,41$ años se establece el pico de velocidad de crecimiento con una media de $0,72 \text{ cm/año}$, en el caso de las mujeres se evidencia que el APVH en todas las edades evaluadas es negativo.

Se encontró relación estadísticamente significativa entre el DMO con las variables cuantitativas (edad-peso-IMC-altura vertical-altura sentado-APVH-longitud antebrazo izquierdo y derecho-diámetro del fémur, sexo, tipo de colegio, nivel de estudio y el consumo de medicamentos, tienen relación estadísticamente significativa.

El modelo estimado tiene un buen nivel de ajuste por tanto, cumple con todos los pasos para la validación, donde las variables Edad, Altura Sentado Media, Longitud de Antebrazo Derecho y Diámetro de Fémur las predictoras de la salud ósea, lo que permite pronosticar como un individuo de sexo masculino presentan un DMO: $0,68 \text{ gr/cm}^2$, mientras dichas variables con las mismas características en una femenina tiene un DMO: $0,54 \text{ gr/cm}^2$, por lo

tanto una mujer tiene una diferencia del DMO: $0,147 \text{ gr/cm}^2$ con respecto al del hombre, lo cual implica que la mujer mantiene un DMO mayor o superior al hombre durante su desarrollo.

11 RECOMENDACIONES

A partir de los resultados encontrados en el presente estudio se establecen las siguientes recomendaciones:

- Divulgar los resultados obtenidos ante los entes gubernamentales, privados y con las instituciones educativas participantes del estudio, con el fin de dar a conocer la importancia que tiene la salud ósea en el desarrollo motor, físico, psicológico y nutricional de los escolares en la ciudad de Manizales caldas.
- Educar a nivel teórico- práctico a los estudiantes de las instituciones públicas y privadas de la ciudad de Manizales acerca de la promoción de la salud, los beneficios de las actividades físico-deportivas con el fin de que comprendan la importancia de la práctica de la actividad física a lo largo de la vida y el impacto que tiene el sedentarismo en la salud.
- Desarrollar programas dentro de la comunidad educativa de la ciudad de Manizales teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación con el fin de promover estilos de vida saludables, donde componentes como lo nutricional y la actividad física cobran relevancia y ayudaran el mejoramiento de la densidad mineral ósea.
- Continuar con la realización de estudios en la temática que permitan el abordaje de otras variables sobre todo poder comparar con la técnica DEXA para establecer comparaciones entre los diferentes métodos como se ha hecho en otros países.
- La temática de la salud ósea de niños y adolescentes, debe ser centro de atención de los sistemas de protección temprana y atención específica del modelo de promoción de la salud y prevención de la enfermedad en infantes y adolescentes dada la vinculación existente entre la construcción de reserva ósea en estas edades y la

probabilidad de osteoporosis en el futuro. Por tanto, es necesario y conveniente articular los entes gubernamentales encargados que fortalezcan la promoción de la salud en estas poblaciones.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ma NS, Gordon CM. Pediatric osteoporosis: where are we now?. *J Pediatr.* 2012;161:983–990.
2. Kang MJ, Hong HS, Chung SJ, et al. Body composition and bone density reference data for Korean children, adolescents, and young adults according to age and sex: results of the 2009–2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *J Bone Miner Metab.* 2015.
3. Stagi S, Cavalli L, Iurato C. Bone health in children and adolescents: the available imaging techniques. *Bone Metab.* 2013;10:166–171.
4. L.A. Loomba-Albrecht, D.M. Styne, Effect of puberty on body composition, *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes. Obes.* 16 (2009) 10–15. doi:10.1097/MED.0b013e328320d54c.
5. A.B. Sopher, I. Fennoy, S.E. Oberfield, An update on childhood bone health: mineral accrual, assessment and treatment, *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes. Obes.* 22 (2015) 35–40. doi:10.1097/MED.0000000000000124.
6. N.H. Glden, S.A. Abrams, Optimizing bone health in children and adolescents, *Pediatrics.* 134 (2014) e1229–e1243. doi:10.1542/peds.2014-2173.
7. M. Pekkinen, H. Viljakainen, E. Saarnio, C. Lamberg-Allardt, O. Mäkitie, Vitamin D is a major determinant of bone mineral density at school age, *PLoS One.* 7 (2012) e40090. doi:10.1371/journal.pone.0040090.
8. Sawyer AJ, Bachrach LK, Fung EF, eds. *Bone Densitometry in Growing Patients: Guidelines for Clinical Practice.* Totowa, New Jersey: Humana Press; 2007.
9. Horlick M, Wang J, Pierson Jr RN, et al. Prediction models for evaluation of totalbody bone mass with dual-energy X-ray absorptiometry among children and adolescents. *Pediatrics.* 2004;114:e337–e345.
10. Buttazzoni C, Rosengren BE, Karlsson C, et al. A pediatric bone mass scan has poor ability to predict peak bone mass: an 11-year prospective study in 121 children. *Calcif Tissue Int.* 2015;96:379–388.
11. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001; 33(4):507-511.
12. Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral

- accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res.* 2011;26(8):1729–39.
13. Ackerman K, Misra M. Bone Health in Adolescent Athletes with a Focus on Female Athlete Triad. *Phys Sportsmed.* 2011;39(1):131–141.
 14. Bachrach LB, Sills IN. Clinical report-bone densitometry in children and adolescents. *Pediatrics.* 2011;127
 15. Yeste, D, Campos Maria Clemente, Fábregas A, Soler LA. Osteoporosis en pediatría. *Rev Esp Endocrinol Pediatr* 2017; 8 (Supl). 73-85
 16. Tucker KL. Colas but not other carbonated beverages, are associated with low bone mineral density in older women: The Framingham Osteoporosis Study. *Am J Clin Nutr* 2006;84(4):936-42
 17. Rojano MD, Aguilar MG, López MG, Cortés EL, Hernández CM, Canto CT et al. Risk factors and impacto on bone mineral density in postmenopausal Mexican mestizo women. *Menopause* 2011;18(3):302-06
 18. Waugh EJ, Lam MA, Hawker GA, McGowman J, Papaioannou A, AM, Hodsman AB, Leslie WD, Siminoski K, Jamal SA. Risk factor for low bone mass in healthy 40-60 year old women: A systematic review of the literature. *Osteoporos Int* 2009;20:1-21
 19. Secien-Palacin JA, y Jacoby ER. Sociodemographic and enviromental factors associated with sports physical activity in the urban population of Peru. *Rev Panam Salud Publica;* 2003, vol 14, No 4 255-264
 20. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Report of a WHO consultation on Obesity. Reventing and managing the global epidemic. WHO, Genebra, 1998
 21. Peña, A. Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis. *Rehabilitación*, 37(6), 2003; 339-53.
 22. Karlsson, M., Nordqvist, A., & Karlsson, C. (2008). Physical activity increases bone mass during growth. *Food & Nutrition Research*, 52, 10.3402/fnr.v52i0.1871
 23. Arango, E. (2009) ¿Tiene el ejercicio algún efecto benéfico en el mantenimiento y recuperación de la salud ósea? En F. Patiño & J. Márquez, *Actividad física y ejercicio físico en salud: retos en un contexto globalizado* (pp. 95-109) Medellín: Funámbulos Editores.
 24. Hui, S., Slemenda, C., & Johnston, C. (1988). Age and bone mass as predictors of fracture in a prospective study. *Journal of Clinical Investigation*, 81, 1804-9.
 25. Gunter KB, Almstedt HC, Janz KF. Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* 2012;40(1):13-21

26. Plaza-Carmona M, Ubago-Guisado E, Sánchez- Sánchez J, Felipe J, Fernández-Luna A. Composición corporal y condición física en niñas pre-púberes nadadoras y futbolistas. *Journal of Sport and Health Research*. 2013;5(3):251-8.
27. Plaza-Carmona M, Vicente-Rodriguez G, Martín-García M, Burillo P, Felipe J, Mata E, et al. Influence of hard vs. soft ground surfaces on bone accretion in prepubertal footballers. *International journal of sports medicine*. 2014;35(1):55-61.
28. Ubago-Guisado E, Gómez-Cabello A, Sánchez- Sánchez J, García-Unanue J, Gallardo L. Influence of different sports on bone mass in growing girls. *Journal of Sports Sciences*. 2015 (ahead-of-print):1-9.
29. Hayslip CC, Klein TA, Wray HL, Duncan WE. The effects of lactation on bone mineral content in healthy postpartum women. *Obstet Gynecol* 1989; 73: 588-592.
30. Affinito P, Tommaselli GA, di Carlo C, Guida F, Nappi C. Changes in bone mineral density and calcium metabolism in breastfeeding women: a one year follow-up study. *J Clin Endocrinol Metab* 1996; 81: 2314-2318.
31. López JM, González G, Reyes V, Campino C, Díaz S. Bone turnover and density in healthy women during breastfeeding and after weaning. *Osteoporos Int* 1996; 6: 153-159.
32. Kalkwarf HJ, Specker BL, Ho M. Effects of calcium supplementation on calcium homeostasis and bone turnover in lactating women. *J Clin Endocrinol Metab* 1999; 84: 464.
33. Polatti F, Capuzzo E, Viazzo F. Bone mineral changes during and after lactation. *Obstetrics & Gynecology* 1999; 94: 52- 56.
34. Gordon CM, Bachrach LK, Carpenter TO, Crabtree N, El-Hajj Fuleihan G, Kutilek S, et.al. Dual Energy X- ray Absorptiometry Interpretation and Reporting in Children and Adolescents: The 2007 ISCD Pediatric Official Positions. *Journal of Clinical Densitometry: Assessment of Skeletal Health*. 2008; 11(1): 43e58
35. Bachrach LK. Osteoporosis and measurement of bone mass in children and adolescents. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2005; 34:521–535. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2005.04.001> PMID: 16085157
36. Boroncelli GI, Saggase G. Critical age and stages of puberty in the accumulation of spinal and femoral bone mass: The validity of bone mass measurements. *Horm Res*. 2000; 54(Suppl 1):2–8. <https://doi.org/10.1007/s001380000002>
37. Rizzoli R, Bianchi ML, Garabedian M, McKay HA, Moreno LA. Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*. 2010; 46: 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.10.005> PMID: 19840876 <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.10.005>

38. Gómez-Campos R, Andruske CL, Arruda Md, Urra Albornoz C, Cossio-Bolaños M. Proposed equations and reference values for calculating bone health in children and adolescent based on age and sex. PLoS ONE, 2017; 12(7): 1-14
39. Boot AM, Ridder MAJ, Pols HAP, Krenning EP, Muinck Keizer-Schrama SMPF. Bone Mineral density in children and adolescents: Relation to puberty, calcium Intake, and physical activity. J Clin Endocrinol Metab. 1997; 82:57–62
40. Lin L. A note on the concordance correlation coefficient. Biometrics. 2000; 56: 324–325.
41. Del Rio L, Carrascosa A, Pons F, Gusinye M, Yeste D, Domenech FM. Bone mineral density of the lumbar spine in white Mediterranean Spanish children and adolescents: changes related to age, sex, and puberty. Pediatr Res. 1994; 35: 362–366.
42. Goncalves EM, Ribeiro RR, Carvalho WRGd, de Moraes AM, Roman EP, Santos KD, et al. Brazilian Pediatric Reference Data for Quantitative Ultrasound of Phalanges According to Gender, Age, Height and Weight. PLoS ONE. 2015; 10(6): e0127294
43. Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/> (5 de 1 de 2017).
44. Peña, A. Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis. Rehabilitación. 2003; 37(6), 339-53).
45. Reuter, C., Stein, C., Vargas, D. Massa óssea e composição corporal em estudantes universitarios. Revista da Associação Medica do Brasileira. 2012; 58 (3), 328-34.
46. Davies JH, Evans BA, Gregory JW. Bone mass acquisition in healthy children. Arch Dis Child. 2005; 90: 373-78.
47. Sopher AB, Fennoy I, Oberfield SE. An update on childhood bone health: mineral accrual, assessment and treatment. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes. 2015; 22: 35-40.
48. Aznar S, Webster T. Actividad Física y Salud en la Infancia y la Adolescencia. Guía para todas las personas que participan en su educación: Ministerio de Sanidad y Consumo; 2006.
49. Moreno LA, Gracia-Marco L. Prevención de la obesidad desde la actividad física: del discurso teórico a la práctica. Anales de Pediatría. 2012;77(2):136–. 248
50. Cooper C, Campion G, Melton LJ. Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. Osteoporosis International. 1992; 2:285-9.
51. Gracia-Marco L, Rey-López J, Santaliestra-Pasías A, Jiménez-Pavón D, Díaz L, Moreno L, et al. Sedentary behaviours and its association with bone mass in adolescents: the HELENA cross-sectional study. BMC public health. 2012;12(1):971.

52. Vicente-Rodríguez G, Ortega FB, Rey-López JP, España-Romero V, Blay VA, Blay G, et al. Extracurricular physical activity participation modifies the association between high TV watching and low bone mass. *Bone*. 2009; 45:925–30.
53. Glastre C, Braillon P, David L, Cochat P, Meunier PJ, Delmas PD. Measurement of bone mineral content of the lumbar spine by dual energy X-ray absorptiometry in normal children: correlations with growth parameters. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 1990;70(5):1330-3.
54. Matkovic V, Fontana D, Tomanic C, Goel P, Chesnut CH. Factors which influence peak bone mass formation: A study of calcium balance and the inheritance of bone mass in adolescent females. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1990; 52:878-88.
55. MacKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2002;36(4):250-7.
56. Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity reviews*. 2004;5(s1):4-85.
57. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2001; 33(4):507-511.
58. Lehtonen-Veromaa M, Mottonen T, Nuotio I, Heinonen OJ, Viikari J. Influence of physical activity on ultrasound and dual-energy x-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: A cross-sectional study. *Calcif Tissue Int* 2000; 66:248–254.
59. Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am*. 2001; 27:131-41.
60. Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res*. 2011;26(8):1729–39.
61. Ackerman K, Misra M. Bone Health in Adolescent Athletes with a Focus on Female Athlete Triad. *Phys Sportsmed*. 2011;39(1):131–141.
62. Merrilees MJ, Smart EJ, Gilchrist NL, March RL, Maguire P, Turner JG, Frampton C, Hooke E. Effects of dairy food supplements on bone mineral density in teenage girls. *Eur J Nutr*. 2000;39(6):256–262.
63. Alwis G, Linden C, Ahlborg HG, Dencker M, Gardsell P, Karlsson MK. A 2-year schoolbased exercise program in pre-pubertal boys induces skeletal benefits in lumbar spine. *Acta Paediatr*. 2008; 97(11):1564–1571.

64. Grampp S, Genant HK, Mathur A, Lang P, Jergas M, Takada M, et al. Comparisons of noninvasive bone mineral measurements in assessing age-related loss, fracture discrimination, and diagnostic classification. *J Bone Miner Res.* 1997; 12: 697-711.
65. Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ.* 1996; 312: 1254-9.
66. Gómez Alonso C. Valores de la densidad mineral ósea (BMD) en columna lumbar y cadera de la población sana española. En: Díaz Curiel M, Díez Pérez A, Gómez Alonso C, Fhoemo, Seimomm, RPR, editors. *Nuevas Fronteras en el Estudio de la Densidad Ósea en la Población Española.* Alcorcón, Madrid: Edimsa 1996; 73-94.
67. Díaz Curiel M, Carrasco de la Peña JL, Honorato Pérez J, Pérez Cano R, Rapado A, Ruiz Martínez I. Study of bone mineral density in lumbar spine and femoral neck in a Spanish population. Multicentre Research Project on Osteoporosis. *Osteoporos Int* 1997; 7: 59-64.
68. Gihan YA, Essam EA, Waleed HA, Nagah MA, Eglal H AG. Bone mineral density & bone mineral content in Saudi children, risk factors and early detection of their affection using dual-emission X-ray absorptiometry (DEXA) scan. *Egyptian Pediatric Association Gazette* 65 (2017) 65–71
69. Hao Xu, Jia-Xuan Chen, Tian-Min Zhang, Jian Gong, Qiu-Lian Wu, Jin-Ping Wang. Correlation between hand and total body bone density in normal Chinese children. *Bone* 41 (2007) 360–365
70. ISAK. International standards for Anthropometrics Assessments. 2001. Unerdale: ISAK. [Sitio en internet]. Disponible en: <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=>
71. Sillero Quintana M. Universidad Politécnica. Módulo de Kineantropometría. Texto Guía. Facultad de ciencias de Actividad Física y del Deporte I.N.E.F. (Madrid– España). 2005-2006.
72. Gonzales Caballero P, Ceballos Días J. Manual de Antropometría. (Cuba). 2003. [Sitio en internet]. Disponible en: <http://ict.udg.co.cu/educaci%c3%b3n%20f%c3%adsica/medicina%20deportiva.pdf>.
73. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinantropometría. Pruebas fisiológicas del atleta de élite; *Human Kinetics* : Champaign, IL, EE. UU., 1991; pp. 223-308
74. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. Una evaluación de la madurez a partir de mediciones antropométricas. *Medicina y Ciencia en Deportes y Ejercicio.* 2002; 34: 689-694

75. Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. Human growth and development. En: The Cambridge encyclopedia of human growth and development. Cambridge university press. Cambridge, 1998.
76. Weaver CM. Calcio En: Brown B, y Rossel R. Conocimientos actuales sobre nutrición. Capítulo 26. Octava edición. Washington. Organización Panamericana de la Salud, ILSI Press; 2003: 297-305.
77. Shils M, Olson JA, Shike M, Ross AC. Calcio. En: Nutrición en salud y enfermedad. Capítulo 7. Novena edición. McGraw-Hill; 2006: 1:165-194.
78. Gooren L. Osteoporosis and sex steroids. *JMHG*; 2007; 4:192-198.
79. The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know? *J Clin Endocr Metab* 2011; 96: 53-58.
80. Huncharek M, Muscat J, Kupelnick B. Impact of dairy products and dietary calcium on bone-mineral content in children: results of a meta-analysis. *Bone*; 2008; 43:312-321.
81. Vue H, Reicks M. Individual and environmental influences on intake of calcium-rich food and beverages by young Hmong adolescent girls. *J Nutr Educ Behav* 2007; 39 (5): 264-272.
82. US Department of Health and Human Services. Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General. Rockville, MD: US Department of Health and Human Services, Office of the Surgeon General; 2004.
83. Rafiroiu A, Anderson E, Sargent R, Evans A. Dietary practices of South Carolina adolescents and their parents. *Am J Health Behav* 2002; 26: 200-212.
84. Ortega RM, Requejo AM, López-Sobaler AM, Andrés P, Quintas ME, Navia B et al. The importance of breakfast in meeting daily recommended calcium intake in a group of schoolchildren. *J Am Coll Nutr* 1998; 17: 19-24.
85. Serra-Majem L, Ribas-Barba L, Salvador G, Jover L, Raidó B, Ngo J et al. Trends in energy and nutrient intake and risk of inadequate intakes in Catalonia, Spain (1992-2003). *Public Health Nutr* 2007; 10: 1354-1367.
86. Ortega RM, Requejo AM, Navia B, Quintas ME, Andrés P, López-Sobaler AM, Perea JM. The consumption of milk products in a group of pre-school children: Influence on serum lipid profile. *Nutr Res* 2000; 20 (6): 779-790.
87. Ortega RM, Aparicio A. Problemas nutricionales actuales. Causas y consecuencias. En: Ortega RM, Requejo AM, Martí- 722 *Nutr Hosp.* 2012;27(3):715-723 R. M. Ortega y cols. nez RM, editores. Nutrición y Alimentación en la promoción de la salud, UIMP. pp. 8-20. Madrid, 2007.

88. Rodríguez-Rodríguez E, Navia B, López-Sobaler AM, Ortega RM. Review and future perspectives on recommended calcium intake. *Nutr Hosp* 2010; 25 (3): 366-374.
89. Janz K. Physical activity and bone development during childhood and adolescence. Implications for the prevention of osteoporosis. *Minerva Pediatr* 2002; 54: 93-104.
90. Henderson NK, White CP, Eisman JA. The roles of exercise and fall risk reduction in the prevention of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Amer* 1998; 27: 369-387.
91. M.T. Muñoz¹, V. Barrios¹, G. Garrido², J. Argente¹ Ejercicio físico y masa ósea en adolescentes deportistas. *rev esp pediatr* 2003;59(1):61-69
92. Carrascosa A, Yeste D, Audi L. Crecimiento y mineralización del tejido óseo. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia Ri Rodríguez F (eds.). *Tratado de Endocrinología Pediátrica y de la Adolescencia*. Barcelona: Ediciones Doyma; 2000. p. 113-130.
93. Muñoz MT, Garrido G. Aspectos nutricionales y endocrinológicos en adolescentes deportistas. *Rev Esp Pediatr* 2001; 57 (2): 106-120.
94. National Research Council. *Recommended Dietary Allowances*. 10 th edition. National Academy of Press. Washington DC; 1989: 24-38.
95. Webster B, Barr S. Calcium intakes of adolescent female gymnasts and speed skaters: lack of association with dieting behavior. *Int J Sport Nutr* 1995; 5: 2-12.
96. Del Río L, Carrascosa A, Pons F, Guisinyé M, Yeste D, Domenech FM. Bone mineral density of the lumbar spine in white mediterranean spanish children and adolescents: change related to age, sex and puberty. *Pediatr Res* 1994; 35: 362- 366.
97. Henderson NK, White CP, Eisman JA. The roles of exercise and fall risk reduction in the prevention of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Amer* 1998; 27: 369-387.
98. Heany RP. Pathophysiology of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Amer* 1998; 27: 255-265.
99. Magnusson H, Linden C, Karlsson C, Obrant KJ, Karlsson MK. Exercise may induce reversible low bone mass in unloaded and high bone mass in weight-loaded skeletal regions. *Osteoporos Int* 2001; 12: 950-955.
100. Matsumoto T, Nakagawa S, Nishida S, Hirota R. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists and swimmers. *Int J Sports Med* 1997; 18: 408-412.
101. Peña A. Efectos del ejercicio físico sobre la masa ósea y la osteoporosis. *Rehabilitación*. 2003; 37:339-53.
102. Herazo-Beltrán AY, & Domínguez-Anaya R. Confiabilidad del cuestionario de actividad física en niños colombianos. *Rev. salud pública*. 14 (5): 802-809, 2012

103. Martínez GD, Martínez DV, Pozo T, Welk GJ, Villagra A, Calle ME, et al. Fiabilidad y validez del cuestionario de actividad física PAQ-A en adolescentes españoles. *Rev. Esp Salud pública*. 2009; 83 (3): 427-439.
104. Crocker PR, Bailey DA, Faulkner RA, Kowalski KC, McGrath R. Measuring general levels of physical activity: preliminary evidence for the Physical Activity Questionnaire for Older Children. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29:1344-1349.
105. Galindo Zavalaa R, Cuadros E, Martín Pedrazc, L, Díaz-Cordovés G, Sierra Salinas C, Urda Cardonac A. Low bone mineral density in juvenile idiopathic arthritis: Prevalence and related factors. *Anales de Pediatría (English Edition)*. Volume 87, Issue 4, October 2017, 218-225
106. Escobar-Serna LP, Orozco Rincón A, Pantoja M. Determiantes sociales de la salud predictores de la condición física saludable en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Chinchiná. Repositorio Universidad Autónoma de Manizales, 2018. Tesis de maestría
107. Rodríguez CI, Castillo-Viera E, Arbinaga F. Comparación del índice de masa corporal en escolares de Catamarca establecido por técnicas antropométricas, de autoinforme y test de figuras. *Arch Argent Pediatr* 2019;117(3):e218-e223.
- 108 Arango A, Vergara N. Determinantes sociales de la salud predictores de la condición física saludable en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Manizales. Repositorio Universidad Autónoma de Manizales, 2018. Tesis de maestría
109. Hoyos Qisobony JA, Portela García CA. Asociación de la coordinación motriz con la actividad física y el índice de masa corporal (IMC) en escolares entre 10 y 12 años en el área urbana de la ciudad de Popayán. Repositorio Universidad Autónoma de Manizales, 2016. Tesis de maestría.
110. Song Y, Han HR, Song HJ, Nam S, Nguyen T, Kim MT, Faan. Psychometric evaluation of Hill-Bone medication adherence subscale. *Asian Nursing Research*.2011; 5(3): 183–188.
111. Umaretiya PJ, Thacher TD, Fischer PF, Cha SS, Pettifor JM. Bone mineral density in Nigerian children after discontinuation of calcium supplementation. *Bone* 55 (2013) 64–68. doi.org/10.1016/j.bone.2013.03.017
112. Nyisztor KJ, Carías PD, Velazco GY. Consumo de calcio y densidad mineral ósea en hombres jóvenes con diferentes niveles de actividad física. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, vol. 12, núm. 1, febrero, 2014, 12-24
113. Redon-Tavera A, Rodríguez-Madrid R, León-Hernández SR, Díez-García P, Becerra-Luna L. Densidad mineral ósea, estado nutricional y fracturas de huesos largos en niños. *Investigación en Discapacidad*. Vol. 3, Núm. 4 2014; 168-176

114. Martínez de Victoria E. El calcio, esencial para la salud. *Nutr Hosp* 2016;33(Supl. 4):26-31 doi:<http://dx.doi.org/10.20960/nh.341>
115. Zurita F., Ubago J. L, Puertas P, González G, Castro M, Chacón R. Niveles de actividad física en alumnado de Educación Primaria de la provincia de Granada Physical activity levels of Primary Education students in Granada. *Retos*, 2018; 34(1): 218-221.
116. Pulido BE, Tabares M. Determinantes sociales de la salud predictores de la condición física saludable en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Dosquebradas. Repositorio Universidad Autónoma de Manizales, 2018. Tesis de maestría
117. Martínez Anaya AB, Martínez- Hernández JM, Martínez LF. hábitos de actividad física y su asociación con adiposidad en escolares de 12 A 18 años del Municipio de Montería. Universidad de Córdoba, 2009. Tesis de grado.
118. Zapata Torres J. Relación entre el nivel de actividad física, hábitos de estudio y el rendimiento académico de los estudiantes del colegio Enrique Olaya Herrera en Bogotá D.C. Universidad Santo Tomás. 2017. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10193/Torresjairo2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
119. Prieto D, Correa J. E, Ramírez R. Niveles de actividad física, condición física y tiempo en pantallas en escolares de Bogotá, Colombia: Estudio FUPRECOL. *Nutr Hosp*. 2015; 32(5): 2184-2192.
120. Cossio-Bolaños M, Vidal-Espinoza R, Lagos-Luciano J. Perfil antropométrico en función del estado nutricional de niños con discapacidad intelectual. *Rev. chil. pediatr.* 2015; 86 (1): 18-24.
121. Rodríguez- Bies E, y Berral de la Rosa FJ. Estudio morfológico en gimnastas argentinos de alto rendimiento. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2006; 8(4): 16-24
122. Brito V, Contreras T, Barreto J. Análisis de la Composición Corporal en Estudiantes de la Carrera de Cultura Física de la Universidad de Cuenca 2015. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*. 2016; 15(1): 40-48.
123. Del Pino M, Orden A, Arenas M, Caíno S, Fano V. Referencias Argentinas de estatura sentada y longitud de miembros inferiores de 0 a 18 años. *Medicina Infantil* 2016; 23(1): 279 - 286.
124. Gómez-Campos R, Cofré Huenul R, Urra Albornoz C, Luarte-Rocha C, Ibáñez Quispe V, Cossio Bolaños M. Densidad mineral ósea en una muestra de jóvenes chilenos practicantes de diversas modalidades deportivas. *Salud Uninorte*, 2017; 33 (1): 48-57.
125. MacKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *Br J Sports Med* 2002; 36:250–257

126. Castillo Viera E, Tornero Quiñones I, García Araujo JA. Relación entre actividad física, alimentación y familia en edad escolar. *Retos*, 2018; 34 (1): 85-88.
127. González González de Mesa, C, Cuervo Tuero, C, Cachón Zagalaz, J, Zagalaz Sánchez, M. Relación entre variables demográficas, la práctica de ejercicio físico y la percepción de la imagen corporal en estudiantes del grado de magisterio. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 2016; 29 (1): 90-94.
128. Nava-González EJ, Cerda-Flores RM, García-Hernández PA, Jasso-de la Peña GA, Bastarrachea RA, Gallego-Cabriales EC. Densidad mineral ósea y su asociación con la composición corporal y biomarcadores metabólicos del eje insulino-glucosa, hueso y tejido adiposo en mujeres. *Gac Med Mex*. 2015; 151:731-40
129. Aguilera-Barreiro MA, Dávalos-Vázquez KF, Jiménez-Méndez C, Jiménez-Mendoza D, Olivarez-Padrón LA, & Rodríguez-García ME. Relación del estado nutricional, densidad mineral ósea tanto corporal como mandibular, pérdida dentaria y riesgo de fractura (FRAX), en mujeres pre y postmenopáusicas con periodontitis. *Nutr Hosp*. 2014;29(6):1419-1426. doi:10.3305/nh.2014.29.6.7382
130. Sierra Salinasa C, Delange Segura E, Blasco Alonso E, Navas Lopeza VM, Barco Galvez A. Disminución de la densidad mineral ósea y otros factores de riesgo en niños prepuberales con fractura del antebrazo distal. *An Pediatr (Barc)*. 2009;71(5):383–390. doi:10.1016/j.anpedi.2009.07.007
131. Medina Orjuela M, Sierra Osorio A, Rosero Ravelo R, Rojas García W, Castro Moreno CA, Relación entre leptina y densidad mineral ósea en sujetos obesos en un hospital universitario. *Medica.Sanitas* 19 (4): 190-197, 2016
132. Suárez Cortina L, Moreno Villares J, Martínez Suárez V, Aranceta Bartrina J, Dalmau Serra J, Gil Hernández A, Lama More R, Martín Mateos M, Pavón Belinchón P. Ingesta de calcio y densidad mineral ósea en una población de escolares españoles (estudio CADO). *An Pediatr (Barc)*. 2011;74(1):3—
133. Molina, E.; Ducaud P.; Bustamante, I.; León-Prados, J.A., Otero-Saborido, F.M. y Gonzalez-Jurado, J.A. (2015) Variación en la densidad mineral ósea inducida por ejercicio en mujeres posmenopáusicas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 15 (59) pp. 527-541. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista59/artvariacion630.htm>: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2015.59.008>
134. Vania - Padilla A, Lamadrid-Figueroa H, Cruz-Valdez A. El peso, el porcentaje de grasa y la densidad mineral ósea materna son determinantes de la densidad mineral ósea en mujeres adolescentes y adultas jóvenes. *Bol Med Hosp Infant Mex*, 2007; 64(1): 72-82.

135. Miller JZ, Slemenda CW, Meaney FJ, Reister TK, Hui S, Johnston CC. The relationship of bone mineral density and anthropometric variables in healthy male and female children. *Bone Miner.* 1991;14(2):137–52.
136. Silva CC, Goldberg TBL, Teixeira AS, Dalmas JC. A predictive analysis from bone mineral density among eutrophic Brazilian male adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2006;50(1):105–13.
137. Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(2):316–22.
138. Quiterio AL, Carnero EA, Silva AM, Bright BC, Sardinha LB. Anthropometric models to predict appendicular lean soft tissue in adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(4):828–36.

ANEXOS

Anexo 1 Consentimiento informado

Formato de consentimiento informado para la participación en investigaciones.

Investigación: Actividad física e ingesta de calcio respecto salud ósea en escolares. estudio multicéntrico

Ciudad y fecha: _____

Yo, _____
una vez informado sobre los propósitos, objetivos, procedimientos de evaluación que se llevarán a cabo en esta investigación y los posibles riesgos que se puedan generar de ella, autorizo a, estudiantes de la maestría en Actividad Física y Deporte de la Universidad Autónoma de Manizales, para la realización de la evaluación de mi hijo

_____ llevando a cabo los siguientes procedimientos, según el instrumento de evaluación a mí explicado:

1. Recolección de datos sociodemográficos como por ejemplo edad, sexo, nivel escolar, estrato entre otros
2. Diligenciamiento preguntas sobre Actividad Física como por ejemplo tiempo de práctica y frecuencia de práctica.
3. Medición de peso, Altura vertical, altura sentado, longitud del antebrazo y diámetro del fémur
4. Diligenciamiento de preguntas sobre su ingesta alimentaria en los últimos 3 días
5. Evaluación de la DMO por absorciometría Dual DEXA (escaneo)

Adicionalmente se me informó que:

Su participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria, y está en libertad de retirarse de ella en cualquier momento.

No recibiremos beneficios personales de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitan mejorar los procesos de evaluación de la salud mineral ósea en los niños.

Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente. Esta información será archivada en papel y medio electrónico. El archivo del estudio se guardará en la Universidad Autónoma de Manizales bajo la responsabilidad de los investigadores.

Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas. El principal riesgo

que puede correr durante este estudio es una caída, para lo cual se tomarán todos los cuidados preventivos del caso.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontanea.

Firma padre o acudiente

Cedula de ciudadanía No. _____ de _____

Firma del Estudiante _____

* Aprobado por el Comité de Bioética de la UAM:

Anexo 2 Instrumento de recolección de información

Objetivo: Recolectar la información para determinar las variables predictoras de la salud ósea en adolescentes entre 8 y 16 años de la ciudad de Manizales

CIUDAD DE LA VALORACION: _____

COLEGIO _____

PRIVADO _____ **OFICIAL** _____

DATOS PERSONALES

Nombre _____ **Apellidos** _____

Edad: _____ años. **Fecha de nacimiento** _____

Género: M _____ F _____ **Grado que cursa actualmente** _____

Dirección _____

Barrio _____

Comuna _____

Teléfono _____

EVALUACIÓN NIVELES DE ACTIVIDAD FÍSICA (PAQ-C)

1. La actividad física en su tiempo libre: ¿ha hecho usted cualquiera de las siguientes actividades en los últimos 7 días (la semana pasada)? ¿Si la respuesta es sí, cuántas veces? (Marque sólo un círculo por fila).

Actividad	Nunca	1-2 veces	3-4 veces	5-6 veces	7 veces o mas
Saltar la cuerda					
Patín en línea					
Jugar tenis					
Caminar como ejercicio					
Montar bicicleta					
Saltar o correr					
Hacer aeróbicos					
Nadar					
Jugar beisbol o softball					
Bailar					
Ping Pong					
Patinar en monopatín					
Jugar futbol					
Jugar volibol					
Jugar basquetbol					
Artes Marciales (karate, taekwondo)					
Otros					

2. En los últimos 7 días, durante las clases de educación física (EF), ¿con qué frecuencia estuviste muy activo (jugando fuerte, corriendo, saltando, lanzando)? (Marque uno sólo.)

NO hago EF _____ Casi nunca _____ Algunas veces _____
A menudo _____ Siempre _____

3. En los últimos 7 días, ¿qué hiciste la mayor parte del tiempo de recreo? (Marque uno sólo.)

Sentarse (hablando, leyendo, haciendo trabajos escolares) _____ Mantenerse parado o caminado por los alrededores _____ Correr o jugar un poco _____ Correr o jugar bastante _____
Correr o jugar fuerte mucho tiempo _____

4. En los últimos 7 días, inmediatamente después de la escuela, ¿Cuántas veces hiciste deportes, bailó, o jugó en juegos en los que usted fue muy activo? (Marque uno sólo.)

Ninguno _____ 1 vez en la última semana _____ 2 o 3 veces en la última semana _____
4 veces en la última semana _____ 5 veces o más en la última semana _____

5. En los últimos 7 días, en las tardes ¿cuántas veces hiciste deportes, bailó, o jugó en juegos en los que fue muy activo? (Marque uno sólo.)

Ninguno _____ 1 vez en la última semana _____ 2 o 3 veces en la última semana _____ 4 a 5 veces en la última semana _____ 6 a 7 veces en la última semana _____

6. ¿El último fin de semana, ¿cuántas veces hiciste deportes, bailó, o jugó en juegos en los que fue muy activos? (Marque uno sólo.)

Ninguno _____ 1 vez _____ 2 o 3 veces _____ 4 a 5 veces _____ 6 o más veces _____

7. ¿Cuál de las siguientes frases es la mejor descripción para los últimos 7 días? Leer todas las cinco opciones antes de tomar una decisión sobre la respuesta que lo describe a usted.

- Toda o la mayor parte de mi tiempo libre se dedicó a hacer actividades que suponen poco esfuerzo físico.
- A veces (1 o 2 veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre (por ejemplo, jugué deportes, fui a nadar, monté bicicleta, hice ejercicios aeróbicos).
- A menudo (3 a 4 veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre.
- Bastante a menudo (5 a 6 veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre.
- Muy a menudo (7 o más veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre.

8. Marque la frecuencia con que hizo la actividad física (como practicar deportes, juegos, bailar, o cualquier otra actividad física) por cada día de la semana pasada.

Día de la semana	Ninguno	Un poco	Normal	Frecuente	Muy frecuente
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					

9. ¿Estuvo usted enfermo la semana pasada, o algo le impidió hacer sus actividades físicas normales? (Marque uno).

Si _____ No _____ En caso afirmativo, ¿qué le impidió? _____

ESCALA DE AUTOEFICACIA HACIA LA ACTIVIDAD FÍSICA

Yo creo que puedo:		
	SI	NO
Hacer algo de actividad física después de la escuela la mayoría de los días entre semana		
Hacer actividad física después de la escuela aunque también vea TV o juegue videojuegos		
Hacer ejercicio o deporte después de la escuela aunque mis amigos quieran que haga alguna otra cosa		
Correr al menos 8 minutos sin parar		
Hacer actividad física aunque haga calor o frío afuera		
Hacer ejercicio aunque me sienta cansado		
Hacer actividad física aunque tenga mucha tarea		
Hacer actividad física aunque me quede en casa		
Hacer ejercicio o algún deporte aunque mis amigos crean lo contrario		
Hacer actividad física aunque tenga otras clases en las tardes		
Yo creo que		
Tengo la habilidad necesaria para jugar el deporte que quiera o para hacer ejercicio		
Alguno de mis padres (o adulto que me cuida) puede llevarme a practicar deporte o hacer ejercicio en la tarde		

Gasto frente a una pantalla durante un día a la semana y los fines de semana

ACTIVIDAD	SI	NO	Horas al día	Días a la semana
Computador				
Video juegos				
Televisión				

EVALUACIÓN ANTROPOMETRICA (IMC)

Peso: _____ Talla: _____ IMC: _____

Altura vertical: Toma 1 _____ Toma 2: _____ media: _____

Altura sentada: Toma 1 _____ Toma 2: _____ media: _____

APVH _____

Longitud del antebrazo derecho: Toma 1 _____ Toma 2: _____ media: _____

Longitud del antebrazo izquierdo: Toma 1 _____ Toma 2: _____ media: _____

Diámetro del fémur: Toma 1 _____ Toma 2: _____ media: _____

BMC

Absorciometría dual DEXA _____

Anexo 3 Protocolo por antropometría

A continuación, se describe el protocolo por antropometría a realizar en la presente investigación. Se aclara que dicho procedimiento es adaptado del estandarizado del "grupo de trabajo internacional de la cineantropometría" descrito por Ross y Marfell-Jones (73) haciendo uso de las variables a tener en cuenta en la investigación

La talla o estatura o Altura, es la distancia entre el vértex y las plantas de los pies del sujeto de estudio medido en cm. Hay que tener en cuenta las variaciones circadianas. Generalmente los individuos dan una talla mayor por la mañana que por la tarde, pudiendo haber diferencias de hasta un 1% a lo largo del día.

Posición: La talla se puede medir en posición erecta o una posición de bipedestación estirado, dando en ambos casos valores ligeramente diferentes. El individuo se medirá preferentemente en posición de bipedestación estirado y para ello permanece de pie, guardando la posición de atención antropométrica con los talones, glúteos, espalda y región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro.

La cabeza, situada en el Plano de Frankfurt, no mantendrá contacto con el tallímetro. Técnica: El sujeto de estudio realizará una inspiración profunda en el momento de la medida. Puede ser ayudado por el antropometrista que efectuará una leve tracción en dirección ascendente con la mano situada en el maxilar inferior y los dedos en el proceso mastoideo, o en la región cervical para corregir el acortamiento de los discos intervertebrales. El antropometrista emplazará la rama móvil del tallímetro firmemente sobre el vertex, aplastando el pelo al máximo. La medida se toma al final de la inspiración profunda.

Instrumento de Medida: Tallímetro. Debe tener un rango de longitud mínimo de 60 a 120cm. La precisión requerida es de 0.1cm. Debe calibrarse periódicamente frente a una altura estándar.

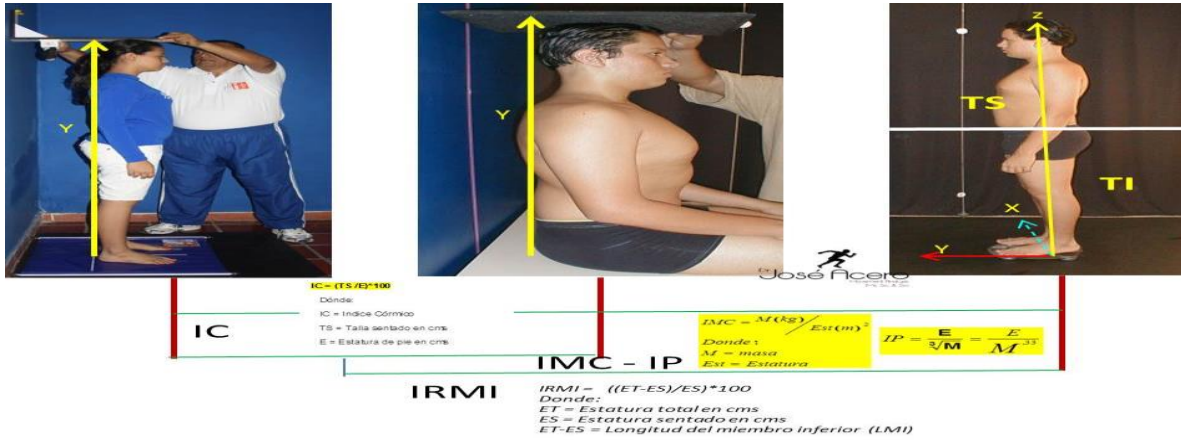


La Talla o Altura Sentado Distancia entre el vértex y el plano de sustentación, o bien la porción más inferior de la pelvis, del sujeto de estudio medido en cm.

Posición: El individuo se sienta en un banco de altura conocida de 50 cms, cabeza en el Plano de Frankfurt, tronco erecto formando un ángulo de 90° con la horizontal, muslos a la misma altura que la articulación de la rodilla, manos apoyadas en los muslos y los pies apoyados en el suelo o plano de sustentación. La espalda y la región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro o del antropómetro.

Técnica: El sujeto de estudio mantendrá la mirada al frente y realizará una inspiración profunda en el momento de la lectura. El antropometrista le ayudará con una leve tracción en dirección ascendente desde el maxilar inferior

Instrumento: Antropómetro o Tallímetro. Banco de altura de 50 cm. Si es posible colocaremos el punto cero del instrumento de medida a nivel del asiento del banco, en caso contrario, la lectura de la medida se realizará restando a la lectura final la altura del banco (medida indirecta) o tomando el cero de la medida a nivel de la superficie del banco (medida directa).



La longitud del antebrazo: Es la distancia entre el punto radial y el estilóideo.

El sujeto de estudio coloca los brazos en media supinación. Una de las ramas del calibre se coloca en la marca radial y la otra en la estilóidea. El calibre se ubica paralelo al eje longitudinal del radio. Se obtiene de la diferencia entre la altura radial y estilóidea.



El diámetro del fémur biepicondilar (cm) se realiza ubicando al sujeto en una posición sentada relajada con las palmas de las manos apoyadas en los músculos. Se mide la distancia entre los dos puntos más destacados de los cóndilos femorales



ósea en niños celíacos. Efecto de la exclusión del gluten de la dieta. Universidad de León.
Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55620>

Cossío Bolaños M, Méndez Cornejo J, Luarte Rochad C, Vargas R, Canqui B, Gomez Campo R.
Patrones de actividad física de adolescentes e