



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

**Ft. VIVIANA MARCELA CELIS QUINAYÁS
Ft. ANDRÉS FELIPE MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE SALUD
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE
POPAYAN
2020**

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

Autores

Ft. VIVIANA MARCELA CELIS QUINAYÁS

Ft. ANDRÉS FELIPE MUÑOZ

**Proyecto de grado como requisito para optar el título de Magíster en
Actividad Física y Deporte**

Directores

Dr. JOSÉ ARMANDO VIDARTE CLAROS

Dra CONSUELO VÉLEZ ÁLVAREZ

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE SALUD
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE
POPAYAN
2020**

DEDICATORIA

Hacemos esta dedicatoria primero a Dios por darnos la vida y todas sus bendiciones, a nuestros padres por ser el apoyo constante de nuestras vidas profesionales, a nuestros seres queridos, allegados y a los docentes que con su paciencia y pedagogía nos permiten seguir formándonos en nuestras profesiones, a todos ellos dedicamos este gran logro.

Ft. Viviana Marcela Celis Quinayás

Ft. Andrés Felipe Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los docentes y administrativos de la universidad autónoma de Manizales por su acompañamiento y orientación en este proceso, son ustedes los que nos abrieron las puertas y nuevas posibilidades en nuestra carrera profesional, es valioso y gratificante decir que contamos con el mejor talento humano en nuestra formación de magister.

Al Dr. José Armando Vidarte Claros quien es el director del proyecto.

A los asesores: Dra. Consuelo Vélez Álvarez, Mag. José Hernán Parra Sánchez, Mag. Alejandro Arango, Mag. Héctor David Castiblanco. A ustedes mil gracias por estar de la mano de nosotros en todo momento.

A los colegios de Popayan, que nos dieron el permiso para el desarrollo de la recolección de la información del proyecto de investigación.

Ft. Viviana Marcela Celis Quinayás

Ft. Andrés Felipe Muñoz

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	11
2	ANTECEDENTES	12
3	ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
4	JUSTIFICACIÓN.....	19
5	REFERENTE TEÓRICO	22
5.1	SALUD ÓSEA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES	22
5.2	DENSIDAD MINERAL ÓSEA	23
5.2.1	Densitometría Ósea	24
5.3	ANTROPOMETRÍA	27
5.4	LA ACTIVIDAD FÍSICA Y SU RELACIÓN CON LA DENSIDAD MINERAL ÓSEA	28
6	OBJETIVOS.....	32
6.1	OBJETIVO GENERAL.....	32
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
7	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	33
7.1	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	33
7.2	TIPO DE ESTUDIO	33
7.3	POBLACIÓN.....	33
7.4	MUESTRA	33
7.4.1	Criterios De Inclusión.....	34
7.4.2	Criterios De Exclusión	34
7.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	34

7.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
7.7	PROCEDIMIENTO.....	44
7.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
8	RESULTADOS	46
8.1	ANÁLISIS UNIVARIADO.....	46
8.2	ANÁLISIS BIVARIADO.....	52
8.3	ANÁLISIS MULTIVARIADO	55
9	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
10	CONCLUSIONES.....	65
11	RECOMENDACIONES	67
12	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
13	ANEXOS.....	82

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. VARIABLES ASUMIDAS PARA EL MUESTREO.	33
TABLA 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
TABLA 3 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS.....	46
TABLA 4 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EVALUADA SEGÚN LA CONDICIÓN DE SALUD Y MEDICAMENTOS	47
TABLA 5 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN PARTICIPANTE SEGÚN EL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	47
TABLA 6 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.	48
TABLA 7 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN PARTICIPANTE ACORDE AL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA SEGÚN LA EDAD Y EL SEXO.	48
TABLA 8 DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS DE LA POBLACIÓN PARTICIPANTE EN EL ESTUDIO.....	49
TABLA 9 DISTRIBUCIÓN DEL DMO SEGÚN EL SEXO Y LA EDAD DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	50
TABLA 10 DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD PICO DE CRECIMIENTO (APVH) SEGÚN EL SEXO Y LA EDAD DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.	51
TABLA 11 RESUMEN DE LA ASOCIACIÓN ENTRE EL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA Y LAS VARIABLES SOCIO DEMOGRÁFICAS.	52
TABLA 12 PRUEBAS DE NORMALIDAD	52
TABLA 13 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL DMO Y VARIABLES DE ESTUDIO.	53
TABLA 14 RELACIÓN DEL DMO CON LAS VARIABLES DE ESTUDIO (U DE MANN-WHITNEY).....	54
TABLA 15 RELACIÓN DEL DMO CON LAS VARIABLES DE ESTUDIO (KRUSKAL- WALLIS).....	54

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	82
ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	84
ANEXO 3. PROTOCOLO POR ANTROPOMETRÍA	88

RESUMEN

En la investigación realizada se aborda la salud ósea en los escolares de la ciudad de Popayan; los objetivos que guiaron este proceso investigativo son los siguiente: caracterizar las variables sociodemográficas, antecedentes clínicos y uso de medicamentos de los participantes en el estudio; establecer los niveles de actividad física en los escolares participantes; establecer la densidad mineral ósea por antropometría de los participantes; establece la condición antropométrica de los participantes; estimar el modelo predictivo de la salud ósea en los escolares participantes.

Como metodología aplicada se presentó el tipo de investigación descriptivo – transversal, con una fase comparativa y predictiva. La población correspondió al total de escolares entre 8 y 16 años de los colegios públicos y privados de la ciudad de Popayan. Se establecieron los criterios de inclusión y exclusión; así mismo, se utilizaron técnicas e instrumentos equivalentes a técnicas de observación y aplicación de encuestas; al igual se estableció el plan de análisis, mediante el programa SPSS versión 24, licenciado por la Universidad Autónoma de Manizales. Los resultados acordes con la construcción de las variables sociodemográficas, antecedentes clínicos y uso de medicamentos de los participantes en el estudio; permitió conocer e identificar los siguientes aspectos: género, estrato socioeconómico, consumo de medicamentos y categoría de los mismos, niveles de actividades físicas en los escolares, densidad mineral ósea por antropométrica, entre otros.

Palabras claves: Actividad Física, Densidad mineral ósea, (Fuente: Dec`s)

ABSTRACT

The research carried out addresses bone health in schoolchildren in the city of Popayan; The objectives that guided this research process are the following: to characterize the sociodemographic variables, clinical history, and medication use of the study participants; establish the levels of physical activity in the participating schoolchildren; establish the bone mineral density by anthropometry of the participants; establishes the anthropometric condition of the participants; to estimate the predictive model of bone health in participating schoolchildren. As applied methodology, the type of descriptive - transversal research was presented, with a comparative and predictive phase. The population corresponded to the total of schoolchildren between 8 and 16 years of age in public and private schools in the city of Popayan. Inclusion and exclusion criteria were established; Likewise, techniques and instruments equivalent to observation techniques and application of surveys were used; Likewise, the analysis plan was established through the SPSS version 24 program, licensed by the Autonomous University of Manizales. Results consistent with the construction of sociodemographic variables, clinical history, and medication use of study participants; It allowed knowing and identifying the following aspects: gender, socioeconomic status, consumption of drugs and their category, levels of physical activities in schoolchildren, anthropometric bone mineral density, among others.

Keywords: Physical Activity, Bone Mineral Density, (Source: Dec`s)

1 PRESENTACIÓN

Abordar la temática que hace alusión a la actividad física respecto a la salud ósea en escolares de Popayan, describe detalladamente lo que se investigó y estructurando la investigación. Su contenido inicia con preliminares que incluye portada, resumen, abstract e introducción.

Posteriormente, se describen los antecedentes que hacen referencia a investigaciones similares del estudio; seguido del área problemática y pregunta, que muestra la situación que dio origen a la investigación, culminando con la pregunta; incluye la justificación que demuestra la importancia de resolver el problema de investigación. Para ello se establecen los referentes teóricos que inscriben el problema investigado dentro del conjunto de conocimientos, variables y teorías desarrolladas por investigadores, para lo cual hace referencia a la salud ósea en niños y adolescentes, diversidad mineral, ósea, densimetría ósea, antropometría, la actividad física y su relación con la densidad mineral ósea.

Se formulan los objetivos teniendo en cuenta las acciones que se realizaron para resolver el problema formulado; seguido de la estrategia metodológica, que tuvo como fin establecer cómo se llevó a cabo la investigación, diseñado detalladamente la estrategia para obtener la información y las actividades que le dieron respuesta a los objetivos planteados, incluye población, muestra, variables, criterios de inclusión y exclusión, técnicas e instrumentos, procedimientos, plan de análisis.

Se describen los resultados, con base en el análisis con los objetivos propuestos. Se culmina con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos complementarios del trabajo realizado.

2 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 BDMOec 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 BDMOec fue inferior al 5% (IC95%)(1).

En síntesis, se indica que la prevalencia de BDMOec 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 podría 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 Healdinas. 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, Cossio(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).

3 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, actuado 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 entre otras ⁷, poseen un alto contenido osteogénico, debido a las constantes fuerzas de reacción que se producen entre el niño y la superficie de juego, durante su desarrollo(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 energéticos y plásticos necesarios para la síntesis de la matriz del cartílago(1, 2). El aporte nutricional en los deportistas es determinante para su rendimiento profesional. Dicho aporte pudiera verse comprometido si no están bien informados sobre las que 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(2). Las necesidades energéticas de los deportistas infantiles y juveniles no han sido estudiadas. Los deportistas más jóvenes difieren de las edades superiores en cuanto a sus necesidades específicas, ya que necesitan un mayor porcentaje de grasa durante el entrenamiento(3, 4).

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 conlleva a 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 (5). 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 ósea (BMC) de niños y adolescentes en todo el mundo. Esto se debe a la 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(21). 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(22- 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 que pudo y estos apoyan la reproducibilidad de las ecuaciones propuestas y por tanto, con base en las cuatro ecuaciones para estimar la salud ósea, se desarrollaron percentiles para cada edad y sexo(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 Popayan?

4 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(30).

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 (24), 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(15).

De igual forma otra investigación demuestran 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(31-32). En este sentido la realización de la presente investigación busca evidenciar como los niveles de actividad física en los escolares 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 et al(30) 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(25, 26), 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 articuló 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 pretendió 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.

La viabilidad de ésta propuesta se expresó en que 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(33-35).

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(27). Por otra parte, se respetaron los derechos de autor de los diferentes insumos teóricos y evaluaciones utilizadas, citando las respectivas referencias bibliográficas.

5 REFERENTE TEÓRICO

5.1 SALUD ÓSEA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES

Al hablar de salud ósea es necesario tener presente como los estilos de vida juegan un papel importante en la etapa de crecimiento en los niños por cuanto desarrollan las bases para una buena salud en edades futuras. Una adecuada alimentación, descanso y ejercicio físico, son elementos esenciales para el desarrollo infantil. Llevar a cabo un estilo de vida activo en edades tempranas, participando en actividades físico-deportivo en las que se produzcan impactos y fuerzas que generen estímulos en la masa ósea, va a permitir garantizar un capital óseo mayor que asegure la reducción de problemas óseos en la etapa adulta(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 (28),, 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)(29, 30), 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(31,32).

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(33). 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 (34).

5.2 DENSIDAD MINERAL ÓSEA

La densidad mineral ósea (DMO) se refiere a la cantidad de minerales (por lo general, calcio y fósforo) que contiene cierto volumen de hueso. Este tejido es sensible a diversos estímulos mecánicos, principalmente a los resultantes de la gravedad y las contracciones musculares(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(35, 9).

Durante la fase de crecimiento, la DMO aumenta progresivamente en los hombres, llegando a alcanzar, al final de la adolescencia, cerca del 95% (36),, 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, 37).. 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(38).

Los métodos de cuantificación de la masa ósea más utilizados son los indirectos, entre los cuales se encuentran: la histología/histomorfometría, la micro tomografía y la micro resonancia magnética y los indirectos como la radiología simple (cualitativa), los índices radiológicos (Shing, Meunier), Radiogrametría Índices de Nordin-Barnet, Morgan, Técnicas densitométricas, técnicas densitometría fotónica dual (DPA), axiales: Tomografía

axial cuantitativa (QCT), la densitometría radiológica de doble energía (DXA) (columna lumbar, cadera), las técnicas de densitometría radiológica monoenergética periféricas: (SXA), Densitometría fotónica simple (SPA), DXA periférica (pDXA) (radio, calcáneo, falanges), Tomografía periférica cuantitativa (QCTp), Ultrasonidos cuantitativos (QUS) y Radiogrametría digital cuantitativa (QDR).

5.2.1 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(39).

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

Puntuación T = $DMO_{\text{sujeto}} - DMO_{\text{“pico de masa ósea”}} / \text{Desviación estándar del “pico de masa ósea”}$.

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

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)(1), 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 otras 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.(53), muestra como la densidad mineral ósea de la mano (DMO) en adultos se correlacionó significativamente con varios sitios esqueléticos, incluido el cuerpo total. Sin embargo, aún no se han explorado las relaciones entre las mediciones de la mano y del hueso corporal total para los niños. Se realizó un estudio corte transversal estudio de 892 niños chinos normales (511 varones, 381 mujeres)

de entre 5 y 14 años mediante la medición de la DMO y el contenido mineral óseo (BMC) en la mano total, extremidad superior, cuerpo subtotal y cuerpo total usando absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), encontrándose que la mano BMD y BMC aumentaron con la edad para ambos sexos. Las niñas tenían significativamente mayor BMD y BMC de la mano que los hombres. La edad explicó más varianza en la mano BMD. En este estudio se muestra la relevancia de la exploración DXA de mano como una herramienta nueva para la evaluación clínica del hueso y de la salud en los niños.

5.3 ANTROPOMETRÍA

La antropometría corresponde a la sub-rama 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(55, 56). 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 hipotetizaron que los años de velocidad pico de altura (PHV) basados en variables antropométricas, longitud del antebrazo y diámetro del fémur podrían predecir la salud ósea de niños y adolescentes. Además, la creación de percentiles basados en el método LMS pueden contribuir a diagnosticar, clasificar y monitorear BMD y BMC en función de la edad y el sexo partiendo tiene su relevancia en la medida que busca.

Lo anterior refiere entonces que serán variables del estudio desde la antropometría, la altura vertical, la altura sentada (altura del tronco cefálico), la longitud del antebrazo (m) o la distancia entre los puntos radial y estiloide, el diámetro del fémur biepicondilar (cm), bajo el ritrprotocolo estandarizado del “grupo de trabajo internacional de la cineantropometría” descrito por Ross y Marfell-Jones (57). 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(58).

5.4 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 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), 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(73), 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.

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

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

6.2 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.

7 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

7.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La investigación pertenece a los estudios de análisis descriptivo transversal con una fase comparativa y predictiva con un enfoque cuantitativo empírico analítico, que pretendió, a través de una regresión logística, estimar un modelo de pronóstico para salud ósea en los escolares entre los 8 y 16 años de edad pertenecientes a colegios públicos y privados de la ciudad de Popayan (Cauca) que cumplieran con los criterios de inclusión, los cuales fueron elegidos por aleatorización simple para la participación en la investigación.

7.2 TIPO DE ESTUDIO

Descriptivo- transversal con una fase comparativa y predictiva.

7.3 POBLACIÓN

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

7.4 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(30).

Tabla 1. Variables asumidas para el muestreo.

Variables	Media	DE	Var	ME	ME para Popayan	Tamaño muestras para Popayan
<i>Anthropometry</i>						
Edad cronologica	12.95	3,84	14,7456	0,45	0,44	292
Pico vvelocidad de crecimiento (PVC)			0			

Peso (kg)	51.84	18,94	358,7236	2,1	381	1,9
Altura vertical (cm)	151.72	19,25	370,5625	2	394	1,9
Altura sentado(cm)	79.47	9,98	99,6004	1,1	265	1,2
Longitud antebrazo (cm)	23.38	3,49	12,1801	0,4	292	0,4
Diametro del femúr (cm)	8.85	1,11	1,2321	0,12	328	0,12
Total						290

DE: Desviación estándar, Var: Varianza, 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.

7.4.1 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 la prueba física estar apto para su desarrollo.
- Los colegios seleccionados para la valoración de los estudiantes contó con 50 o más alumnos matriculados y registrados en la Secretaria de Educación Municipal.

7.4.2 Criterios De Exclusión

- Estudiantes que al momento de la prueba presenten alguna patología.
- Colegios seleccionados para la evaluación de los estudiantes con menos de 50 alumnos matriculados y registrados en la Secretaria de Educación Municipal.

7.5 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 intraclass prueba – post prueba de 0,60 en población colombiana(73). 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(74).

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 en sobre el cajón antropométrico, solicitando el descanso de las manos sobre los muslos, una inspiración profunda y la retención de la misma mientras se mantuvo la cabeza en el plano de Frankfort, provocando posteriormente una tracción moderada a partir de las apófisis mastoides. Posteriormente se posicionó una escuadra firmemente sobre el vértex y se comprimió el cabello lo máximo posible, registrándose el valor de la altura en sedente después de su lectura. Este proceso se repitió en dos ocasiones y se utilizó la media de éstas para el análisis de datos(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 radiale y stylium. Para esta medición, se solicitó a los sujetos adoptar una posición relajada, con los brazos colgados a ambos lados del cuerpo y el antebrazo en posición de semipronación (con el pulgar hacia adelante). Se posicionó posteriormente una rama del calibrador en la marca Radiale y otra en la marca Stylium, registrándose el valor de la longitud del antebrazo después de repetir en dos ocasiones alternadamente esta medición en el antebrazo derecho, el antebrazo izquierdo y la medida de diámetro biepicondilar femoral(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:

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

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

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

La densidad mineral ósea se calculó mediante fórmula de predicción propuesta por Gómez-Campos et al.(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:

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

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

Se utilizaron las técnicas de observación y encuesta. Los instrumentos empleados fueron el formato de encuesta de las variables sociodemográficas y de evaluación de la actividad Física PAQ-C(73), y de variables antropométricas. Las variables antropométricas se llevaron a cabo en cada una de las instituciones educativas privadas y públicas de Popayan. La altura vertical se midió utilizando una cinta métrica, Stanley con número de referencia 0433726 con una precisión de 0.1 mm teniendo en cuenta el protocolo de Frankfurt. Cabe indicar que la cinta fue pegada a la pared en cada uno de los espacios ubicados para la

medición, acorde con cada una de las instituciones educativas. Es así como la medición se tomó teniendo en cuenta la distancia perpendicular entre el plano transversal del vértex y el inferior de los pies. 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.

Incluye

- 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:

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

Seguidamente, se llevó a cabo el índice de masa corporal (IMC), se calculó utilizando la fórmula estándar masa corporal (kg) / altura ²(m), utilizando para el peso la balanza de control corporal OMRON modelo HBF-514C. En este orden de ideas, se solicitó a los estudiantes colocarse de pie, con los talones juntos, glúteos y la parte superior de la espalda en contacto con la cinta métrica. Se posicionó en el plano de Frankfort verificándose la transversalidad entre el arbitraje y tracción; con la finalidad de evaluar la posición de sus pulgares en cada punto orbital y sus dedos índices sobre cada dedo tracción, verificando a su vez la alineación horizontal.

En tal sentido obtenido el plano de Frankfort, el investigador reubicó sus pulgares en la región posterior de las orejas del estudiante generando una tracción conjunta de las mastoides, solicitando una inspiración amplia y su retención al mismo tiempo. Seguidamente se colocó una escuadra sobre el vertex y se comprime el cabello en lo posible, registrándose el valor de la altura vertical, posterior a la lectura, procedimiento que se repitió en dos ocasiones utilizando la media de esta para el respectivo análisis de investigación.

7.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Valor	Descripción	Índice
Edad	8 a 16 años	Tiempo que una persona ha vivido desde su nacimiento a la fecha de la evaluación	Años
Nivel escolaridad	Años escolaridad	Periodo, medido en años escolares, que el niño ha permanecido en el sistema educativo formal	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	Nivel de clasificación de la población con características similares en cuanto a grado de riqueza y calidad de vida, determinado de manera directa mediante las condiciones físicas de las viviendas y su localización,	1
	Bajo		2
	Medio bajo		3
	Medio		4
	Medio alto		5
Alto	6		
Actividad Física que realiza	Actividad física realiza	Actividades que realiza en el tiempo libre	Nombre de la actividad física
Frecuencia de práctica de Actividad física en tiempo libre	Número de veces que realiza actividad física	Actividades físicas realizadas en los últimos 7 días	No hago Casi nunca Algunas veces A menudo

Variable	Valor	Descripción	Índice
			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
			Ninguno
	Días a la semana que se hizo actividad física	Día de la semana	Un poco
			Normal
			Frecuente
			Muy frecuente
Autoeficacia hacia la actividad física		Actividad para definir autoeficacia	Si
			No
Gasto frente a pantalla	Computador Video juegos Televisión	Horas al día que permanece frente a la pantalla	Si
			No
Peso	Mayor a 0	Fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo.	Kilogramos (k)
Índice de masa corporal (IMC)	Mayor a 0	Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo, utilizada para determinar el grado de riesgo para la salud	k/cm ²
Altura vertical	Mayor de 0	Estatura del individuo: longitud desde el vértex de la cabeza hasta la base de sustentación en posición bípeda	cm

Variable	Valor	Descripción	Índice
Altura sentado	Mayor de 0	Distancia entre el vértex y el plano de sustentación, o bien la porción más inferior de la pelvis	cm
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 condilos 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 suplementos	Si No

7.7 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 realizará el diligenciamiento del instrumento y la evaluación antropométrica.
- Elaboración del informe final.

7.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

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.

8 RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS UNIVARIADO

En la investigación conto con una muestra de 327 estudiantes pertenecientes a los colegios públicos y privados de la ciudad de Popayán.

Tabla 3 Distribución de la muestra según variables sociodemográficas

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Sexo		
Hombre	167	51,1
Mujer	160	48,9
Edad		
8-10	119	36,4
11-13	114	34,9
14-16	94	28,7
Tipo De Colegio		
Oficial	148	45,3
Privado	179	54,7
Estrato Socioeconomico		
Bajo	188	57,5
Medio	131	40,1
Alto	8	2,4
Nivel Educativo		
Básica primaria	122	37,3
Básica secundaria	143	43,7
Educación media	62	19,0

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, la participación fue muy similar respecto al sexo; para la variable edad, la población participantes del estudio está entre los 8 a los 16 años, de estos participantes respecto al tipo de colegio, se observó mayor participación de los colegios privados, para el estrato socioeconómico, el estrato bajo presento mayor participación junto con el estrato medio, finalmente en cuanto al nivel educativo, la población estudiada conto con mayor participación del nivel educativo básica secundaria.

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

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Ha sufrido fractura	No	282	86,2
	Si	45	13,8
Consume medicamentos	No	302	92,4
	Si	25	7,6
Consumo de suplementos o ayudas nutricionales	No	267	81,7
	Si	60	18,3

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, en cuanto a la caracterización de antecedentes clínicos el mayor porcentaje de la población participante manifestó no haber tenido fracturas, tampoco consumir medicamentos y un 18,3% manifestaron estar consumiendo algún suplemento o ayuda nutricional. La zona del cuerpo que evidencio más fracturas fueron los miembros superiores, el salbutamol y loratadina son los medicamentos más consumidos, y finalmente, para los suplementos o ayudas nutricionales que manifestaron más consumir son las vitaminas.

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

Nivel de actividad fisica categoria	Frecuencia	Porcentaje
Muy bajo	28	8,6
Bajo	131	40,1

Moderado	131	40,1
Intenso	37	11,3

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, que la población evaluada, en su mayor porcentaje, tiene un nivel de actividad física bajo y moderado.

Tabla 6 Distribución porcentual del nivel de actividad física de la población de estudio.

Nivel de actividad física	Frecuencia	Porcentaje
Inactivo	159	48,6
Activo	168	51,4

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, la población estudiada en su mayor porcentaje es físicamente activa.

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

Físicamente activo				
Edad			Frecuencia	Porcentaje
8-10	Hombre	Inactivo	15	25,9
		Activo	43	74,1
	Mujer	Inactivo	16	26,2
		Activo	45	73,8
11-13	Hombre	Inactivo	23	38,3
		Activo	37	61,7
	Mujer	Inactivo	39	72,2
		Activo	15	27,8
14-16	Hombre	Inactivo	29	59,2
		Activo	20	40,8

	Mujer	Inactivo	37	82,2
		Activo	8	17,8

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que en cuanto al nivel de actividad física, los hombres son físicamente más activos que las mujeres.

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

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Peso (kg)	20,4	87,9	43,6	13,3
Altura vertical (cm)	116,1	181,8	147,4	14,3
Índice de masa corporal (kg/m ²)	12,8	32,7	19,6	3,5
Altura sentado (cm)	61,6	104,3	79	7,3
Longitud de MMII (cm)	37,3	87,6	68,4	8,2
APVH (cm/año)	-4,9	3,5	-0,9	2,1
Longitud antebrazo derecho (cm)	11,3	26,8	19,9	2,4
Longitud antebrazo izquierdo (cm)	15	68,6	20,2	3,6
Diámetro del fémur (cm)	4,9	10,4	8,3	0,8

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, las variables antropométricas de los participantes del estudio en promedio fueron: peso $43,6 \pm 13,3$ kg, altura vertical $147,4 \pm 14,3$ cm, IMC $19,6 \pm 3,5$ kg/m², altura sentado $79 \pm 7,3$ cm, longitud de miembros inferiores $68,4 \pm 8,2$ cm, APVH $-0,9 \pm 2,1$ cm/año, longitud de antebrazo derecho $19,9 \pm 2,4$ cm, longitud del antebrazo izquierdo $20,2 \pm 3,6$ cm y diámetro del fémur $8,3 \pm 0,8$ cm.

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

SEXO DEL EVALUADO	EDAD (AÑOS)	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
HOMBRE	8	21	0,62	0,72	0,66	0,03
	9	19	0,68	0,81	0,73	0,03
	10	18	0,7	0,86	0,77	0,05
	11	21	0,75	0,94	0,82	0,06
	12	19	0,8	1	0,88	0,06
	13	20	0,81	1,05	0,93	0,06
	14	18	0,91	1,02	0,97	0,04
	15	11	0,98	1,17	1,06	0,05
	16	20	1	1,15	1,08	0,04
MUJER	8	20	0,61	0,69	0,64	0,02
	9	21	0,62	0,71	0,67	0,02
	10	20	0,67	0,73	0,70	0,02
	11	15	0,69	0,79	0,74	0,03
	12	18	0,74	0,81	0,78	0,03
	13	21	0,74	0,84	0,80	0,03
	14	15	0,76	0,84	0,81	0,02
	15	13	0,77	0,87	0,83	0,03
	16	17	0,77	0,9	0,84	0,03

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, el DMO aumenta a medida que va aumentando la edad, tanto en los hombres como en las mujeres; al analizar el DMO del total de la muestra evaluada, se observa una media del DMO de $0,81 \pm 0,12$ g/cm², un mínimo de 0,61 g/cm² y un máximo de 1,17 g/cm².

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

SEXO DEL EVALUADO	EDAD (AÑOS)	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
HOMBRE	8	21	-4,9	-3,9	-4,4	0,2
	9	19	-4	-3,1	-3,6	0,3
	10	18	-3,7	-2	-3,1	0,4
	11	21	-3,1	-0,9	-2,4	0,6
	12	19	-2,5	0,6	-1,4	0,8
	13	20	-1,6	0,9	-0,7	0,6
	14	18	-0,9	0,8	0,0	0,5
	15	11	0,3	2,1	1,1	0,6
	16	20	0,8	2,4	1,7	0,4
MUJER	8	20	-3,7	-2,5	-3,2	0,3
	9	21	-3,1	-1,6	-2,4	0,4
	10	20	-2,4	-1,2	-1,7	0,4
	11	-1,7	0,1	-0,8	0,5	-1,7
	12	-0,4	0,7	0,2	0,3	-0,4
	13	-0,1	1,8	0,9	0,5	-0,1
	14	-0,1	2	1,4	0,5	-0,1
	15	1,2	2,6	2,1	0,4	1,2
	16	2	3,5	2,6	0,4	2

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, las medias del pico de velocidad de crecimiento (APVH) para los hombres se evidencian negativas en las edades de 8 a 13 años de edad y positiva de los 14 a los 16 años de edad, en cambio, para las mujeres los datos son diferentes, siendo negativas de los 8 a los 10 años de edad y positiva de los 11 a los 16 años de edad.

8.2 ANÁLISIS BIVARIADO

Tabla 11 Resumen de la asociación entre el nivel de actividad física y las variables socio demográficas.

VARIABLE	CHI-CUADRADO	SIGNIFICANCIA
Sexo	9,88	0,002**
Tipo de colegio	1,25	0,263
Estrato	1,67	0,434
Ha sufrido fractura	8,13	0,004**
Consume medicamentos	0,12	0,725
Consume suplementos	3,11	0,078

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, como al asociar el nivel de actividad física de los participantes con las variables, se encontró que existe asociación estadísticamente significativa con las variables sexo y si ha sufrido fractura.

Tabla 12 Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a	
	Estadístico	Sig.
Edad (años)	,120	,000*
Peso (kg)	,077	,000*
Índice de masa corporal (IMC kg/m ²)	,064	,002*
Altura vertical (cm)	,084	,000*
Altura sentado (cm)	,077	,000*
Longitud antebrazo derecho (cm)	,056	,014*
Longitud antebrazo izquierdo (cm)	,108	,000*
Diámetro del fémur (cm)	,044	,200
APVH (cm/año)	,075	,000*

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, la variable diámetro del fémur muestra normalidad en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, las demás variables no se comporta de manera normal.

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

			DMO	
Rho de Spearman	Edad (años)	Coef.de correlación	,802**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Peso kg	Coef. de correlación	,759**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Altura vertical (cm)	Coef. de correlación	,859**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Altura vertical sentado (cm)	Coef. de correlación	,830**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Diámetro del fémur (cm)	Coef. de correlación	,716**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Longitud antebrazo derecho (cm)	Coef. de correlación	,801**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Longitud antebrazo izquierdo (cm)	Coef. de correlación	,502**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	Índice de masa corporal (IMC kg/m ²)	Coef. de correlación	,376**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	APVH	Coef. de correlación	,664**	
		Sig. (bilateral)	,000*	
	**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que, en la correlación de la variable DMO con las demás variables cuantitativas de estudio se puede evidenciar una correlación positiva y estadísticamente significativa para todas las variables.

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

VARIABLE		RANGO PROMEDIO	U MANN WHITNEY	SIGNIFICANCIA
Sexo	Hombre	201,19	7150,000	0,000*
	Mujer	125,19		
Tipo de colegio	Oficial	154,18	11793,000	0,088
	Privado	172,12		
Ha sufrido fracturas	No	159,57	5096,000	0,034*
	Si	191,76		
Consume medicamentos	No	162,91	3447,000	0,470
	Si	177,12		
Consume suplementos o ayudas nutricionales	No	160,64	7114,000	0,176
	Si	178,93		
Nivel de actividad física	Inactivo	188,87	9402,000	0,000*
	Activo	140,46		

Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla muestra que, al relacionar el DMO con las variables de estudio, se puede observar que las variables sexo, ha sufrido fracturas y nivel de actividad física tiene relación estadísticamente significativa.

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

VARIABLE		RANGO PROMEDIO	Kruskal- Wallis	SIGNIFICANCIA
Nivel educativo	Básica primaria	72,91	199,127	0,000*
	Básica secundaria	199,52		

	Educación media	261,31		
Estrato	Bajo	154,47	10,341727	0,006*
	Medio	172,09		
	Alto	255,38		
Nivel de actividad física	Muy bajo	196,82	23,223	0,000*
	Bajo	187,17		
	Moderado	145,32		
	Intenso	123,27		

Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla muestra que, al comparar el DMO con las variables de estudio, se evidencio que hay relación estadísticamente significativa entre las variables nivel educativo, estrato y nivel de actividad física.

8.3 ANÁLISIS MULTIVARIADO

MODELO DE REGRESION LINEAL

El modelo de regresión lineal obtenido para el estudio desarrollado en la ciudad de Popayán, donde se incluyen las variables que en el análisis bivariado fueron estadísticamente significativas: sexo, ha sufrido fracturas, edad, peso, IMC, altura vertical, altura sentado, longitud de antebrazo derecho, longitud de antebrazo izquierdo, diámetro del fémur, APVH, nivel de actividad física, nivel educativo y estrato; al correr el modelo se muestra que las variables ha sufrido fractura, altura vertical, longitud del brazo izquierdo, nivel de actividad física, nivel educativo y estrato la significancia es $> 0,05$ por lo tanto son descartada y se vuelve a correr el modelo, quedando las siguientes variables: sexo, edad, peso, IMC, altura sentado, longitud de antebrazo derecho, diámetro del fémur y APVH. La fórmula utilizada para el desarrollo de este modelo fue:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon$$

El modelo establecido para la ciudad de Popayán fue el siguiente:

$$\text{DMO: } - 0,462 - 0,046 * \text{SEXO} + 0,033 * \text{EDAD} + 0,003 * \text{PESO} - 0,005 * \text{IMC} + 0,006 * \text{AS} + 0,008 * \text{LAD} - 0,033 * \text{APVH} + 0,022 * \text{DF}$$

Sexo (hombre: 0, mujer: 1), Altura sentado (AS), Longitud antebrazo derecho (LAD), Pico de velocidad de crecimiento (APVH), Diámetro del fémur (DF).

El r cuadrado (0,951) para este modelo muestra que el modelo global tiene buen ajuste, ya que el 95,1% de la densidad mineral ósea (DMO) de los escolares de la ciudad de Popayán es explicado por las variables anterior mente registradas en el presente modelo; el estadístico F: 793,401 que se registra en el modelo muestra que el modelo global es significativo <0,05.

Cada uno de los coeficientes que acompañan a las variables son estadísticamente significativo, queriendo decir que estos guardan relación con el DMO, se puede evidenciar que en las variables (edad, peso, altura sentado, longitud de antebrazo derecho y diámetro del fémur) tienen una relación positiva con el DMO, mientras que para las variables (sexo, IMC, y APVH) el coeficiente que las acompaña es negativo, revelando que una mujer tiene en promedio un DMO menor 0,046 g/cm² que el hombre, que a un menor IMC será mayor el DMO de los estudiantes en un -0,005 g/cm² y finalmente, que a mayor APVH , el DMO será menor en 0,033 g/cm².

Pronóstico

Dado que el modelo cumple con todos los pasos para la validación, se procede a hacer una predicción establecida para el presente estudio en la ciudad de Popayán, en donde se selecciona un individuo sexo masculino con las siguientes características: sexo (0), edad 8 años, peso 33,5 kg, IMC 19,2 kg/m², altura sentado 73,6 cm, longitud del antebrazo derecho 18,1 cm, APVH -4 cm/año y diámetro del fémur 7,5 cm presentando un DMO de 0,69 g/cm², mientras que para una mujer con las mismas características, tienen un DMO de

0,64 g/cm², por tanto una mujer tiene una diferencia del DMO de 0,046 g/cm² menor con respecto a la del hombre.

9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el desarrollo de este estudio, se contó con una muestra poblacional de 327 escolares del área urbana de la ciudad de Popayán, con edades comprendidas entre los 8 y los 16 años de edad, el objetivo de este estudio, es determinar las variables predictoras de la salud ósea para escolares en Popayán.

En las variables sociodemográficas para el presente estudio se encontró que, el 51,1% eran hombres, mientras que para el estudio de Patiño et al(75) desarrollado en el departamento de Risaralda en una población de 339 escolares entre los 12 y 18 años la, participación de los hombres fue de 49,6% dato menor al del actual estudio teniendo presente que la muestra se ajusta a la del presente estudio, caso contrario ocurre en el estudio de Beatriz(76) en donde la población evaluada fue de 540 escolares (muestra que supera a la del presente estudio) en Montería de los cuales el 51,3% fueron hombres, dato similar al presente estudio.

La edad promedio de los escolares evaluados en este estudio fue de $11,79 \pm 2,5$ años, en el estudio desarrollado por Arango(77) en la ciudad de Manizales con una población de 312 escolares en el cual la edad promedio fue de $14,9 \pm 2,029$ años, siendo este dato mayor al encontrado en el actual estudio; en el estudio de Palomino et al (78) conto con una muestra poblacional de 1.253 en escolares de la ciudad de Ibagué, Colombia, con una edad promedio fue de $14,62 \pm 2,01$ años, datos que siguen siendo mayores a los encontrados en el actual estudio y la muestra es en mayor volumen a la realizada en la ciudad de manizales; mientras que para el estudio realizado por Gomez Campos et al(79) en una población de 136 gimnastas pertenecientes a 23 clubes de Brasil, el rango de edad de la población estudiada oscilo entre los 9 y 16 años y con una media de edad de $12,17 \pm 2,10$ años, datos que se asemejan más al presente estudio.

En cuanto al tipo de colegio de la población de estudio la mayor participación fue de los colegios privados con un 54,7%, para el estudio llevado a cabo por Liliana Escobar et al(80) en Chinchiná, Caldas, con un total de 302 escolares con en edades comprendidas entre los 12 y 18 años, de los cuales el 87,4% pertenecía a colegios públicos, dato contrario

al encontrado en el presente estudio; en el estudio desarrollado por Beatriz et (76) en una población muestra de 616 escolares, donde se encontró que el 86,5% de los colegios pertenecían al sector oficial, dato contrario a los encontrados en el presente estudio.

El estrato socio económico al que pertenecía la población evaluada se encontró en estrato bajo, medio y alto, y del cual el estrato bajo obtuvo la mayor participación con un 57,5% seguido del estrato medio y bajo con un 40,1% y 2,4% respectivamente; en el estudio llevado a cabo por Torres(81) en una población de 50 estudiantes pertenecientes a la institución educativa Enrique Olaya Herrera de la ciudad de Bogotá, encontraron que el estrato 2 (bajo) contó con la mayor participación con un 62%, datos similares a los obtenidos en el presente estudio; por otra parte en el estudio adelantado por Zapata(82) en una población de 1.035 escolares pertenecientes a los centros educativos de la ciudad de Bogotá, con edades comprendidas entre los 6 y 17 años, el 44,5% de la muestra poblacional se encontraba en los estratos 1 (muy bajo), 2 (bajo) y 3 (medio bajo), dato que no se relaciona a los encontrados en el presente estudio.

Finalmente, en cuanto a las variables sociodemográficas, en la variable nivel educativo, se encontró que, básica secundaria tiene la mayor participación con un 43,7%, seguido de básica primaria con un 37,3% y educación media con un 19%; al relacionar los datos con el estudio de Arango(77) con una población participante de 312 escolares, se evidencia que el nivel de escolaridad participante fue del grado 6° al 11° (básica secundaria y básica media), nivel educativo de la población que contó con el mayor porcentaje de participación en el presente estudio; en la relación de los datos obtenidos en el estudio de Castillo (83) con una población de 392 escolares en Huelva, España, se encontró que la mayor participación en cuanto al nivel educativo fue el de básica primaria con un 49,5%, seguido por básica secundaria (primero de ESO) y educación media (tercero de ESO), resultados que al ser comparados se evidencia que son contrarios a los obtenidos en el actual estudio.

En cuanto a la caracterización de antecedentes clínicos el 13,8% de la población participante manifestó haber tenido fracturas, el 7,6% consumir medicamentos y un 18,3% manifestaron estar consumiendo algún suplemento o ayuda nutricional, la zona del cuerpo

en donde se evidencio más fracturas fueron los miembros superiores, el salbutamol y loratadina fueron los medicamentos más consumidos, y finalmente, para los suplementos o ayudas nutricionales que manifestaron más consumir son las vitaminas, al relacionar los resultados con el estudio de Bassini et al(84) referencian el Registro del Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Garrahan. (Mayo 03/05), en el cual se presentaron 328 fracturas y de las cuales el 66% se presentaron en los miembros superiores, dato que se asemeja en la zona de fractura encontrada en el presente estudio; así mismo, en el estudio desarrollado por López (85) donde dan a conocer que la zona del cuerpo con mayor incidencia de fractura, son los miembros superiores así: 45,1% en el radio, 18,4% en el húmero y 13,8% en la clavícula, resultado que se relacionan con la zona predominante de fractura encontrada en el estudio.

En la variable de distribución de la población en cuanto al nivel de actividad física se muestra que, que la población evaluada, es físicamente activa en un 51,4%, siendo los hombres físicamente más activos que las mujeres en un 30,5%, en el estudio de Suares-Cortina et al(86) donde la población evaluada fue de 1.035 escolares entre los 5 a 12 años y se evidencia que según datos aportados por los padres de los escolares en estudio, estos son un 90,6% físicamente activos, resultado porcentual mucho mayor al encontrado en el actual estudio.

En otro estudio, realizado por Zurita et al(87) en 160 escolares con edades comprendidas entre los 10 y los 12 años, se evidencio que el 80% de los niños son físicamente más activos que la niñas que presentaron un 62,3%, datos que son similares a los encontrados en el actual estudio, para el estudio realizado por González González et al(88) en un grupo de estudiantes universitarios de educación infantil y primaria (nivel académico superior a los de la muestra del presente estudio), sin embargo, se evidencio que el 70% de ellos son físicamente activos (realizan algún deporte al margen de la clase de EF), resultado porcentual superior al encontrado en el presente estudio, al relacionar los registros obtenidos por Cervantes (89) en una muestra de 247 escolares con edades comprendidas entre los 6 y 12 años de edad, donde se puede evidenciar que tan solo el 25% de los escolares encuestados son físicamente activos, y la diferencia entre la actividad física y el sexo no fue

significativa, es decir que tanto niñas como niños son físicamente activos (aunque las niñas son físicamente más activas que los niños), datos que son contrarios a los encontrados en el presente estudio.

Las variables antropométricas de los participantes del estudio en promedio fueron: peso $43,6 \pm 13,3$ kg, altura vertical $147,4 \pm 14,3$ cm, IMC $19,6 \pm 3,5$ kg/m², altura sentado $79 \pm 7,3$ cm, longitud de miembros inferiores $68,4 \pm 8,2$ cm, APVH $-0,9 \pm 2,1$ cm/año, longitud de antebrazo derecho $19,9 \pm 2,4$ cm, longitud del antebrazo izquierdo $20,2 \pm 3,6$ cm y diámetro del fémur $8,3 \pm 0,8$ cm, al relacionar estos resultados con los obtenidos en el estudio de González et al (90) con una muestra de 1.035 escolares entre los 6 y 17 años de edad, en donde se obtuvo una media del IMC de 20,45 kg/m², dato similar al presentado en el actual estudio; en otro estudio llevado a cabo por Arango et al.(77) en 312 escolares con edades comprendidas entre los 12 y 18 años, se encontraron las siguientes medias antropométricas, peso: $54,591 \pm 10,61$ kg, estatura; $162,59 \pm 10,5$ cm e IMC: $20,414 \pm 3,07$ kg/m², resultados de medias superiores a las encontradas en el presente estudio; en relación a otro estudio realizado por Martínez et al(76) en una población con una muestra de 540 escolares con edades comprendidas entre los 12 y 18 años, se encontraron las siguientes medias antropométricas: peso $49,5 \pm 10,4$ kg, estatura $157,2 \pm 10$ cm e IMC $19,9 \pm 2,8$ kg/m².

Estos resultados son superiores a los encontrados en el presente estudio en cuanto al peso y la talla, sin embargo, para el IMC es similar; para la variable longitud de miembros inferiores y altura sentado encontrada en el estudio de del Pino et al (91) entre los 8 y 16 años de edad fue para altura sentado: 77,63 cm y miembros inferiores: 69,95 cm, datos casi similares a los encontrados en el presente estudio; en cuanto a la variable longitud del antebrazo, en el estudio realizado por Rodríguez et al(92) donde se realizaron medidas antropométricas a gimnastas masculinos de elite de diferente países (Japón, EEUU, Montreal, Australia, Róterdam y argentina) encontrando una media del antebrazo de: 24,9 cm, 25,9 cm, 25 cm, 24,7 cm, 24,7 cm, 25,3 cm respectivamente y para el diámetro del fémur: 9,3 cm, 9,2 cm, 9,3 cm, 9,7 cm, 9,2 cm, y 9,5 cm respectivamente, datos que son mayores a los hallados en el presente estudio.

Para la variable DMO según el sexo y la edad, se observa que el DMO aumenta a medida que va aumentando la edad tanto en los hombres como en las mujeres; al analizar el DMO del total de la muestra evaluada, se observa una media del DMO de $0,81 \pm 0,12$ g/cm², un mínimo de 0,61 g/cm² y un máximo de 1,17 g/cm², al relacionar estos datos con el estudio de Sierra Salinas et al(93) en 160 niños (as) donde se encontró una media del DMO de $0,2591 \pm 0,0413$ g/cm² (en fracturados) y de $0,2801 \pm 0,0300$ g/cm² (no fracturados), resultados menores a los encontrados en el presente estudio; en el estudio desarrollado por Gómez Campos et al (94) en una población de diversos deportistas y 40 escolares (grupo control) en edades comprendidas entre los 10 y 18 años, encontraron que en cuanto a la media del DMO en los escolares fue de $1,04 \pm 0,14$ g/cm², resultado superior al obtenido en el presente estudio.

Para la variable pico de velocidad de crecimiento (APVH) según el sexo y la edad, se evidencia que, para los hombres la edad biológica de maduración es a los 14 años de edad, mientras que para las mujeres es a los 11 años de edad, estos datos al ser comparados con los obtenidos en el estudio de Gómez Campos et al (94) en una población de diversos deportistas y escolares (grupo control) en edades comprendidas entre los 10 y 18 años, se encontró que la mayor edad de maduración biológica alcanzada, fue la de los futbolistas a los $15,66 \pm 1,59$ años de edad, seguido por canotaje a los $15,04 \pm 2,42$ años, natación, ciclismo y los escolares no evidenciaban aun su edad de maduración biológica, resultados que se asemejan a los obtenidos en la población de niños en el presente estudio; al relacionar otro estudio desarrollado por Cossío Bolaños et al(95) en una muestra de 3.176 escolares de 7 colegios de Maule, Chile, con edades comprendidas entre los 10 y 18 años, encontrando que la media de la edad biológica fue a los $15,1 \pm 0,9$ años para los hombres y $12,5 \pm 1,1$ años para las mujeres, resultados que están por un año por encima de los encontrados en el presente estudio.

En cuanto a la variable de asociación entre la actividad física y las variables sociodemográficas se muestra que existe asociación estadísticamente significativa con las variables sexo y si ha sufrido fractura sig. $<0,05$, al relacionar los resultados obtenidos con el estudio de Zurita Ortega et al (96) con una muestra de 160 escolares entre los 10 y 12

años de edad del área metropolitana de Granada, España, encontrando que existe asociación estadísticamente significativa entre realizar actividad física y el sexo ($p: 0,035$), resultado que se asemeja al encontrado en el actual estudio; en otro estudio que fue realizado por González González(88) evidenciaron que existe relación estadísticamente significativa entre la realización de actividad física y el sexo, resultados que siguen coincidiendo con los encontrados en el actual estudio; en el estudio realizado por Sierra salinas et al (93) se evidencio una bajo nivel de actividad física se encuentra asociado al riesgo para padecer de fracturas, dato que se asemeja al encontrado en el presente estudio.

Para la relación entre el DMO y variables de estudio, se evidencio que, en la correlación de una correlación positiva y estadísticamente significativa para todas las variables: edad, peso, altura vertical, altura vertical sentado, diámetro del fémur, longitud antebrazo izquierdo y derecho, índice de masa corporal, APVH, sexo, si ha sufrido fracturas y nivel de actividad física, al relacionar estos resultados con los obtenidos en el estudio de Sierra Salinas et al (93) se puede evidenciar que se encuentra una correlación significativa entre el DMO y las variables edad, sexo y actividad física, variables que coinciden con las encontradas en el presente estudio; en el estudio desarrollado por Nava et al (97) en una muestra de 75 mujeres con edades entre los 18 y 45 años, se encontró una correlación estadísticamente positiva en el DMO y el IMC, variable que se asemeja a la encontrada en el actual estudio; para el estudio realizado por Iglesias Blázquez et al (98) al relacionar el DMO con la variable edad e IMC se encontró correlación estadísticamente positiva para estas dos variables, resultado que se asemeja a las encontradas en el actual estudio, en la relación de los datos obtenidos por el estudio de Molina et al (99) se evidencia una correlación estadísticamente significativa entre el DMO y la realización de la actividad física, resultado que se asemeja al encontrado en el presente estudio.

En cuanto al modelo de regresión lineal establecido para este estudio, las siguientes variables presentaron significancia estadísticamente positiva para ser acopladas en el modelo; Sexo, Altura sentado, Longitud antebrazo derecho, APVH, Diámetro del fémur, al relacionar estas variables con el estudio de Gómez Campos et al (30) en el cual las variables del modelo de regresión lineal fueron; APVH, longitud del antebrazo y diámetro

del fémur, estas 3 variables concuerdan con 5 variables de las obtenidas en el presente estudio; para el estudio desarrollado por Vania Padilla (100) se obtuvieron las siguientes variables estadísticamente significativas para el modelo de regresión lineal: talla, el peso, el porcentaje de tejido graso y la DMO materna, variables que no coinciden con las obtenidas en el presente estudio.

10 CONCLUSIONES

En el desarrollo del presente estudio, se contó con una muestra poblacional de 327 escolares del área urbana de la ciudad de Popayán, con edades comprendidas entre los 8 y los 16 años de edad, la edad promedio fue de $11,79 \pm 2,5$ años, la mayor participación fue de los colegios privados con un 54,7%, el estrato socio económico que participo fue el estrato bajo, medio y alto, y del cual el estrato bajo obtuvo la mayor participación con un 57,5% seguido del estrato medio y bajo con un 40,1% y 2,4% respectivamente; para el nivel educativo, se encontró que, básica secundaria tuvo la mayor participación con un 43,7%, seguido de básica primaria con un 37,3% y educación media con un 19%; El 13,8% de la población participante manifestó haber tenido fracturas, el 7,6% consumir medicamentos y un 18,3% manifestaron estar consumiendo algún suplemento o ayuda nutricional, la zona del cuerpo en donde se evidencio más fracturas fueron los miembros superiores, el salbutamol y loratadina fueron los medicamentos más consumidos, y finalmente, para los suplementos o ayudas nutricionales que manifestaron más consumir son las vitaminas.

la población evaluada, es físicamente activa en un 51,4%, siendo los hombres físicamente más activos que las mujeres en un 30,5%, en cuanto al nivel de actividad física los escolares presentaron un nivel Muy bajo en un 8,6%, bajo y moderado 40,1% e intenso con un 11,3%.

Para las variables antropométricas de los participantes del estudio se obtuvieron los siguientes promedios: peso $43,6 \pm 13,3$ kg, altura vertical $147,4 \pm 14,3$ cm, IMC $19,6 \pm 3,5$ kg/m², altura sentado $79 \pm 7,3$ cm, longitud de miembros inferiores $68,4 \pm 8,2$ cm, APVH - $0,9 \pm 2,1$ cm/año, longitud de antebrazo derecho $19,9 \pm 2,4$ cm, longitud del antebrazo izquierdo $20,2 \pm 3,6$ cm y diámetro del fémur $8,3 \pm 0,8$ cm.

Al realizar la asociación entre la actividad física y las variables sociodemográficas se mostro que existe asociación estadísticamente significativa con las variables sexo y si ha sufrido fractura.

Al relacionar el DMO y variables de estudio, se evidencio que, correlación estadísticamente significativa para todas las variables: edad, peso, altura vertical, altura vertical sentado, diámetro del fémur, longitud antebrazo izquierdo y derecho, índice de masa corporal, APVH, sexo, si ha sufrido fracturas y nivel de actividad física.

El modelo establecido para la ciudad de Popayan se obtuvo el siguiente:

$$\text{DMO: } -0,462 - 0,046 * \text{SEXO} + 0,033 * \text{EDAD} + 0,003 * \text{PESO} - 0,005 * \text{IMC} + 0,006 * \text{AS} + 0,008 * \text{LAD} - 0,033 * \text{APVH} + 0,022 * \text{DF}$$

Sexo (hombre: 0, mujer: 1), Altura sentado (AS), Longitud antebrazo derecho (LAD), Pico de velocidad de crecimiento (APVH), Diámetro del fémur (DF).

El r cuadrado (0,951) para este modelo muestra que el modelo global tiene buen ajuste, ya que el 95,1% de la densidad mineral ósea (DMO) de los escolares de la ciudad de Popayán es explicado por las variables anteriormente registradas en el presente modelo; el estadístico F: 793,401 que se registra en el modelo muestra que el modelo global es significativo <0,05.

Cada uno de los coeficientes que acompañan a las variables son estadísticamente significativo, queriendo decir que estos guardan relación con el DMO, se puede evidenciar que en las variables (edad, peso, altura sentado, longitud de antebrazo derecho y diámetro del fémur) tienen una relación positiva con el DMO, mientras que para las variables (sexo, IMC, y APVH) el coeficiente que las acompaña es negativo, revelando que una mujer tiene en promedio un DMO menor 0,046 g/cm² que el hombre, que a un menor IMC será mayor el DMO de los estudiantes en un -0,005 g/cm² y finalmente, que a mayor APVH, el DMO será menor en 0,033 g/cm².

11 RECOMENDACIONES

Es de gran relevancia que se realice la socialización de los resultados obtenidos ante la Secretaria de Educación de Popayán, de la misma forma, dar a conocer los resultados con las instituciones educativas en general de la ciudad, y especialmente, en aquellas que abrieron sus puertas para la recolección de la información.

Dar a conocer la importancia de los resultados obtenidos en el presente estudio, en especial la ecuación del modelo de regresión lineal del DMO, su importancia y beneficios para la comunidad de escolares de la ciudad de Popayan, teniendo en cuenta que es de fácil acceso y bajo costo.

Capacitar a los docentes de educación física, entrenadores, orientadores de actividad física y comunidad a fines, en el uso de esta ecuación, como herramienta que cuenta con parámetros de la información local, como herramienta predictoras de la salud ósea.

Realizar este estudio en otras poblaciones y diferentes edades, para realizar comparaciones con los resultados obtenidos en el presente estudio.

A partir de este proyecto que especifica la salud ósea de los niños y adolescentes de Popayan, debe ser prioridad de los centros de promoción de la salud y en la prevención de enfermedades en niños y adolescentes, teniendo en cuenta la importancia de la reserva ósea adquirida en estas edades y su importancia al futuro. Por estas razones es necesario que los entes gubernamentales fortalezcan la promoción de la salud ósea en estas poblaciones.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Galindo R, Núñez E, Martín Ñ, Díaz-Cordovés G, Sierra C, Urda A. Baja densidad mineral ósea en artritis idiopática juvenil: prevalencia y factores relacionados. Rev. Anales de Pediatría. (revista en internet). 2017. 87(4):218-225. Disponible en: <https://www.analesdepediatria.org/es-baja-densidad-mineral-osea-artritis-articulo-S1695403317300073>
2. Guerrero L. Consideraciones del ejercicio físico en la osteoporosis. Rev. BioMed Research Internacional, 2018(1): 1-10. Estados Unidos. 2018. Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud. Disponible en: <https://g-se.com/consideraciones-del-ejercicio-fisico-en-la-osteoporosis-ft-M5c65e743f15b7>
3. Gómez R, Andruske C, Arruda M, Albornoz R, Bolaños M. Ecuaciones propuestos y valores de referencia para calcular la salud ósea en niños y adolescentes según la edad y el sexo. 2017. Chile.
4. Martínez R. Efectos del ejercicio físico sobre la densidad mineral ósea, en personas con osteoporosis: una revisión sistemática. Rev. MC [Internet]. 31dic. 2013 [citado 18jul. 2019]; 7(1):159-66. Available from: <https://revistas.iberamericana.edu.co/index.php/Rmcientifico/article/view/151>
5. Cossio M. Densidad mineral ósea de jóvenes practicantes de diversas modalidades deportivas. 2017. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/318842343_Densidad_mineral_osea_de_jovenes_practicantes_de_diversas_modalidades_deportivas
6. Gordon CM. Pediatric osteoporosis: where are we now?. J Pediatr. 2012;161:983–990.

7. Pekkinen H, Viljakainen E, Saarnio C, Lamberg-Allardt O, Mäkitie. Vitamin D is a major determinant of bone mineral density at school age, *PLoS One*. 7 (2012) e40090. doi:10.1371/journal.pone.0040090.
8. Sawyer AJ, Bachrach LK, Fung EF. *Bone Densitometry in Growing Patients: Guidelines for Clinical Practice*. 2007. Totowa, New Jersey: Humana Press.
9. 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.
10. Baxter-Jones AD, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res.* 2011;26(8):1729–39.
11. Ackerman K, Misra M. Bone Health in Adolescent Athletes with a Focus on Female Athlete Triad. *Phys Sportsmed.* 2011;39(1):131–141.
12. Bachrach LB, Sills IN. Clinical report-bone densitometry in children and adolescents. *Pediatrics.* 2011;127.
13. Secien-Palacin JA, & Jacoby ER. Sociodemographic and environmental factors associated with sports physical activity in the urban population of Peru. *Rev Panam Salud Publica;* 2003, vol 14, No 4 255-264.
14. World Health Organization. Report of a WHO consultation on Obesity. Reventing and managing the global epidemic. WHO, Genebra, 1998.
15. Peña A. Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis. *Rehabilitación,* 37(6), 2003; 339-53.

16. Karlsson M, Nordqvist A, & Karlsson C. Physical activity increases bone mass during growth. *Food & Nutrition Research*, 52, 2008. 10.3402/fnr.v52i0.1871
17. Glden S.A. Abrams, Optimizing bone health in children and adolescents, *Pediatrics*. 134 (2014): 229–243. doi:10.1542/peds.2014-2173.
18. Hui S, Slemenda, C, & Johnston C. Age and bone mass as predictors of fracture in a prospective study. 1988. *Journal of Clinical Investigation*, 81, 1804-9.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Affinito P, Tommaselli GA, di Carlo C, Guida F, Nappi C. Changes in bone mineral density and calcium metabolism in breastfeeding women: a one year follow-up study. *J Clin Endocrinol Metab* 1996; 81: 2314-2318.
23. 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.

24. 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.
25. Polatti F, Capuzzo E, Viazzo F. Bone mineral changes during and after lactation. *Obstetrics & Gynecology* 1999; 94: 52- 56.
26. Gordon CM, Bachrach LK, Carpenter TO, Crabtree N, El-Hajj Fuleihan G, Kutilek S, et.al. Dual Energy X- ray Absorptiometry Interpretation and Reporting in Children and Adolescents: The 2007 ISCD Pediatric Official Positions. *Journal of Clinical Densitometry: Assessment of Skeletal Health*. 2008; 11(1): 43e58
27. 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
28. 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.
29. 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
30. Gómez-Campos R, Andruske CL, Arruda Md, Urrea 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.

31. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (OMS). Obtenido de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/> (5 de 1 de 2017).
32. Reuter C, Stein C, Vargas D. Massa óssea e composição corporal em estudantes universitarios. *Revista da Associação Médica do Brasileira*. 2012; 58 (3), 328-34.
33. Boot AM, Ridder MAJ, Pols HAP, Krenning EP, Muinck Keizer-Schrama SMPF. Bone Mineral density in children and adolescents: Relation to puberty, calcium Intake, and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab*. 1997; 82:57–62.
34. Gonc Alves 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
35. Sopher AB, Fennoy I, Oberfield SE. An update on childhood bone health: mineral accrual, assessment and treatment. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2015; 22: 35-40.
36. 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.*
37. Moreno LA, Gracia-Marco L. Prevención de la obesidad desde la actividad física: del discurso teórico a la práctica. *Anales de Pediatría*. 2012;77(2):136–. 248.
38. Cooper C, Campion G, Melton LJ. Hip fractures in the elderly: a world-wide projection. *Osteoporosis International*. 1992;2:285-9.

39. Gracia-Marco L, Rey-López J, Santaliesra-Pasías A, Jiménez-Pavón D, Díaz L, Moreno L, et al. Sedentary behaviours and its association with bone mass in adolescents: the HELENA cross-sectional study. *BMC public health*. 2012;12(1):971.
40. Vicente-Rodríguez G, Ortega FB, Rey-López JP, España-Romero V, Blay VA, Blay G, et al. Extracurricular physical activity participation modifies the association between high TV watching and low bone mass. *Bone*. 2009;45:925–30.
41. 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.
42. 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.
43. 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.
44. Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity reviews*. 2004;5(s1):4-85.
45. Lehtonen-Veromaa M, Mottonen T, Nuotio I, Heinonen OJ, Viikari J. Influence of physical activity on ultrasound and dual-energy x-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: A cross-sectional study. *Calcif Tissue Int* 2000;66:248–254.

46. Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am.* 2001; 27:131-41.
47. 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.
48. 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.
49. 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.
50. 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.
51. Gómez C. Valores de la densidad mineral ósea (BMD) en columna lumbar y cadera de la población sana española. En: Díaz Curiel M, Díez Pérez A, Gómez Alonso C, FHOEMO, SEIOMM, RPR, editors. *Nuevas Fronteras en el Estudio de la Densidad Ósea en la Población Española.* Alcorcón, Madrid: Edimsa 1996; 73-94.
52. Gihan YA, Essam EA, Waleed HA, Nagah MA, Eglal H AG. Bone mineral density & bone mineral content in Saudi children, risk factors and early detection of their affection using dual-emission X-ray absorptiometry (DEXA) scan. *Egyptian Pediatric Association Gazette* 65 (2017) 65–71.

53. Hao Xu, Jia-Xuan Chen, Tian-Min Zhang, Jian Gong, Qiu-Lian Wu, Jin-Ping Wang. Correlation between hand and total body bone density in normal Chinese children. *Bone* 41 (2007) 360–365.
54. ISAK. International standards for Anthropometrics Assessments. 2001. Unerdale: ISAK. [Sitio en internet]. Disponible en:
[http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=.](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=)
55. Sillero Quintana M. Universidad Politécnica. Módulo de Kineantropometría. Texto Guía. Facultad de ciencias de Actividad Física y del Deporte I.N.E.F. (Madrid–España). 2005- 2006.
56. Gonzales Caballero P. Ceballos Días J. Manual de Antropometría. (Cuba). 2003. [Sitio en internet]. Disponible en:
<http://ict.udg.co.cu/educaci%20c3%20b3n%20f%20c3%20adsica/medicina%20deportiva.pdf>.
57. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinantropometría. Pruebas fisiológicas del atleta de élite; *Human Kinetics* : Champaign, IL, EE. UU., 1991; pp. 223-308.
58. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. Una evaluación de la madurez a partir de mediciones antropométricas. *Medicina y Ciencia en Deportes y Ejercicio*. 2002; 34: 689-694.
59. Janz K. Physical activity and bone development during childhood and adolescence. Implications for the prevention of osteoporosis. *Minerva Pediatr* 2002; 54: 93-104.
60. 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.

61. Muñoz V, Barrios G, Garrido J, Argente L. Ejercicio físico y masa ósea en adolescentes deportistas. *rev esp pediatr* 2003;59(1):61-69.
62. 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.
63. Muñoz MT, Garrido G. Aspectos nutricionales y endocrinológicos en adolescentes deportistas. *Rev Esp Pediatr* 2001; 57 (2): 106-120.
64. National Research Council. *Recommended Dietary Allowances*. 10 th edition. National Academy of Press. Washington DC; 1989: 24-38.
65. 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.
66. 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.
67. 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.
68. Rojano MD, Aguilar MG, López MG, Cortés EL, Hernández CM, Canto CT et al. Risk factors and impacto on bone mineral density in postmenopausal Mexican mestizo women. *Menopause* 2011;18(3):302-06.

69. 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.
70. Heany RP. Pathophysiology of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Amer* 1998; 27: 255-265.
71. 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.
72. 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.
73. Herazo-Beltrán A, & Domínguez-Anaya R. Confiabilidad del cuestionario de actividad física en niños colombianos. *Rev. salud pública.* 14 (5): 802-809, 2012.
74. Martínez G.D, Martínez D, Pozo T, Welk GJ, Villagra A, Calle ME, et al. Fiabilidad y validez del cuestionario de actividad física PAQ-A en adolescentes españoles. *Rev. Esp Salud pública.* 2009; 83 (3): 427-439.
75. Patiño B, & Tabares M. Determinantes sociales de la salud predictores de la condición física saludable en escolares entre 12 y 18 años en la ciudad de Dosquebradas Risaralda. Universidad Autónoma de Manizales. 2018. Disponible en: <http://repositorio.autonoma.edu.co/xmlui/handle/11182/187?locale-attribute=en>
76. Martínez A, Martinez J, Martinez L. Hábitos de actividad física y su asociación con adiposidad en escolares de 12 a 18 años de edad del municipio de montería.

Universidad de Cordoba. 2008. 1-50. Disponible en:
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/763>

77. Arango A, Valencia N. Determinantes sociales de la salud predictores de la condición física saludable en escolares entre 12 y 18 años en la ciudad de Manizales Caldas. Universidad Autónoma de Manizales. 2018. Disponible en:
http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/179/1/Deter_Socia_salud_pedic_condi_f%C3%ADs_salud_escol_12_18_a%C3%B1os_Manizales.pdf
78. Palomino C, Reyes F, Sánchez A. Niveles de actividad física, calidad de vida relacionada con la salud, autoconcepto físico e índice de masa corporal: un estudio en escolares colombianos. *Biomédica*. 2018; 38(1): 224-231.
79. Gomez-Campos, R, Camargo, C, Arruda, M, Cossio-Bolanos, M. Crecimiento físico y estado nutricional de gimnastas rítmicas de élite. *Nutr. clín. diet. hosp*. 2013; 33(1):31-37.
80. Escobar L, Orozco A, Pantoja C. Determinantes sociales de la salud predictores de la condición física saludable en escolares entre 12 y 18 años del municipio de Chinchiná, Caldas. Universidad Autónoma de Manizales. 2018. Disponible en:
<http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/185>
81. Torres J. Relación entre el nivel de actividad física, A, de estudio y el rendimiento académico de los estudiantes del colegio Enrique Olaya Herrera en Bogotá D.C. Universidad Santo Tomás. 2017. Disponible en:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10193/Torresjairo2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

82. 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, D.C. *Rev. Fac. Med.* 2016; 64 Supl: S119-26.
83. Castillo Viera E, Tornero Quiñones I, García Araujo JA. Relación entre actividad física, alimentación y familia en edad escolar. *Retos*, 2018; 34 (1): 85-88.
84. Bassini O, Fiscina S, Miscione H. fracturas en el niño. *Medicina Infantil*, 2006; 13 (3): 269-275.
85. López – Olmedo J. Fracturas infantiles más frecuentes. Esguinces y epifisiolisis. *Pediatr Integral* 2019; XXIII (4): 221.e1 – 221.e14.
86. Suárez Cortina L, Moreno Villares J, Martínez Suárez V, Aranceta Bartrina J, Dalmau Serra J, Gil Hernández A, Lama More R, Martín Mateos M, Pavón Belinchón P. Ingesta de calcio y densidad mineral ósea en una población de escolares españoles (estudio CADO). *An Pediatr (Barc)*. 2011;74(1):3—9.
87. Zurita F, Ubago J.L, Puertas P, González G, Castro M, Chacón R. Niveles de actividad física en alumnado de Educación Primaria de la provincia de Granada
Physical activity levels of Primary Education students in Granada. *Retos*, 2018; 34(1): 218-221.
88. González C, Cuervo C, Cachón J, Zagalaz M. Relación entre variables demográficas, la práctica de ejercicio físico y la percepción de la imagen corporal en estudiantes del grado de magisterio. Universidad de Oviedo, España. 2016: 1-6. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5400850>

89. Cervantes de la Torre K, Amador E, Arrazola M. Nivel de actividad física en niños de edades de 6 a 12 años en algunos colegios de Barranquilla-Colombia, en el año 2014-2015. *Biociencias*, 2017; 12 (1): 17 – 23.
90. 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, D.C. *Rev. Fac. Med.* 2016; 64 Supl: S119-26.
91. Del Pino M, Orden A, Arenas M, Caíno S, Fano V. Referencias Argentinas de estatura sentada y longitud de miembros inferiores de 0 a 18 años. *Medicina Infantil* 2016; 23(1): 279 - 286.
92. Rodríguez- Bies E, & Berral de la Rosa FJ. Estudio morfológico en gimnastas Argentinos de alto rendimiento. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2006; 8(4): 16-24.
93. Sierra C, Delange E, Blasco J, Lopez N & Barco A. Disminución de la densidad mineral ósea y otros factores de riesgo en niños prepuberales con fractura del antebrazo distal. 2009 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados. doi:10.1016/j.anpedi.2009.07.007. Disponible en: <https://www.analesdepediatria.org/es-disminucion-densidad-mineral-osea-otros-articulo-S1695403309004366>
94. Gómez-Campos R, Cofré Huenul R, Urrea Albornoz C, Luarte-Rocha C, Ibáñez Quispe V, Cossio Bolaños M. Densidad mineral ósea en una muestra de jóvenes chilenos practicantes de diversas modalidades deportivas. *Salud Uninorte*, 2017; 33 (1): 48-57.
95. Cossío Bolaños M, Méndez Cornejo J, Luarte Rochad C, Vargas R, Canqui B, Gomez Campo R. Patrones de actividad física de adolescentes escolares: validez,

- confiabilidad y propuesta de percentiles para su evaluación Physical activity patterns of school adolescents: Validity, reliability and percentiles proposal for their evaluation. *RevChilPediatr*, 2016; 87(6): 1-11.
96. Zurita F, Ubago J.L, Puertas P, González G, Castro M, Chacón R. Niveles de actividad física en alumnado de Educación Primaria de la provincia de Granada Physical activity levels of Primary Education students in Granada. *Retos*, 2018; 34(1): 218-221.
97. Nava-González E, Cerda-Flores R, García-Hernández P, Jasso-de la Peña G, Bastarrachea R y Gallegos-Cabriales E. Densidad mineral ósea y su asociación con la composición corporal y biomarcadores metabólicos del eje insulino-glucosa, hueso y tejido adiposo en mujeres. Mexico. 2015; 151:731-40. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2015/gm156e.pdf>
98. Iglesias C. Análisis de la densidad mineral ósea en niños celíacos. Efecto de la exclusión del gluten de la dieta. Universidad de León. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55620>
99. Molina, E, Ducaud P, Bustamante I, León-Prados, J.A., Otero-Saborido, F.M, y Gonzalez-Jurado, J.A. Variación en la densidad mineral ósea inducida por ejercicio en mujeres posmenopáusicas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 15. 2015 pp. 527-541. Disponible en: <Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista59/artvariacion630.htm>
100. Vania - Padilla A, Lamadrid-Figueroa H, Cruz-Valdez A. El peso, el porcentaje de grasa y la densidad mineral ósea materna son determinantes de la densidad mineral ósea en mujeres adolescentes y adultas jóvenes. *Bol Med Hosp Infant Mex*, 2007; 64(1): 72-82.

13 ANEXOS

Anexo 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

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 Popayan.

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 Popayan.

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					
Patín en línea					
Jugar tenis					
Caminar como ejercicio					
Montar bicicleta					
Saltar o correr					
Hacer aeróbicos					
Nadar					
Jugar beisbol o softball					
Bailar					
Ping Pong					
Patinar en monopatín					
Jugar futbol					
Jugar volibol					
Jugar basquetbol					

Artes Marciales (karate, taekwondo)					
Otros					

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Toda o la mayor parte de mi tiempo libre se dedicó a hacer actividades que suponen poco esfuerzo físico.
- A veces (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:		
	SI	NO
Hacer algo de actividad física después de la escuela la mayoría de los días entre semana		
Hacer actividad física después de la escuela aunque también vea TV o juegue videojuegos		
Hacer ejercicio o deporte después de la escuela aunque mis amigos quieran que haga alguna otra cosa		
Correr al menos 8 minutos sin parar		
Hacer actividad física aunque haga calor o frío afuera		
Hacer ejercicio aunque me sienta cansado		
Hacer actividad física aunque tenga mucha tarea		
Hacer actividad física aunque me quede en casa		
Hacer ejercicio o algún deporte aunque mis amigos crean lo contrario		
Hacer actividad física aunque tenga otras clases en las tardes		
Yo creo que		

Tengo la habilidad necesaria para jugar el deporte que quiera o para hacer ejercicio		
Alguno de mis padres (o adulto que me cuida) puede llevarme a practicar deporte o hacer ejercicio en la tarde		

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

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

EVALUACIÓN 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).

$IC = (TS/E) * 100$
 Dónde:
 IC = Índice Córnic
 TS = Talla sentado en cms
 E = Estatura de pie en cms

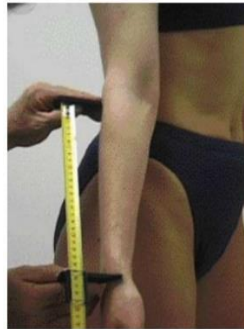
$IMC = M/(E^2)$
 Dónde:
 M = masa
 Est = Estatura

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

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

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

