



**ACTIVIDAD FÍSICA Y SALUD ÓSEA EN ESCOLARES ENTRE
LOS 8 Y 16 AÑOS DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI
VALLE DEL CAUCA**

JEFFERSON ANDRES OVIEDO GÓMEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE III

MANIZALES

2020

**ACTIVIDAD FÍSICA Y SALUD ÓSEA EN ESCOLARES ENTRE LOS 8 Y 16
AÑOS DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI VALLE DEL CAUCA**

JEFFERSON ANDRES OVIEDO GÓMEZ

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Actividad física y deporte

Directores

Doctor JOSÉ ARMANDO VIDARTE CLAROS

Doctora CONSUELO VÉLEZ ÁLVAREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE III

MANIZALES

2020

DEDICATORIA

A mi madre DIANA IVONNE GOMEZ MURIEL (Q.E.P.D) la cual falleció durante el proceso de la presente maestría, pero desde un principio me inculco los valores del estudio y la formación personal, a mi padre JAIR OVIEDO por apoyarme en todo momento e inculcarme los valores de la familia y la superación de obstáculos en el cambiar de los tiempos, a mi hermana TATIANA OVIEDO por su compañía y guía constante para las opciones de vida.

A Dios por concederme la vida, el privilegio de superarme personalmente.

Jefferson Andrés Oviedo Gómez.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a todos nuestros profesores como formadores de caminos de superación, ya que cada uno aportó y creyó en podíamos avanzar para ser mejores profesionales

A la Universidad Autónoma de Manizales por su interés en formar profesionales con todas las capacidades sin importar las diferentes limitaciones durante su proceso

A la maestría en actividad física y deporte, al Dr. José Armando Vidarte, a Consuelo Vélez, José Hernán parra Sánchez por su apoyo en este proceso

A todas las instituciones educativas de la ciudad de Cali por permitir el desarrollo de este estudio.

RESUMEN

Introducción: La estimación de la densidad mineral ósea se relaciona estrechamente con el estado de salud de las poblaciones escolares en edades tempranas, el valor de estimación permite identificar variables que pueden afectar directamente la salud durante el envejecimiento, además de generar una forma de bajo costo, fácil acceso y desarrollo, el cual se obtiene mediante técnicas antropométricas en comparación con el estudio DEXA catalogado como prueba oro de alto costo para la valoración de la densidad mineral ósea, por tanto, esta investigación pretendió determinar las variables predictoras de la densidad mineral ósea

Materiales y métodos: para la investigación se contó con una muestra aleatoria de 207 escolares entre 8 y 16 años de edad correspondientes a la ciudad de Cali, de los cuales pertenecían a 142 colegios públicos y 65 colegios privados de los cuales pertenecen al sexo hombre con 121 y 86 mujeres, se analizaron variables clínicas como (fracturas, consumo de medicamentos, consumo de suplementos), nivel de actividad física con el cuestionario PAQ-C,, nivel de actividad física acorde a la edad, índice de masa corporal (IMC), peso, altura vertical (AV) altura sentado (AS) longitud de antebrazo derecho (LAD), longitud de antebrazo izquierdo(LAI), diámetro de fémur (DF) longitud de miembros inferiores y por último se realiza relaciones y correlaciones entre DMO y variables de estudio.

Resultados: la población evaluada pertenece en su mayoría al estrato socioeconómico bajo con 63,8%, estrato medio 30,9 % estrato alto con 5,3%. Estos escolares se encuentran cursando de grado 1 a grado 11, el 79,7 no han tenido fracturas, el 10,6% consume medicamentos y el 84,5% no consumen suplementos nutricionales. Presentan un nivel de actividad física bajo para los dos sexos, realizan menos actividad física las mujeres. La población presenta un índice de masa corporal normal, se presenta correlación fuerte y positiva entre DMO y variables antropométricas excepto para diámetro de fémur. Se determina el modelo predictivo para los escolares de la siguiente manera:

$0,199+0,028*(edad)+0,001*(altura\ vertical)+0,004*(altura\ sentado)-0,012*(-pico$

de crecimiento)+0,022*(longitud de antebrazo derecho)+0,13*(longitud de antebrazo izquierdo) con un ajuste global del 66,3%, F= 65,611, sig= 0,000

Palabras clave: Actividad física, antropometría, densidad mineral ósea

ABSTRACT

Introduction: The estimation of bone mineral density (BMD) is closely related to the health status of schoolchildren) at early ages, the estimate value allows to identifying variables that can directly affect health during aging, and also generates a way of low cost, easy access and development. The estimate value is obtained by anthropometric techniques compared to the DEXA study, which is listed as a high-cost gold test for the evaluation of BMD; therefore, this research had the purpose to determine the predictive variables of (BMD).

Materials and methods: for the research there was a random sample of 207 schoolchildren between 8 and 16 years old to the city of Cali, of those 207 schoolchildren 142 belong a public schools and 65 belongs a private schools, 121 are men and 86 are women. For this sample, clinical variables such as (fractures, medication consumption, supplement consumption), level of physical activity with the PAQ-C questionnaire, level of physical activity according to age, body mass index (BMI), weight, vertical height (AV) sitting height (AS) right forearm length (LAD), left forearm length (LAI), femur diameter (DF) lower limb length were analyzed and finally relationships and correlations are made between BMD and study variables.

Results: the population evaluated belongs mostly to the low socioeconomic stratum with 63.8%, the middle stratum with 30.9% and the high stratum with 5.3%. These schoolchildren are in grade 1 to grade 11. 79.7% have had no fractures, 10.6% consume medications and 84.5% do not consume nutritional supplements. They present a low level of physical activity for both sexes, but women do less physical activity. The population presents a normal body mass index; there is a strong and positive correlation between BMD and anthropometric variables except for femur diameter. The predictive model for schoolchildren is determined as follows: $0.199 + 0.028 * (\text{age}) + 0.001 * (\text{vertical height}) + 0.004 * (\text{sitting height}) - 0.012 (- \text{growth peak}) + 0.022 * (\text{forearm length right}) + 0.13 * (\text{left forearm length})$ with an overall adjustment of 66.3%, $F = 65.611$, $\text{sig} = 0.000$.

Key words: physical activity, anthropometry, bone mineral density

CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN.....	12
2	INTRODUCCIÓN	13
3	ANTECEDENTES.....	14
4	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
5	JUSTIFICACIÓN.....	22
6	REFERENTE TEÓRICO.....	25
6.1	SALUD ÓSEA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES	25
6.2	DENSIDAD MINERAL ÓSEA	26
6.2.1	Densitometría Ósea.....	27
6.3	ANTROPOMETRÍA	30
6.4	LA ACTIVIDAD FÍSICA Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD MINERAL ÓSEA	32
7	OBJETIVOS.....	36
7.1	OBJETIVO GENERAL.....	36
7.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
8	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
9	METODOLOGÍA	42
9.1	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	42
9.2	TIPO DE ESTUDIO	42
9.3	POBLACIÓN.....	42
9.4	MUESTRA	42

9.5	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	43
9.5.1	Criterios De Exclusión	43
9.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	44
9.7	PROCEDIMIENTO.....	48
9.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
10	RESULTADOS.....	51
10.1	ANÁLISIS UNIVARIADO.....	51
10.2	ANÁLISIS BIVARIADO.....	56
10.3	ANÁLISIS MULTIVARIADO	61
11	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
12	CONCLUSIONES	69
13	RECOMENDACIONES	71
14	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
15	ANEXOS.....	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	37
Tabla 2 Variables asumidas para el muestreo.	42
Tabla 3 Distribución de muestra según las variables sociodemográficas	51
Tabla 4 Distribución de la población evaluada según la condición de salud y medicamentos	52
Tabla 5 Distribución de la población participante según el nivel de actividad física	53
Tabla 6 Distribución porcentual según el nivel de actividad física.....	53
Tabla 7 Distribución de la población participante acorde al nivel de actividad física según la edad y el sexo	54
Tabla 8 Descriptivos de las variables antropométricas de la población participante en el estudio.....	55
Tabla 9 Distribución del DMO según el sexo y la edad de la población de estudio	56
Tabla 10 Distribución de la velocidad pico de crecimiento (PVC) según el sexo y la edad de la población de estudio	57
Tabla 11 Asociación entre el nivel de actividad física y las variables socio demográficas .	58
Tabla 12 Prueba de normalidad.....	58
Tabla 13 Coeficiente de correlación entre el DMO y variables de estudio.....	59
Tabla 14 Relación del DMO con las variables de estudio (U de Mann-Whitney).....	60
Tabla 15 Relación del DMO con las variables de estudio (Kruskal-Wallis).....	60

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Formato De Consentimiento Informado Para La Participación En Investigaciones	86
Anexo 2 Instrumento De Recolección De Información.	88
Anexo 3 Protocolo Por Antropometría.....	93

1 PRESENTACIÓN

La presente investigación hace parte de un estudio multicéntrico, con el fin de obtener el título de magister en actividad física y deporte de la universidad autónoma de Manizales, este proyecto se presenta con el nombre de actividad física y salud ósea de escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Santiago de Cali, adscrito a la línea de investigación en actividad física del grupo de cuerpo y movimiento de la UAM Realizado con 12 estudiantes de la cohorte III de la maestría en actividad física y deporte en 6 municipios de Colombia, en el estudio se evaluaron niveles de actividad física por medio del PAQ-C, variables predictoras de la salud ósea por medio de modelo de regresión lineal.

Este proyecto se presenta de la siguiente manera, se establece el área problemática, basada en la búsqueda de bibliografía actual para este proyecto, indicando los principales vacíos investigativos, se plantea la pregunta problema, se plantean los objetivos generales y específicos

2 INTRODUCCIÓN

En el referente teórico se encuentra las temáticas para la investigación: (DMO) densidad mineral ósea en escolares, importancia de estimación del DMO como factor de salud para el envejecimiento, antropometría humana, actividad física. En la metodología se describen cada uno de los procesos que se realizan para esta investigación, indicando la muestra, procedimientos, criterios de inclusión y exclusión

Se presentan los resultados de la investigación, partiendo por el análisis univariado, bivariado y multivariado mostrando sus resultados de acuerdo a los objetivos de la investigación Se resalta como el análisis univariado propicia resultados descriptivos, desde lo bivariado se hacen las asociaciones, correlaciones propias de la investigación y que permitieron el alcance del análisis multivariado a partir del modelamiento establecido. Se realiza el modelo de regresión lineal de acuerdo a todas las validaciones y correlaciones establecidas anteriormente para la población escolar entre 8 y 16 años de la ciudad de Santiago de Cali valle del cauca, finalizando con discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones.

3 ANTECEDENTES

A nivel del contexto internacional se llevó a cabo el estudio que hace referencia a la baja densidad mineral ósea en artritis idiopática juvenil; mostrando su prevalencia y factores relacionados. Su objetivo conllevó a estimar la prevalencia de BDMO en niñas y niños con artritis idiopática juvenil, permitiendo evaluar los factores implicados en su desarrollo motor. La metodología aplicada demandó de un estudio observacional, transversal en la infancia española entre 5 y 16 años, con seguimiento por una unidad de reumatología pediátrica; escogiéndose para ello datos antropométricos clínicos y de tratamiento, realizando absorciometría de rayos X de doble energía; estudio metabólico óseo, mediante la aplicación de encuestas que hacen alusión a la dieta y ejercicio. La participación fue de 92 niñas y niños, donde la estimación de la prevalencia poblacional BDMO fue inferior al 5% (IC95%) (1).

En síntesis, se indica que la prevalencia de BDMO en los infantes con artritis idiopática juvenil es relativamente baja; ya que su adecuado estado nutricional y el predominio de la masa magra sobre la masa grasa podrían favorecer la adquisición de masa ósea, situación que podía estar sometida a un aumento del remodelado óseo (1). Como otro antecedente, se destaca el aporte de Guerrero en el Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud (2), quien establece las consideraciones del ejercicio físico en la osteoporosis, donde los resultados sugieren un efecto relativamente pequeño, pero estadísticamente significativo, relevante con el ejercicio sobre el DMO en el género femenino; explicando que, según la literatura, el nivel de pérdida ósea en una mujer aumenta con la edad, con una pérdida del 0.6%. De ahí, la importancia de realizar actividad física (caminar), entrenamiento cardiorrespiratorio, entremezclado con trotar, subir escaleras con capacidad de limitar la reducción del DMO. Su enfoque investigativo fue de tipo observacional, cuantitativo de corte transversal y correlacional.

Gómez et al, (3) llevaron a cabo ecuaciones propuestas y valores de referencia para calcular la salud ósea en niños y adolescentes según la edad y el sexo.

Estableciendo que la absorciometría de rayos X de energía dual es el estándar clave para medir el DMO y el contenido mineral óseo. En general la absorciometría de rayos X de energía dual es ideal para Uso pediátrico. Sin embargo, el desarrollo de estándares específicos en regiones geográficas particulares limita el uso y aplicación en ciertos contextos socioculturales. Al igual, la antropometría puede ser un método alternativo de bajo costo y fácil de usar en contextos epidemiológicos. El objetivo fue desarrollar ecuaciones de regresión para predecir la salud ósea en la infancia y adolescencia basados en indicadores antropométricos. Para proponer valores de referencia acorde con la salud y el sexo.

A manera de conclusión se destaca que el desarrollo de ecuaciones de regresión y curvas de referencia para evaluar la salud ósea del infante y adolescentes chilenos; conlleva a indagar problemas subyacentes potenciales en la mineralización ósea durante la etapa de crecimiento y madurez biológica. El desarrollo de nuevas ecuaciones precisa para estimular la DMO y la BMC en la infancia adolescencia permite aplicar normas de referencia para controlar la salud según la edad y el sexo (2).

A nivel del contexto nacional Martínez (4), realizó un artículo que hace referencia a los efectos del ejercicio físico sobre la densidad mineral ósea en personas con osteoporosis; señalando que el ejercicio ha sido utilizado en dicho tratamiento, sin que se tenga claro cuál es la intensidad y tipo de ejercicio pertinentes, así como sus efectos sobre el metabolismo óseo. De ahí, que el objetivo conllevó a realizar una búsqueda en la literatura que muestre los hallazgos de los efectos del ejercicio físico sobre la densidad mineral ósea y el tipo de ejercicios más indicados.

La metodología presentó una revisión sistemática mediante la búsqueda en base de datos MEDLINE, EBSCO y PUBMED, de estudios controlados aleatorizados que

midieran los efectos del ejercicio físico sobre el DMO; utilizando términos descriptores del medical Subject Headlines. Para lo cual se encontraron 333 estudios controlados aleatorizados con niveles de evidencia entre 1+ y 1-, presentando variedad en los tipos de ejercicios utilizados y la mayoría evalúan la DMO por medio de la absorciometría de energía dual de rayos X. Es decir, su conclusión permite establecer que tanto el entrenamiento aeróbico como el entrenamiento de fuerza, muestran efectos sobre el metabolismo óseo, los cuales parecen generarse más por un efecto de disminución por la tasa de pérdida de hueso que por un aumento de la DMO. Donde los resultados están igualmente asociados con el tiempo de intervención, encontrándose cambios positivos a largo plazo. El efecto sobre las caídas y el riesgo de fracturas es controversial.

Por su parte, Cossío (5), hace alusión a la densidad mineral ósea en una muestra de jóvenes chilenos de diversas modalidades deportivas, donde el objetivo conllevó a comparar y analizar la densidad mineral ósea en función de la maduración biológica. Estableciéndose una muestra de 146 adolescentes de sexo masculino, con un rango de edad entre 6 a 18 años, organizados en 5 grupos de trabajo: grupo control 40 estudiantes, canotaje 30 estudiantes, ciclismo 14, fútbol 28 y natación 34 respectivamente. Evaluándose el peso, estatura, altura, tronco, se calculó el IMC y la maduración biológica por medio de años de pico de velocidad de crecimiento.

En síntesis, los adolescentes que practican fútbol evidenciaron mayor densidad mineral ósea con relación a las demás modalidades deportivas y el grupo control además la maduración somática juega un papel relevante en el incremento de DMO, particularmente en los futbolistas. De ahí, que se sugiere desarrollar actividades físico deportivas de alto impacto, durante y después de producirse la mayor biología en adolescentes de edad escolar (5).

4 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

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 (6, 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).

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 (9). 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 (10). En ese contexto, la etapa de la adolescencia es considerada como un momento crítico para la adquisición de masa ósea (11), 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 (12).

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 (13,14). 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 (15).

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 influye 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 (16).

También se resalta como algunas modalidades deportivas tales como el fútbol (17, 18), baloncesto o voleibol, 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 (19, 20). 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 (21, 1). 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 (22). 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 (23, 24).

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 (11). 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 (25).

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 (26). 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 (27, 28), 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 (29).

Se 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. 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 anterior 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 (30).

Las conclusiones de estudio de Chile (30) 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:

¿Cuáles son las variables predictoras de la salud ósea en escolares entre 8 y 16 de la ciudad de Cali valle del cauca?

5 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 (38-42).

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.

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.

6 REFERENTE TEÓRICO

6.1 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 (36).

Moreno et al, (37), 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, y otras enfermedades como el incremento en las fracturas de los huesos (33), 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) (34, 35), 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 (36, 37).

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 (38). 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 (38), por tanto, es importante para la salud ósea del desarrollo de unos hábitos higiénico-dietéticos correctos durante la infancia y la adolescencia (39).

6.2 DENSIDAD MINERAL ÓSEA

1. 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 (9). 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 (40, 9).

Durante la fase de crecimiento, la DMO aumenta progresivamente en los hombres, llegando a alcanzar, al final de la adolescencia, cerca del 95% (41), además el pico de masa ósea por lo general se presenta entre la segunda y tercera década de vida (10). En ese contexto, la etapa de la adolescencia es considerada como un momento crítico para la adquisición de masa ósea, puesto que se producen cambios significativos durante el proceso de crecimiento y la maduración biológica (11).

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 ⁴⁶. Además, puede ser la mejor época para apostar estrategias de prevención primaria que reduzcan la presencia de osteoporosis en la edad adulta (11, 42). 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 (43).

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).

6.2.1 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 (44).

Todas las técnicas han mostrado cierta capacidad de predecir el riesgo de fractura (45-49). 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 (50).

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 (50-55).

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 (56).

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 (cm^2), determinación del contenido mineral (CMO, g) y con el cociente de ambos se obtiene la densidad por unidad de superficie (DMO, g/cm^2) en cada subsector de la región ósea explorada (57).

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 (58- 64).

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.

(65 - 69), según estos autores las fórmulas utilizadas para alcanzar dichos valores son:

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

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

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) (45), 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., (70), 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.

6.3 ANTROPOMETRÍA

La antropometría corresponde a la subrama de la antropología biológica o física que estudia las medidas del hombre (53- 57), 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 (56). Además de las variaciones de las dimensiones del cuerpo humano de acuerdo al sexo, edad, raza, nivel socioeconómico, etc., (57).

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. 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 (55, 59).

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 et al (30), quienes hipotizaron 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 o la distancia entre los puntos radial y estiloide, el diámetro del fémur biepicondilar (cm), bajo el protocolo estandarizado del “grupo de trabajo internacional de la cineantropometría” (70). Además, se medirán las variables índices de masa corporal

(IMC calculado a partir de la fórmula estandarizada masa corporal (kg) / altura²(m) y la maduración biológica (71-74)

6.4 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 (59 -64). 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 (61), 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 (61).

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 (46) 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 (61).

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 (63), donde se pudo comprobar que el Grupo de bailarinas, gimnastas y sedentarios consumieron dietas hipoenergéticas con respecto a las recomendaciones de la RDA (64), 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 (63).

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 (65). 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 (66).

La deficiencia de calcio en la dieta está ampliamente descrita (67), 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 (68).

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 (69, 70).

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 (71). La intensidad y el tipo del ejercicio tienen importantes repercusiones sobre la masa ósea.

Así, diferentes estudios (72-89), 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 (15).

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 (90), 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 si para identificar al estudiante que tuvo una actividad inusual Durante la semana anterior (15, 74). 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.

7 OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las variables predictoras de la salud ósea en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Cali valle del cauca

7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar la variables sociodemográficas, antecedentes clínicos y uso de los medicamentos de los escolares participantes en el estudio.

Determinar los niveles de actividad física de los escolares participantes en el estudio.

Describir las características antropométricas de los escolares participantes en el estudio.

Determinar la distribución de la densidad mineral ósea de los estudiantes participantes en el estudio, según sexo y edad.

Establecer la relación de la Densidad mineral ósea con las variables de estudio en los participantes.

Estimar el modelo predictivo de la salud ósea de los escolares participantes del estudio.

8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1 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	Grado que está cursando
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	Nivel de clasificación de la población con características similares en cuanto a grado de riqueza y calidad de vida,	1 2 3 4

	Medio alto	determinado de	5
	Alto	manera directa	6
		mediante las condiciones físicas de las viviendas y su localización,	
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 actividad física	Actividades físicas realizadas en los últimos 7 días	No hago Casi nunca Algunas veces
Variable	Valor	Descripción	Índice
Actividad física en tiempo libre			A menudo Siempre Ninguno 1 vez
	Intensidad de la actividad física	Veces que se hizo actividad física o fue activo	2-3 veces 4 veces 5 veces
Intensidad de práctica de AF			6 o más veces
	Días a la semana que se hizo actividad física	Día de la semana	Ninguno Un poco Normal Frecuente

			Muy frecuente
Autoeficacia hacia la actividad física		Actividad para definir autoeficacia	Si No
Gasto frente a pantalla	Computador	Horas al día que permanece frente a	Si
	Video juegos	la pantalla	No
	Televisión		
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	cm
		Distancia entre el vértex y el plano de	

Altura sentado	Mayor de 0	sustentación, o bien la porción más inferior de la pelvis	cm
Variable	Valor	Descripción	Índice
Longitud del antebrazo	Mayor de 0	Distancia entre los puntos cabeza y apófisis estiloides del radio	cm
Diámetro Fémur	Mayor de 0	Distancia entre los dos puntos más salientes de los cóndilos femorales	cm
Historia de fractura	Mayor de 0	Ha tenido fractura	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	Si No

suplementos

Velocidad		Predicción de la	
pico de	Mayor o menor de 0	proximidad o lejanía	años
crecimiento		de la tasa de	
		crecimiento	

Densidad mineral		Cantidad de	
ósea por estimación		minerales (por lo	
antropométrica	Mayor a 0	general, calcio y	
		fósforo) que contiene	g/cm ²
		cierto volumen de	
		hueso	

9 METODOLOGÍA

9.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación pertenece al enfoque cuantitativo empírico analítico.

9.2 TIPO DE ESTUDIO

Descriptivo- transversal con una fase comparativa y predictiva.

9.3 POBLACIÓN

La población estuvo constituida por el total de escolares entre los 8 y 16 años de los colegios públicos y privados de Santiago de Cali. El diseño muestral fue probabilístico (muestreo aleatorio simple).

9.4 MUESTRA

Para la determinación del tamaño de la muestra se usaron los estimadores (media, desviación estándar y margen de error), del estudio referente de Gómez et al (39).

Tabla 2 Variables asumidas para el muestreo.

<i>Variables</i>	Media	D.E	Varianza	M.E	M.E	Muestra
Chronological (age years)	12.95	3,84	14,7456	0,45	0.45	277
Weight (kg)	51.84	18,94	358,7236	2,1	2.2	309
Standing height (cm)	151.72	19,25	370,5625	2	2.2	351
Sitting height (cm)	79.47	9,98	99,6004	1,1	1.1	313
Forearm length. (cm)	23.38	3,49	12,1801	0,4	0.4	289
Femur diameter						

(cm)	8.85	1,11	1,2321	0,12	0.13	324
Total						290

DE: Desviación estándar, ME: Margen de error

Con base en los anteriores estimadores (media y varianza), con una confiabilidad del 95% y un margen de error de 0,5% se trabajó con el promedio de los tamaños muestrales generado por las variables (ver tabla 2) se proporciona un tamaño muestral de 290 escolares.

9.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Estudiantes con las edades establecidas en el estudio, que se encontraban matriculados en las instituciones educativas privadas y públicas.

Diligenciamiento del consentimiento de los acudientes o padres de familia y asentimiento informado de los participantes en el estudio.

Al momento de responder el cuestionario y toma de medidas antropométricas estar apto para su desarrollo.

Los colegios seleccionados para la valoración de los estudiantes contaron como mínimo con 50 o más alumnos matriculados y registrados en la Secretaria de Educación Municipal.

9.5.1 Criterios De Exclusión

Estudiantes que al momento del diligenciamiento del cuestionario o toma de medidas antropométricas presenten alguna patología.

9.6 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 (57) y a formatos de encuesta para las variables sociodemográficas y de evaluación de la actividad Física PAQ-C (73) 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 intraclase prueba – post prueba de 0,60 en población colombiana (90). 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 (91).

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 (57).

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, 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 tragion. Para tal fin, el evaluador posicionó sus pulgares en cada punto orbitale y sus dedos índices sobre cada punto tragion, 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 (57).

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 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 (57).

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 rádiale 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 (57).

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 (74).

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, (58), 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:

$$\mathbf{PVC\ niños} = -9,232 + 0,0002708(\quad * \quad) - 0,001663(\quad * \quad) + 0,007216(\quad * \quad) + 0,02292(\quad / \quad)$$

$$\mathbf{PVC\ niñas} = -9,37 + 0,0001882(\quad * \quad) + 0,0022(\quad * \quad) + 0,005841(\quad * \quad) - 0,002658(\quad * \quad) + (0,07693 * (/ \quad))$$

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. (30), 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:

$$\mathbf{DMO\ niños} = 0,605 + (0,056 * \quad) + (0,008 * \quad) + (0,022 * \quad)$$

$$\mathbf{DMO\ niñas} = 0,469 + (0,027 * \quad) + (0,007 * \quad) + (0,019 * \quad)$$

Al igual se tuvo en cuenta la longitud del antebrazo (30m) o la distancia entre los puntos radiales y estiloides midiéndose a través de un antropómetro, la cual sirve para facilitar las mediciones de la profundidad del pecho y la distancia entre hombros con dos escalas diferentes (escala profundidad – convencional), la información técnica hace referencia a los siguientes aspectos:

- La lectura basada en aluminio anodizado.
- Comprende dos bloques de nylon (uno fijo y uno de deslizamiento).
- Dos laminas móviles ("L") de acero inoxidable.
- Sensibilidad: 1 mm.
- Rango de lectura: 550 mm útiles.
- Dimensiones: 35 mm x 30 mm x 655 mm.
- Peso: 700 g con el embalaje.
- Barra Aluminio con graduación dual en mm (1).
- Bloques de sujeción en Nylon (2).
- Barras en L en Acero Inoxidable (2).
- Forro de transporte (1).

Posteriormente, se llevó a cabo la toma del diámetro del fémur biopicondilar (cm), midiéndose con un antropómetro sirviendo de herramienta de comodidad y facilidad de lectura, por su tamaño y diseño. También presenta información técnica relacionada con:

2. Rango: 0-164mm.
3. Longitud Guías: 143mm.
4. Resolución: 1mm.
5. Peso: 110g.
6. Fabricado en polietileno de alto impacto.

9.7 PROCEDIMIENTO

Se desarrolló el siguiente procedimiento, el cual es acorde a los planteamientos de los objetivos propuestos:

Se solicitó permiso a la Secretaría de Educación del municipio, con la intención de comprometer a las partes interesadas en el desarrollo del proyecto.

Una vez definido el muestreo y las instituciones educativas participantes se socializó la propuesta investigativa con cada uno de los directivos encargados de las instituciones educativas.

Recolección de la información: Una vez obtenido la autorización para el desarrollo del proyecto por parte de los directivos de la Secretaría de Educación Municipal y los rectores de las diferentes instituciones educativas se procedió a diligenciar el consentimiento y asentimiento informado y posteriormente se realizó el diligenciamiento del instrumento y la evaluación antropométrica.

Elaboración del informe final.

9.8 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.

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 >50 , la cual indicó que los datos no tenían una distribución normal, por ello se procedió trabajar con el estadístico de Sperman y se hicieron relaciones con pruebas no paramétricas (U-Mann-

Whitney, Krus Kall-Wallis) dependiendo de las características de las variables cualitativas. Por último, se hizo el análisis multivariado el cual busco la construcción de un modelo de regresión lineal.

10 RESULTADOS

10.1 ANÁLISIS UNIVARIADO

Tabla 3 Distribución de muestra según las variables sociodemográficas

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Sexo		
Hombre	121	58,5
Mujer	86	41,5
edad		
8 a 10 años	54	26,1
11 a 13 años	82	39,6
14 a 16 años	71	34,3
Estrato		
Estrato bajo	132	63,8
Estrato medio	64	30,9
Estrato alto	11	5,3
Grado actual		
1	1	,5
2	6	2,9
3	8	3,9
4	14	6,8
5	21	10,1
6	43	20,8
7	33	15,9
8	31	15,0
9	20	9,7
10	11	5,3
11	19	9,2

Fuente. Elaboración propia

Del total de evaluados se evidencia como en relación al sexo participaron en mayor porcentaje los hombres, en edades entre 11 y 13 años de estrato socioeconómico bajo, en cuanto al grado actual, la muestra presenta un porcentaje mayor cursando el grado sexto con un 20,8%

Tabla 4 Distribución de la población evaluada según la condición de salud y medicamentos

Variable	Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Ha sufrido fractura	NO	165	79,7
	SI	42	20,3
Consume medicamentos	NO	185	89,4
	SI	22	10,6
Consumo de suplemento nutricionales	NO	175	84,5
	SI	32	15,5

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior muestra que el mayor porcentaje de los participantes no presentan fracturas, no consumen medicamentos y el 15,5% si consumen suplementos nutricionales. Aquellos participantes que presentaron fracturas el mayor porcentaje tienen una afectación en miembros superiores. De la población que consumen medicamentos presenta su consumo de la siguiente manera aines seguido de los antihistamínicos. Finalmente, la ayuda nutricional que más se consumió son las ayudas nutricionales

Tabla 5 Distribución de la población participante según el nivel de actividad física

Nivel de actividad física	Frecuencia	porcentaje
Muy baja	20	9,7
Baja	106	51,2
Moderada	75	36,2
Intensa	6	2,9
Total	207	100,0

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior muestra el nivel de actividad física de la población evaluada. Se encuentra con mayor porcentaje en el nivel bajo seguido de nivel moderado.

Tabla 6 Distribución porcentual según el nivel de actividad física

Nivel de actividad física	Frecuencia	Porcentaje
Inactivo	126	60,9
Activo	81	39,1
Total	207	100,0

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior muestra que la población evaluada en su mayor porcentaje es físicamente inactiva con un 60,9%

Tabla 7 Distribución de la población participante acorde al nivel de actividad física según la edad y el sexo

Sexo	Edad	Nivel	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	8 a 10 años	Inactivo	18	58,1
		Activo	13	41,9
	11 a 13 años	Inactivo	25	50,0
		Activo	25	50,0
	14 a 16 años	Inactivo	22	55,0
		Activo	18	45,0
Mujer	8 a 10 años	Inactivo	18	78,3
		Activo	5	21,7
	11 a 13 años	Inactivo	19	59,4
		Activo	13	40,6
	14 a 16 años	Inactivo	24	77,4
		Activo	7	22,6

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 7, se puede observar que tanto hombres y mujeres son físicamente inactivos, y esto se hace evidente a medida que avanza la edad.

Tabla 8 Descriptivos de las variables antropométricas de la población participante en el estudio

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
peso kg	18,0	86,0	47,173	12,40
Imc (Cm)	11,1	38,3	20,612	4,01
Altura vertical (Cm)	119	183	150,14	12,84
Altura sentado (Cm)	59	98	77,24	9,56
Pvc	-4,60	3,80	-,8227	1,95
Longitud antebrazo derecho (Cm)	15,2	26,0	19,455	2,58
Longitud antebrazo izquierdo (Cm)	13,0	26,7	19,395	2,52
Diámetro del fémur (Cm)	6,6	10,1	8,287	0,73
Longitud de MMI(Cm)	38	118	72,95	14,25

Fuente. Elaboración propia

En cuanto a las variables antropométricas se evidencia una media del peso 47,17 y una \pm 12,40 Kg; una media del IMC $20,612 \pm 4,0123$ Kg/m², media de la altura vertical 150,14 cm, pico de crecimiento con rango mínimo de -4,60 y una media de $-,8227 \pm 1,95$, promedio de longitudes de antebrazo 19,425 cm, media de diámetro de fémur 8,287 cm y finalmente media de longitud me MMII 72,95cm

10.2 ANÁLISIS BIVARIADO

Tabla 9 Distribución del DMO según el sexo y la edad de la población de estudio

		Edad	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	8 a 10 años	Inactivo	18	58,1
		Activo	13	41,9
	11 a 13 años	Inactivo	25	50,0
		Activo	25	50,0
	14 a 16 años	Inactivo	22	55,0
		Activo	18	45,0
Mujer	8 a 10 años	Inactivo	18	78,3
		Activo	5	21,7
	11 a 13 años	Inactivo	19	59,4
		Activo	13	40,6
	14 a 16 años	Inactivo	24	77,4
		Activo	7	22,6

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior muestra que los escolares hombres entre los 8-13 años, mujeres entre los 8-11 años el DMO tiene una progresión, después presenta una disminución, volviéndose a normalizar entre los 15-16 años medida que aumenta la edad.

Tabla 10 Distribución de la velocidad pico de crecimiento (PVC) según el sexo y la edad de la población de estudio

sexo	edad (años)	n	mínimo	máximo	media	desviación
Hombre	8	11	-4,60	-3,00	-3,7727	,54054
	9	11	-4,10	-2,00	-2,8727	,66044
	10	9	-4,00	-,80	-2,7111	1,29175
	12	23	-3,80	1,20	-,6826	1,18807
	13	12	-2,70	1,70	-,7750	1,41494
	14	14	-2,90	2,00	,1429	1,59601
	15	12	-2,60	2,20	,7917	1,22062
	16	14	-2,20	3,80	1,8071	1,42584
Mujer	8	10	-4,00	-4,20	-1,80	-2,7500
	9	5	-2,60	-2,60	-,20	-1,9000
	10	8	-3,20	-3,20	-,70	-2,3750
	11	9	-3,30	-3,30	-,10	-1,8778
	12	13	-3,00	-3,00	,20	-,6692
	13	10	-1,60	-1,60	1,40	-,0700
	14	10	-1,50	-1,50	1,70	,2200
	15	5	-1,80	-1,80	1,00	,0600
	16	16	10	,10	3,20	1,7438

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior indica un aumento positivo para la velocidad de pico de crecimiento para hombres y mujeres acorde a la edad. Para el caso de los hombres muestran un (PVC) negativo entre los 8- 13 años de edad y positivo entre los 14 -16 años, para el caso de las mujeres muestran un (PVC) positivo desde los 12 años de edad.

Tabla 11 Asociación entre el nivel de actividad física y las variables socio demográficas

Variable	Chi-cuadrado	Significancia
sexo	6,252a	,012*
Tipo de colegio	,018a	,894
Estrato socioeconómico	198a	,906
Ha sufrido fractura	1,480a	,224
Consume medicamentos	1,221a	,269
Consume suplementos	,359a	,549

* Sig < 0,05

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior indica como al asociar el nivel de actividad física con variables sociodemográficas solo se encuentra significancia estadística con la variable sexo.

Tabla 12 Prueba de normalidad

VARIABLES	Kolmogorov-Smirnov^a	
	Estadístico	Sig.
Edad (años)	,100	,000
Peso kg	,079	,003
Índice de masa corporal	,063	,043
Altura vertical	,077	,005
Altura sentado	,106	,000
Longitud antebrazo derecho	,101	,000
Longitud antebrazo izquierdo	,085	,001
Diámetro del fémur media	,084	,001
Pvc	,080	,003
Dmo	,104	,000

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior indica que las variables evaluadas presentan una distribución no paramétrica.

Tabla 13 Coeficiente de correlación entre el DMO y variables de estudio

		DMO
Rho de Spearman	coeficiente de correlación	,713*
Edad	sig.(bilateral)	,000
	coeficiente de correlación	,466*
Peso (kg)	sig.(bilateral)	,000
	coeficiente de correlación	,576*
Altura vertical	sig.(bilateral)	,000
	coeficiente de correlación	,434*
Altura sentado	sig.(bilateral)	,000
Longitud antebrazo	coeficiente de correlación	,369*
derecho	sig.(bilateral)	,000
Longitud antebrazo	coeficiente de correlación	,322*
izquierdo	sig.(bilateral)	,000
	coeficiente de correlación	,215*
Diámetro del fémur	Sig.(bilateral)	,000
Velocidad de	Coeficiente de correlación	,597*
crecimiento	Sig.(bilateral)	,000

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior muestra como al correlacionar el DMO y las variables de estudio se encontraron correlaciones positivas, y estadísticamente significativas, presentando un coeficiente de relación alto excepto para la variable diámetro de fémur.

Tabla 14 Relación del DMO con las variables de estudio (U de Mann-Whitney)

Variable	Categoría	Rango promedio	U mann whitney	Significancia
Sexo	Hombre	97,09	4367,000	,049*
	Mujer	113,72		
Tipo de colegio	Oficial	104,82	4498,500	,771
	Privado	102,21		
Ha sufrido fractura	No	103,21	3334,000	,705
	Si	107,12		
Consume medicamentos	No	104,39	1962,00	0,78
Consume suplementos	No	104,24	2758,500	,894
	Si	102,70		
Nivel de actividad física	Inactivo	101,53	4791,500	,459
	Activo	107,85		

Fuente. Elaboración propia

La tabla muestra que al relacionar el DMO con las variables de estudio solo la variable sexo muestra ser estadísticamente significativo.

Tabla 15 Relación del DMO con las variables de estudio (Kruskal-Wallis)

VARIABLE		RANGO PROMEDIO	Kruskal-Wallis	SIGNIFICANCIA
Nivel educativo	Básica primaria	72,91	94,093	,000*
	Básica secundaria	199,52		
	Educación media	261,31		
Estrato	Bajo	106,89		
	Medio	98,12		

	Alto	103,50		
Nivel de actividad física	Muy bajo	90,33		
	Bajo	103,64		
	Moderado	105,41		
	Intenso	138,25	3,054	,383

La tabla anterior muestra que al relacionar el DMO con los grupos de las variables de estudio cualitativas es estadísticamente significativo para la variable grado de escolaridad.

10.3 ANÁLISIS MULTIVARIADO

A continuación, se presenta el modelo de regresión lineal para el estudio realizado en la ciudad Santiago de Cali valle del cauca, para realizar este modelo; en un primer momento se analizaron las variables que fueron significativas en las pruebas de asociación y correlación, la cuales se describen así:

Los resultados anteriores muestran significancia estadística para las variables (edad, altura vertical, altura sentado, velocidad de crecimiento pico, longitud antebrazo derecho, longitud de antebrazo izquierdo). Por lo anterior se procede a realizar un segundo modelamiento a partir de las variables que muestran significancia estadística

El modelo establecido para la ciudad de Santiago de Cali fue el siguiente:

$$\text{DMO} = -0,199 + 0,028*(E) + 0,001*(AV) + 0,004*(AS) - 0,012*(PVC) + 0,022*(LAD) - 0,013*(LAI)$$

$$F = 65,611 \text{ sig.} = 0,000$$

$$r^2 = 0,663$$

Edad (E), Altura vertical (AV), Altura sentado (AS), pico de velocidad de crecimiento (PVC), longitud de antebrazo derecho (LAD), Longitud de antebrazo izquierdo (LAI)

Los anteriores valores muestran que el R cuadrado presenta un buen ajuste, indica que el 66,3% de la población de escolares entre 8 y 16 años de la ciudad Cali se puede explicar por las variables; Edad, Altura vertical, Altura Sentado, pico de velocidad de crecimiento, Longitud de Antebrazo Derecho y longitud de antebrazo izquierdo. El estadístico (F) 65,611 permite determinar que el modelo global es directamente proporcional y estadísticamente significativo.

Pronóstico. Dado que el modelo cumple con todos los pasos para la validación, se procede a hacer una predicción establecido para el presente proyecto de la ciudad de Santiago de Cali, en donde se selecciona un individuo sexo masculino con las siguientes características: sexo (0), edad 12 años, peso 39,5 kg, IMC 19,5 kg/m², altura sentado 76,6 cm, longitud del antebrazo derecho 19,1 cm, PVC -5 cm/año y diámetro del fémur 7,7 cm presentando un DMO de 0,70 g/cm², mientras que para una mujer con las mismas características, tienen un DMO de 0,42g/cm², por tanto una mujer tiene una diferencia del DMO de 0,28 g/cm² menor con respecto a la del hombre.

11 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dada la importancia de predecir el DMO en escolares a edades tempranas se reconoce un factor importante para el condicionamiento de salud en el envejecimiento múltiples estudios indican que obtener el DMO es de alto costo, por lo cual se hace consecuente realizar pruebas para obtenerlo en un bajo costo (107). Esta investigación tuvo como objetivo determinar las variables predictoras de la salud ósea de los escolares entre los 8 y 16 años de la ciudad de Cali

Teniendo en cuenta las variables sociodemográficas en este estudio la muestra fue 207 escolares, 68,6% de ellos corresponden a colegios oficiales, 31,4% a colegios privados en cuanto a la variable sexo el 58,5% son hombres y 41,5% son mujeres, datos que coinciden con el reporte arrojado por Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE el cual indica que un mayor porcentaje de estudiantes inscriptos en la educación formal son hombres (108).

Para la variable edad se encontró una media de 12,25 años \pm 2,522 la cual se relaciona con el estudio de Galindo Zavala (109) donde la media es de 11,42 años en escolares de 5 – 12 años edad, se debe tener en cuenta que las medias pueden variar, teniendo en cuenta la diferencia en la muestra y el rango de edad, por otro lado se observa que en el estudio por parte de Herazo et al, (110) la media de los escolares colombianos evaluados es de 9,35 años (\pm 1,048) la cual no es similar con el presente estudio, al igual que el estudio realizado por Roldán(111) en la ciudad de Popayán donde se muestra un valor de Media de 9,8 años de edad.

En cuando a la variable estrato socioeconómico se encontró que en este estudio el mayor porcentaje pertenece al estrato bajo con el 63,8% seguido del estrato medio con un 30,9% datos que son muy similares a los del estudio de la alcaldía de Santiago de Cali (112) el cual consiste en una estratificación por comunas, donde indica que el estrato de igual manera se presenta similitud con la estratificación dada por Roldán(111) donde la estratificación denota un bajo corresponde al 54,2% de la población, seguida del estrato

medio con el 45,0% porcentaje mayor para el estrato socioeconómico 2 del 38,18% de la muestra de 800 escolares. Diferente al estudio realizado por Torres et al,(113). Donde el menor porcentaje lo presenta el estrato 1 con 10% de su población evaluada.

En cuanto a la variable grado de escolaridad en el estudio se encuentra que el 20,8% está cursando el grado 6 de bachillerato dato que se relaciona con lo mencionado por el ministerio de educación(114) el cual muestra que el mayor porcentaje de estudiantes se encuentra entre 6 y 9 grado de bachillerato.

En cuanto a la condición clínica de los evaluados, 79,7% no ha sufrido algún tipo de fractura, y 20,3% si ha tenido, dentro de los escolares que presentan fracturas el mayor porcentaje con un 12,6% la presentan en miembros superiores y en menor porcentaje el 0,5% la presentan en la región de la cabeza. Los datos anteriores tienen similitud con el estudio realizado por Olney menciona el cual menciona que el 25% de los niños evaluados presentan entre 1-2 tipos fracturas derivadas de la densidad mineral ósea. Con su localización similar en miembros superiores(115). Además en cuanto al sexo el mayor porcentaje de fractura la han tenido los hombres datos que son similares al estudio realizado por Juan Pablo Martínez-Cano(116) donde de la población colombiana el 65,6% de la personas que han presentado algún tipo fractura son hombres.

El consumo de medicamentos y suplementos nutricionales Puede estar relacionado con el estado de salud de los escolares. Ya que en esta investigación se obtuvo que el 15,5% de los escolares consumen suplementos nutricionales, el 10,6% consumen algún tipo de medicamento, entre estos medicamentos encontramos los AINES con un mayor porcentaje de 6,3% seguido de antihistamínicos con 3,4% y el 1,0% fármacos respiratorios, por otro lado el 89,4 no consume ningún tipo de medicamento, el estudio realizado por Barbosa Santos et al, (117) permite decir que la población del presente estudio pueden presentar un buen estado de salud, cabe resaltar que este estudio presenta diferencias en cuanto al tamaño de la muestra y el porcentaje de consumo de medicamentos el cual es superior al 45% .entre hombre y mujeres.

Según la OMS(118) La inactividad física es un factor de riesgo considerable para enfermedades crónicas no transmisibles o del sistema osteo muscular , son muchos los países del mundo donde la actividad física va en descenso, en el ámbito mundial el 23% de los adultos y el 81% en los escolares y adolescentes no realizan actividad física

Consecuentemente con lo mencionado por la OMS la variable nivel de actividad física en el presente estudio muestra que el mayor porcentaje con un 60,9% de la población evaluada son físicamente inactivos valores que se relacionan a los ministerio de salud español (119) donde la prevalencia de la inactividad física conlleva al sobrepeso y la obesidad con valores en un 26,3% y el 13,9%, respectivamente en la población española evaluada.

En cuanto a nivel de actividad física en función de la edad este estudio revela que la población más activa esta entre las edades 11- 13 años dato que no se relaciona con el estudio realizado por Teresa de Jesús et al, (120) donde muestra que el 58,6% de la población entre 10 a 14 años son lo que menos realizan actividad física. Al contrario, el presente estudio evidenció que el 46,9% presenta una mayor actividad entre los 10 – 14 años, además muestra que a medida que aumenta la edad aumenta el nivel de actividad física hasta los 14 años, punto donde se muestra que a mayor edad existe una disminución de actividad física para los dos sexos. Dato que se relaciona con el estudio de López-Sánchez(121) donde evidencia que el 83% de los estudiantes entre 10 y 13 años son físicamente activos tanto como en España e india, mostrando una disminución gradual del nivel de actividad física conforme aumenta la edad

Referente al componente antropométrico para la variable longitud de antebrazo derecho se encuentra un promedio de $19,4 \pm 2,5800$ cm y longitud de antebrazo izquierdo con una media de $19,3 \pm 2,5160$ cm datos que se asemejan en el estudio realizado por Zapata et al (125) donde son evaluados 1.035 escolares encontrando una media para longitud de antebrazo derecho de 21,73 cm, cabe resaltar que en este estudio no se toma la longitud de antebrazo izquierdo. para variable peso en este estudio se encontró un promedio de

47,1kg \pm 12,4 Kg y altura vertical de 150 cm \pm 12,8 cm, valores que se alejan a los resultados de Ángeles Aguilera-Barreiro(122) donde la media de la altura vertical es de 158 \pm 0,06 en su población de estudio.

Así mismo se obtiene la altura sentado con un promedio de 77,2cm \pm 9,559 cm, datos que se acercan al estudio de la universidad nacional de Colombia(123) donde realizan una revisión sistemática sobre los promedios de altura sentado en escolares, cabe resaltar que el tipo de estudio y la muestra no son similares a la presente investigación. En el estudio realizado por la universidad nacional Se obtiene un valor de media de 63,1 cm mostrando una diferencia de 15,9 cm al estudio presente.

En la variable IMC se encontró un promedio de 20,6 \pm 4,0 kg/cm² clasificándose en intervalo normal según lo planteado por la OMS(18) valores iguales en el estudio planteado por Constanza Palomino et al, (124) en el cual encontró un promedio de IMC 20,6 kg/cm² clasificado como peso normal. Se puede observar que los valores del IMC del estudio coinciden con la investigación presente posiblemente por similitud en las muestras. Por el contrario un estudio planteado por Oyarzún et al, (125)en el cual indicó un promedio de IMC 28,5 kg/cm² presentando una clasificación según la OMS de sobrepeso, es de resaltar que el número de evaluados no correlaciona con el estudio presente, el cual puede ser un determinante para obtener valores diferentes en promedio del IMC.

Para la variable diámetro de fémur se encontró un valor de media 8,28cm \pm ,7319 cm. Un estudio realizado por Brito et al, (116) a una muestra total de 114 estudiantes universitarios obteniéndose un promedio de diámetro de fémur de 9,5 esta medida es semejante a la del presente estudio resaltando que muestra es totalmente diferente.

Para la variable distribución de la densidad mineral ósea (DMO) según el sexo y la edad de la población evaluada, se encontró un rango mínimo de 0,62g/cm², rango máximo de 1,13 g/cm² y una media de 0,82 \pm 0,11 g/cm², Evidenciando que los escolares hombres entre los 8 -13 años y mujeres entre los 8 -11 años presentan un DMO progresivo, presentándose

después una disminución del DMO y normalizándose entre los 15- 16 años de edad. Otros estudios sugieren que la DMO no presenta disminución al aumentar la edad como el estudio de Redon et al(117) donde se evalúan 66 casos con 43 niños y 23 niñas de edades de (2.0 a 14.5 años) presentando un DMO positivo al mismo tiempo que aumenta la edad. O el estudio de Lopez et al (110) donde indica que el valor del DMO son positivos a medida que avanza la edad encontrado el mayor punto de concentración del DMO entre la edad de 13 a 17 años.

Para la variable distribución de la velocidad pico de crecimiento (PVC) según el sexo y la edad de la población de estudio, se encuentra un aumento positivo para la velocidad de pico de crecimiento tanto para hombres y mujeres acorde a su edad. Para el caso de los hombres se muestran un (PVC) negativo entre los 8- 13 años de edad y positivo entre los 14 -16 años, para el caso de las mujeres se muestra un (PVC) positivo desde los 12 años de edad. En cuanto a la edad de maduración biológica la presentan primero las mujeres a la edad de 12 años seguido de los hombres a los 14 años de edad, mostrando una diferencia en tiempo de 2 años, datos que se relaciona parcialmente en la cual se encuentra una relación negativa entre los 8 y 13 años de edad , un (PVC) entre los 13 y 14 años para hombres Semejanza encontrada con el estudio presente, a diferencia de lo anterior el PVC de la mujeres no se evidencia para la población estudiada, el tamaño de muestra no es similar al estudio presente.

Para la asociación entre nivel de actividad física y variables sociodemográficas se encontró que existe una asociación significativa con la variable sexo, dando negativas para las demás variables datos que no presentan una relación con el estudio de González et al (119) donde los resultados muestran que el estrato socioeconómico es un factor que se asocia con el nivel de actividad física y la salud de la población evaluada. caso distinto de un estudio realizado por González de Mesa (120) en el cual menciona que existe un diferencia significativa para la variable sexo y nivel de actividad física, mencionando que el mayor porcentaje lo realizan el sexo hombre datos que se relacionan con el presente estudio siendo un 69,13% para hombres.

Para la variable DMO y variables del estudio se encontró que los resultados son positivas y estadísticamente significativos, presentando un coeficiente de relación alto para todas las variables excepto para la variable diámetro de fémur. Dato similar que menciona Correa Rodríguez(86) donde relaciona el peso con el porcentaje del DMO, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.001$ y $p < 0.05$, respectivamente) dato que se encuentra en el presente estudio donde el DMO tiene una correlación positiva frente al peso. Otros autores como Del Río (122), presentan similitud en la correlación entre peso, edad, altura vertical, longitudes de antebrazos y por último el pico de crecimiento óseo, resaltando la negatividad de la relación entre el DMO y diámetro de fémur teniendo en cuenta que muestra no es igual, al mismo tiempo que la distribución de la edad la cual no es similar al presente estudio. Otros estudios argumentan que el PVC y la edad son factores que promueven la predicción del DMO en personas de baja edad. Además, muestran su bajo costo referente al valor de una adsorciometría dual. La variable peso, IMC altura vertical tienen cierto sentido en tener relación con el DMO teniendo en cuenta que el sistema óseo es aquel que soporta las diferentes cargas axiales, tracciones o aplastamientos en las actividades deportivas descritas (125)

Para el modelo predictivo se encuentra un ajuste global de 66,3% con una sig $< 0,05$ lo cual permite estimar el DMO en la población entre 8 y 16 años de la ciudad Cali con las siguientes variables: edad, altura vertical en centímetros, altura sentado, longitud de antebrazo derecho como izquierdo y el PVC.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio se puede mencionar que múltiples variables con las antropométricas pueden ser un determinante de bajo costo de fácil acceso para estimar el DMO en escolares, datos que pueden ser apreciados para la estimación del DMO en otras poblaciones. La OMS plantea hacer seguimientos en las edades tempranas, la cual nos permite detectar o predecir futuras alteraciones en la salud. Se podría decir que estimar el DMO permitiría acercarnos un poco más a todos los factores que pueden afectar la salud en nuestra población colombiana.

12 CONCLUSIONES

- Para la investigación se contó con un total 207 escolares entre los 8 y 16 años de edad, de los cuales 142 de colegios públicos y 65 de colegios privados. En su mayoría pertenecen al estrato socioeconómico bajo con 63,8%, estrato medio 30,9 % y estrato alto con 5,3%. Estos escolares se encuentran cursando de grado 1 a grado 11, en este estudio se encontró que el 79,7 % no han tenido fracturas, el 10,6% consume medicamentos y el 84,5% no consumen suplementos nutricionales.
- En cuanto al nivel de actividad física evaluado con el cuestionario PAQ-C se encontró que en general el los escolares se encuentra en un nivel de actividad física bajo siendo este un 51,2% de los encuestados, teniendo en cuenta que ambos sexos son físicamente inactivos cabe resaltar que las mujeres presentan un mayor índice de inactividad, sin embargo, se encontró que para ambos sexos a medida que aumentaba la edad aumenta la actividad física
- Para los valores antropométricos se encontró que los escolares están en una clasificación según la OMS peso 47,1 kg - IMC de 20,6 kg/m² como normal. otros datos a resaltar es la altura vertical con un promedio de 150 cm \pm 12,8 cm altura sentada 77,2 cm \pm 9,5 cm longitud de antebrazo derecho con 19,4 cm, longitud de antebrazo izquierdo 19,3 cm, diámetro de fémur 8,2 cm y longitud de MMI con 72,9 cm
- La distribución del PVC en hombres es positiva entre los 14 y 16 años de edad alcanzando su pico a los 14 años, para las mujeres es positivo desde los 12 a 16 años edad alcanzando su pico a los 12 años.
- En la asociación nivel de actividad física y variables sociodemográficas se evidencia que existe diferencia significativa solo para sexo con el valor de sig 0,012*. se encuentra correlación fuerte y positiva entre el DMO para las variables antropométricas.
- Se estableció que para predecir el DMO en escolares entre 8 y 16 años de edad de la ciudad Cali se puede determinar teniendo en cuenta las variables edad,

altura vertical, altura sentado, PVC, longitud de antebrazo derecho, longitud de antebrazo izquierdo. mujer tiene en promedio un DMO menor 0,028 g/cm² que el hombre, y finalmente, que a mayor PVC , el DMO será menor en 0,012 g/cm².

13 RECOMENDACIONES

A partir de este proyecto que especifica la salud ósea de los niños y adolescentes de la ciudad de Santiago de Cali, debe darse prioridad en los centros educativos de la ciudad a los procesos de promoción de la salud y prevención de enfermedades en niños y adolescentes, teniendo en cuenta la importancia de la reserva ósea adquirida en estas edades y su importancia a futuro. Por estas razones es necesario que los entes gubernamentales fortalezcan la promoción de la salud ósea en estas poblaciones. Lo anterior de igual forma debe permitir aspectos como:

Socializar los resultados obtenidos ante la Secretaria de Educación de Santiago de Cali, y con las instituciones educativas en general de la ciudad, dando gran relevancia a los aspectos relacionados con la obtención del DMO como elemento de fácil acceso y bajo costo. Esto posibilitará la capacitación a docentes de educación física, entrenadores, orientadores de actividad física y afines, en el uso de herramientas que ayuden a predecir la salud ósea de los escolares.

Algunos de los hallazgos del presente estudio muestran que la población escolar evaluada es activa por tanto es necesario seguir impulsando políticas y procesos que ayuden a masificar adecuados estilos de vida entre ellos la práctica de actividad física en los escolares y sobre todo incentivar a una práctica mucho más estructurada para elevar los niveles de la misma. Este debe convertirse en una cuestión relevante sobre todo en la clase de educación física en las diferentes instituciones educativas.

Promover la utilización de modelos predictivos para pronosticar la edad en la cual se produce la velocidad pico de crecimiento en escolares. Este tipo de pronósticos permitiría un mejor abordaje a nivel biológico, psicológico y social tanto en el ámbito del rendimiento escolar como el deportivo. Lastimosamente este tipo de valoraciones no se lleva a cabo ni a nivel educativo como tampoco clínico, evitando una mejor atención de los escolares involucrados en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en el sistema de salud. En este contexto, se

sugiere implementar asiduamente este tipo de pronósticos, lo cual redundaría en una mejor comprensión de los fenómenos de cambio que viven día a día los escolares de nuestra región.

De igual forma el estudio sobre predictores de la salud ósea muestran que las variables sexo, edad, peso, Índice de masa corporal, Longitud brazo derecho, altura sentado, pico de velocidad de crecimiento (PVC) y diámetro de fémur son las que explican el modelo, por tanto se hace necesario seguir trabajando en la relación entre la actividad física y estas con la intencionalidad de romper los paradigmas que frente a las mismas se vienen desarrollando ya que es una necesidad que los escolares en su proceso de crecimiento no abandonen la práctica de actividad física.

Continuar con estudios similares en la temática que tengan la posibilidad de medir la DMO por método DEXA con la intención de establecer comparaciones entre los dos métodos que permitan un abordaje seguramente más rápido y económico. Así mismo que aborden la actividad física ligada al rendimiento muscular como posibilidad de hacer más sensible para encontrar relaciones positivas entre la actividad física y la DMO, este elemento objetivo puede llegar a mostrar mejores resultados frente al autoreporte de actividad física utilizado en la presente investigación.

Continuar estudios en esta población donde se pueda anexar la nutrición de la población para obtener datos más positivos y acercados a la estimación de la densidad mineral ósea.

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. Mans, Gordon CM. Pediatric osteoporosis: where are we now?. *J Pediatr.* 2012; 161:983–990.
8. 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.
9. Stagi S, Cavalli L, Iurato C. Bone health in children and adolescents: the available imaging techniques. *Bone metab.* 2013; 10:166–171.
10. Loomba-albrecht ID, Styne DM, Effect of puberty on body composition, *curr. opin. endocrinol. diabetes. obes.* 16, 2009; 10–15. doi:10.1097/med.0b013e328320d54c.
12. Sopher AB, Fennoy I, oberfield S.E, An update on childhood bone health: mineral accrual, assessment and treatment, *curr. opin. endocrinol. diabetes. obes.* 22, 2015; 35–40. doi:10.1097/med.000000000000124.
13. Gliden NH, Abrams NS. Optimizing bone health in children and adolescents, *pediatrics.* 2014; 134-145. doi:10.1542/peds.2014-2173.
14. Pekkinen M, Viljakainen H, Saarnio E, Lamberg-Allardt C, Mäkitie O. Vitamin d is a major determinant of bone mineral density at school age, *plos one.* 7 2012; 134-145. doi: 10.1371/journal.pone.0040090.
15. Sawyer AJ, Bachrach LK, Fung EF. Bone densitometry in growing patients: guidelines for clinical practice. Totowa, New Jersey: humana press; 2007, 13-23.
16. Horlick M, Wang J, Pierson JR. Prediction models for evaluation of total-body bone mass with dual-energy X-ray absorptiometry among children and adolescents. *Pediatrics*, 2004 Sep;114(3); 337-45. doi: 10.1542/peds.2004-0301
17. 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.

19. 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.
20. Baxter-Jones AN, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DAa. 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.
21. Ackerman K, Misra M. Bone health in adolescent athletes with a focus on female athlete triad. *phys sportsmed.* 2011;39(1):131-141.
22. Bachrach LB, Sills in. clinical report-bone densitometry in children and adolescents. *pediatrics.* 2011;127
23. Yeste D, Campos MC, Fábregas A, Soler LA. Osteoporosis en pediatría. *rev esp endocrinol pediatr* 2017; 8 (supl). 73-85
24. 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
25. Rojano MD, Aguilar MG, López MG, Cortés EL, Hernández CM, Canto CT. Risk factors and impacto on bone mineral density in postmenopausal Mexican mestizo women. *menopause* 2011;18(3):302-06
26. Waugh EJ, Lam MA, Hawker GA, McGowman J, Papaioannou A, 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; 20:1-2
27. Secien-Palacin JA, & 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
28. WORLD HEALTH ORGANIZATION (OMS). Report of a who consultation on obesity. Reventing and managing the global epidemic. who, Genebra, 1998
29. Peña A. Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis. *rehabilitación*, 37(6), 2003; 339-53.
30. Karlsson M, Nordqvist A, & Karlsson C. Physical activity increases bone mass during growth. *food & nutrition research*, 2008; 52, 10.3402/fnr.v52i0.1871
31. Arango E. ¿Tiene el ejercicio algún efecto benéfico en el mantenimiento y recuperación de la salud ósea? en Patiño F & Márquez J, *actividad física y*

ejercicio físico en salud: retos en un contexto globalizado, 2009: 95-109.
Medellín: funámbulos editores.

32. Hhui,S, Slemenda C, & Johnston C. Age and bone mass as predictors of fracture in a prospective study. *journal of clinical investigation*,1988; 81, 1804-9.
33. 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
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. Affinito P, Tommaselli GAa, Di Carlo C, Guida G, 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.
39. 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.
40. 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.
41. Polatti F, Capuzzo E, Viazzo F. Bone mineral changes during and after lactation. *Obstetrics & Gynecology* 1999; 94: 52- 56.
42. 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: Sessment Of Skeletal Health*. 2008; 11(1): 43e58

43. 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
44. 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.
45. 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
46. 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
47. Boot AM, Ridder MAJ, Pols Happ, Krenning EP, Muinck Keizer-Schrama SMF. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab*. 1997; 82:57–62
48. Llin L. a note on the concordance correlation coefficient. *biometrics*. 2000; 56: 324–325.
49. 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.
50. Gonçalves 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
51. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. organización mundial de la salud. obtenido de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/> (5 de 1 de 2017).
52. Peña A. Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis. *rehabilitación*. 2003; 37(6), 339-53).

53. Reuter C, Stein C, Vargas D. Massa óssea e composição corporal em estudantes universitários. revista da associação medica do brasileira. 2012; 58 (3), 328-34.
54. Davies JH, Evans BA, Gregory JW. Bone mass acquisition in healthy children. arch dis child. 2005; 90: 373-78.
55. Sopher AB, Fennoy I, Oberfield se. anupdateonchildhoodbone health: mineral accrual, assessment and treatment. curr opin endo- crinol diabetes obes. 2015; 22: 35-40.
56. 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.
57. Moreno LA, Gracia-Marco L. Prevención de la obesidad desde la actividad física: del discurso teórico a la práctica. anales de pediatria. 2012;77(2):136–248
58. Cooper C, Campion G, Melton LJ. Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. osteoporosis international. 1992; 2:285-9.
59. Gracia-Marco L, Rey-López J, Santaliestra-Pasías A, Jiménez-Pavón D, Díaz L, Moreno L. Sedentary behaviours and its association with bone mass in adolescents: the helena cross-sectional study. BMC public health. 2012;12(1):971.
60. Vicente-Rodríguez G, Ortega FB, Rey-López JP, España-Romero V, Blay YA, Blay G, et al. Extracurricular physical activity participation modifies the association between high tv watching and low bone mass. bone. 2009; 45:925–30.
61. 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.
62. 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.
63. 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.

64. Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *obesity reviews*. 2004;5(s1):4-85.
65. 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.
66. Lehtonen-Veromaa M, Mottonen T, Nuotio I, Heinonen OJ, Viikari J. Influence of physical activity on ultrasound an dual-energy x-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: a crosssectional study. *calcif tissue int* 2000; 66:248–254.
67. Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *rheum dis clin north am*. 2001; 27:131-41.
68. Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral
69. accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *j bone miner res*. 2011;26(8):1729–39.
70. Ackerman K, Misra M. Bone health in adolescent athletes with a focus on female athlete triad. *phys sportsmed*. 2011;39(1):131–141.
71. 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.
72. 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.
73. Grampp S, Genant HK, Mathur A, Lang P, Jergas M, Takada M. Comparisons of noninvasive bone mineral measurements in assessing age-related loss, fracture discrimination, and diagnostic classification. *j bone miner res*. 1997; 12: 697-711.
74. 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.
75. Gómez Alonso V. 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, RPR, Editors. nuevas fronteras en el estudio de la densidad ósea en la población española. Alcorcón, Madrid: Edimsa 1996; 73-94.

76. 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.
77. Gihan YA, Essam EA, Waleed HA, Nagah MA , Eglal HAG. 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
78. Hao Zu, JJa-Xuan Chen, Tian-Min Zhang, JJan Gong, Qiu-Lian Wu, JJu-Ping Wang. Correlation between hand and total body bone density in normal chinese children. *bone* 41 (2007) 360–365
79. ISAK. INTERNATIONAL STANDARDS FIR ANTRHOPOMETRICS ASSESSMENTS. UNERDALE: ISAK. [sitio en internet]. 2001. disponible en: <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=>.
80. Sillero Quintana M. Kineantropometría. texto guía. facultad de ciencias de actividad física y del deporte I.N.E.F. (Madrid– España). 2005- 2006. Universidad politécnica.
81. Monzales 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>.
82. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinantropometría. pruebas fisiológicas del atleta de élite; *human kinetics* : Champaign, IL, EE. UU., 1991; 223-308
83. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen BP. Una evaluación de la madurez a partir de mediciones antropométricas. *medicina y ciencia en deportes y ejercicio*. 2002; 34: 689-694
84. Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. Human growth and development. en: *the Cambridge encyclopedia of human growth and development*. Cambridge university press. Cambridge, 1998.
85. Eaver CM. Calcio en: Brown B, & Rossel R. Conocimientos actuales sobre nutrición. capítulo 26. octava edición. Washington. organización panamericana de la salud, Ilsi Press; 2003: 297-305.
86. 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.

87. Gooren L. osteoporosis and sex steroids. *JMHG*; 2007; 4:192-198.
88. Manson JE, Steven A. Abrams JF, Aloia, PM, Brannon SK, Clinton RA, Durazo A RL. Gallo Glenville J, Christopher SK, Clifford JR, & Sue AS. 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.
89. 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.
90. 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.
91. 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.
92. 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.
93. Ortega RM, Requejo AM, López-Sobaler AM, Andrés P, Quintas ME, Navia B. The importance of breakfast in meeting daily recommended calcium intake in a group of schoolchildren. *j am coll nutr* 1998; 17: 19-24.
94. Serra-Majem L, Ribas-Barba L, Salvador G, Jover L, Raidó B, Ngo J. Trends in energy and nutrient intake and risk of inadequate intakes in catalonia, spain (1992-2003). *public health nutr* 2007; 10: 1354-1367.
95. Ortega RM, Requejo AM, Navia B, Quintas ME, 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.
96. 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. 8-20. Madrid, 2007.
97. 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.

98. Janz K. Physical activity and bone development during childhood and adolescence. implications for the prevention of osteoporosis. *minerva pediatri* 2002; 54: 93-104.
99. 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.
100. Muñoz L, Barrios L, Garrido JA. Ejercicio físico y masa ósea en adolescentes deportistas. *rev esp pediatri* 2003;59(1):61-69
101. 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.
102. Muñoz MT, Garrido G. Aspectos nutricionales y endocrinológicos en adolescentes deportistas. *rev esp pediatri* 2001; 57 (2): 106-120.
103. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Recommended dietary allowances*. 10 th edition. national academy of press. washington dc; 1989: 24-38.
104. 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.
105. 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.
106. Henderson NK, White CP, Eisman JA. The roles of exercise and fall risk reduction in the prevention of osteoporosis. *Eendocrinol Metab clin north Amer* 1998; 27: 369-387.
107. Heany RP. Pathophysiology of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Amer* 1998; 27: 255-265.
108. 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.
109. 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.

110. Herazo-Beltrán AY & Domínguez-Anaya R. Confiabilidad del cuestionario de actividad física en niños colombianos. *Rev. Salud pública.* 14 (5): 802-809, 2012
111. Martínez GD, Martínez DY, Pozo T, Welk GJ, Villagra A, Calle ME. Fiabilidad y validez del cuestionario de actividad física paq-a en adolescentes españoles. *rev. esp salud pública.* 2009; 83 (3): 427-439.
112. Brailey 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.
113. Suárez cortinaa L, Moreno villares JM, Martínez suárezc JB, Aranceta bartrinad J, Dalmau serra J, Gil-Hernández G. Ingesta de calcio y densidad mineral ósea en una población de escolares españoles (estudio cado). [cited 2020 jun 27]; available from: <https://www.analesdepediatria.org/es-pdf-s1695403310003103>
114. DANE. Boletín técnico educación formal (educ) 2018 [internet]. [cited 2020 jun 27]. available from: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/educacion/bol_educ_18.pdf
115. Galindo Zavala R, Núñez Cuadros E, Martín Pedraz L, Díaz-Cordovés Rego G, Sierra Salinas C, Urda Cardona A. Baja densidad mineral ósea en artritis idiopática juvenil: prevalencia y factores relacionados. *an pediatría* [internet]. 2017 oct 1 [cited 2020 jun 27];87(4):218–25. available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S169540331730007>
116. Roldán González EA. Relación de sobrepeso y obesidad con nivel de actividad física, condición física, perfil psicomotor y rendimiento escolar en población infantil (8 a 12 años) de popayá. [cited 2020 jun 27]; available from: <https://revmovimientocientifico.iberu.edu.co/article/view/mct.07107/98>
117. Alonso JC, Arcos MA, Solano JA, Llanos RV, Gallego AI. Una mirada descriptiva a las comunas de cali. [cited 2020 jun 27]; available from: https://www.icesi.edu.co/centros-academicos/images/centros/cienfi/libros/mirada_descriptiva_comunas_cali.pdf
118. Torres Ibarquén TM. 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. [cited 2020 jun 27]; available from: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10193/torresjairo2018.pdf?sequence=1&isallowed=y>

119. MINISTERIO DE EDUCACIÓN. EDUCACIÓN EN COLOMBIA. [cited 2020 jun 27]; available from: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articulos-356787_recurso_1.pdf
120. Mazur JM, Pike LM, Froyen MK, Ramirez-Garnica G, Loveless EA. *Pediatrics* : (Barcelona). [internet]. vol. 65, pediatrics. ediciones doyma; 2008 [cited 2020 jun 27]. 237–244 p. available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-ninos-sanos-con-fracturas-frecuentes-13123787>
121. Martínez-Cano JP, Zamudio-Castilla L, Mantilla JC, Caicedo DC, Vernaza Obando D, Martínez Rondanelli A. Fracturas en niños: experiencia en un centro de alta complejidad del suroccidente colombiano. *rev la univ ind santander salud* [internet]. 2019 oct 1 [cited 2020 jun 27];51(4):309–15. available from: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/9982/10015>
122. Barbosa Santosi D, Lima Barretoii M, Luna Coelhoiii EL. Drug use and associated factors in children living in poor areas. [cited 2020 jun 28]; available from: https://www.scielo.br/pdf/rsp/v43n5/en_1169.pdf
123. OMS | actividad física. who [internet]. 2017 [cited 2017 sep 29]; available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/es/>
124. MINISTERIO DE SALUD ESPAÑOL. Actividad física y salud en la infancia y la adolescencia. [cited 2020 jun 28]; available from: <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/proteccionasalud/adultos/actifisica/docs/actividadfisicasaludspanol.pdf>
125. Meza Hernández, MT, Dorantes pineda CD, Ramos Ibáñez N, Ortiz-Hernández O. Physical activity in a group of school children in mexico city: associated factors and cutoff points measured by accelerometry. [cited 2020 jun 28]; available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bmim/v70n5/v70n5a6.pdf>
126. López Sánchez GF, ahmed MD, Borrego balsalobre FJ, López Sánchez L, Díaz Suárez A, Nivel de actividad física habitual en escolares de 8-9 años de españa e indiai. [cited 2020 jun 28]; available from: <https://www.redalyc.org/pdf/2370/237043581003.pdf>
127. Aguilera-barreiro MA, Dávalos-vázquez KF, Jiménez-Méndez C, Jiménez-Mendoza C, Olivarez-Padrón LA & Rodríguez-García MG. 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. [cited 2020 jun 28];5–9. available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v29n6/27originalvaloracionnutricional01.pdf>

128. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Sede Bogotá. Antropométricas infantiles. [cited 2020 jun 28]; available from: http://bdigital.unal.edu.co/3488/1/ruiz_manuel%2c_tablas_antropometricas.pdf
129. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity : preventing and managing the global epidemic : report of a who consultation. world health organization; 2000. 253 p.
130. Palomino-Devia C, González-Jurado JA. Vista de composición corporal y condición física de escolares colombianos de educación secundaria y media de ibagué [internet]. [cited 2020 jun 28]. available from: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/3455/3619>
131. Oyarzún MF, Barja S, Domínguez MA, Arnaiz P, Mardones F. Lactancia materna, obesidad y síndrome metabólico en la edad escolar. rev chil pediatría [internet]. 2018 [cited 2020 jun 28];89(2):173–81. available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0370-41062018000200173
132. Brito V, Contreras T, Barreto J. Análisis de la composición corporal en estudiantes de la carrera de cultura física de la universidad de cuenca 2015body composition analysis in students of the school of physical culture at the university of Cuenca 2015. [cited 2020 jun 28]; available from: <https://publicaciones.ucuen.ca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1614/1267>
133. Redon-tavera A, Rodríguez-Madrid R, León-Hernández SR, Díez-García P, Becerra-Lunaii L. Densidad mineral ósea, estado nutricional y fracturas de huesos largos en niños. [cited 2020 jun 29]; available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/ir-2014/ir144c.pdf>
134. Rediris A. Muévete Chile. revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte. [internet]. [cited 2020 jun 29]. available from: <https://docplayer.es/83438923-luis-benavides-roca-grupo-de-investigacion-muevete-chile-chile.html>
135. González S, Sarmiento O, Ramírez A. Niveles de actividad física de la población colombiana: desigualdades por sexo y condición socioeconómica. [cited 2020 jun 29]; available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v34n3/v34n3a14.pdf>
136. González -González de mesa C, Cuervo Tuero C, Cachón zagalaz J, The relationship between demographic variables, physical exercise practice and perception of the body image of undergraduate student teachers. [cited 2020 jun 29]; available from: <https://www.redalyc.org/pdf/3457/345743464018.pdf>

137. Correa Rodríguez M, Rueda Medina B, González Jiménez E, Flores Navarro Pérez C, Schmidt-Rio Valle J. Los niveles de mineralización ósea están influenciados por la composición corporal en niños y adolescentes. *nutr hosp* [internet]. 2014 [cited 2020 jun 29];30(4):763–8. available from: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0212-16112014001100006
138. Del Rio A, Carrascosa F, Bone mineral density of the lumbar spine in white mediterranean spanish children and adolescents: changes related to age, sex, and puberty. [cited 2020 jun 29]; available from: <https://www.nature.com/articles/pr1994229.pdf>
139. Silvatamara C, Goldbergaltamir S, Teixeira C, Dalma J. Un análisis predictivo de la densidad mineral ósea entre adolescentes varones eutróficos brasileños [internet]. [cited 2020 jun 29]. available from: https://www.researchgate.net/publication/7152884_a_predictive_analysis_from_bone_mineral_density_among_eutrophic_brazilian_male_adolescents
140. Velázquez Buendía R. El deporte moderno. consideraciones acerca de su génesis y de la evolución de su significado y funciones sociales [internet]. [cited 2018 oct 19]. available from: <http://www.efdeportes.com/>
141. Zapata DM, Hernández E, Mancera E, Preciado D, Sanjuanelo D. Caracterización del índice de masa corporal en escolares que participaron dentro del programa de deporte escolar 40x40 en Bogotá, DC. *rev. fac. med.* 2016; 64 supl: s119-26.

15 ANEXOS

Anexo 1 Formato De Consentimiento Informado Para La Participación En Investigaciones

Investigación: Actividad física y salud ósea en escolares entre 8 y 16 años de la ciudad de Santiago de Cali.

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. Evaluación de la DMO por antropometría.

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 Santiago de Cali.

CIUDAD DE LA VALORACIÓN: _____

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					
Patínaje 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 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.

- a. Toda o la mayor parte de mi tiempo libre se dedicó a hacer actividades que suponen poco esfuerzo físico.
- b. A veces (1o 2 veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre (por ejemplo, jugué deportes, fui a nadar, monté bicicleta, hice ejercicios aeróbicos).
- c. A menudo (3 a 4 veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre.
- d. Bastante a menudo (5 a 6 veces la semana pasada) hice actividades físicas en mi tiempo libre.
- e. 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:		
Hacer algo de actividad física después de la escuela la mayoría de los días entre semana	SI	NO
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 ANTROPOMÉTRICA (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).

IC
 $IC = (ES/TS) * 100$
 Donde:
 IC = Índice Cormas
 TS = Talla sentado en cms
 E = Estatura de pie en cms

IRMI
 $IRMI = ((ET-ES)/ES) * 100$
 Donde:
 ET = Estatura total en cms
 ES = Estatura sentado en cms
 ET-ES = Longitud del miembro inferior (LMI)

IMC - IP
 $IMC = M / (E^2)$
 Donde:
 M = masa
 Est = Estatura

IP
 $IP = \frac{E}{\sqrt{M}} = \frac{E}{M^{0.5}}$

TS
 TI

José Piceto

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.

Radial - Estilión



- Brazo levemente rotado y antebrazo levemente pronado.
- Longitud del antebrazo
- Distancia entre punto radial y estilión.

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

