



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**TECNOLOGÍA MÉDICA ESPECIALIDAD TERAPIA FÍSICA Y  
REHABILITACIÓN**

**RENDIMIENTO ACADÉMICO EN EL ÁREA DE  
EDUCACIÓN FÍSICA RELACIONADO AL TIPO DE  
HUELLA PLANTAR EN NIÑOS DE 6 – 12 AÑOS DE UN  
COLEGIO DE LIMA.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN  
TECNOLOGÍA MÉDICA ESPECIALIDAD TERAPIA FÍSICA Y  
REHABILITACIÓN**

**AUTORAS:**

**SADITH MILAGROS PERALTA GONZALES  
JANNET NATHALY SANTISTEBAN FRANCIA**

**ASESOR:**

**Lic. FRANK J. PERALTA ÁLVAREZ**

**Lima – Perú**

**2017**

**RENDIMIENTO ACADÉMICO EN EL ÁREA DE EDUCACIÓN  
FÍSICA RELACIONADO AL TIPO DE HUELLA PLANTAR EN  
NIÑOS DE 6 – 12 AÑOS DE UN COLEGIO DE LIMA.**

## **DEDICATORIA**

A mi padre, por involucrarme desde muy pequeña en el mundo de la investigación y hacer de esta etapa la más sencilla y placentera.

A mi madre, por su constante apoyo y motivación, sin ella no hubiera continuado este camino.

A ambos, por brindarme lo mejor de cada uno y hacer de mí quién soy, los amo.

S.P.G.

A mi padre, por su carácter ejemplar, que me enseñó a siempre hacer frente a la adversidad.

A mi madre, con su constante motivación, logró extraer siempre lo mejor de mí.

A ambos, por su apoyo incondicional, al ser tan diferentes, le dieron equilibrio a mi vida.

J.S.F.

### **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a la Hna. Hilda Moran Cajas, por abrirnos las puertas de la I.E.P. Niño Jesús de Praga; su apoyo hizo posible desarrollar este trabajo de investigación. También a nuestros padres, merecen un agradecimiento infinito, por su entrega y confianza, pero sobre todo por su paciencia y apoyo incondicional, son la pieza fundamental de nuestras vidas.

Además, como todo trabajo de investigación depende en gran medida de un guía que encamine y aconseje; agradecemos al Lic. Guillermo Veliz Paredes por acompañarnos hasta finalizar el protocolo; y especialmente al Lic. Frank Peralta Álvarez por su servicio y disposición para lograr culminar el presente trabajo de investigación y por acompañarnos este último tramo del pregrado.

Las autoras.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima. Es un estudio observacional analítico transversal con alcances descriptivo y correlacional, realizado en 217 individuos a partir del análisis de la huella plantar con el método de Hernández Corvo, y el promedio de las calificaciones parciales. Un beneficio brindado por el estudio, es el diagnóstico del arco plantar, con el cual los padres podrán acudir al especialista y ser asesorados para prevenir o tratar los defectos de apoyo plantar, evitando a largo plazo gastos onerosos y complicaciones mayores. Los resultados muestran que no existe relación entre el tipo de huella plantar y el rendimiento académico (pie izquierdo  $P = 0.2621$  – pie derecho  $P = 0.7508$ ), sin embargo, del análisis de regresión lineal, se concluyó que, aparentemente en consecuencia del incremento del Índice de Hernández Corvo, también hay tendencia de incremento en los promedios de rendimiento académico (pie izquierdo  $P = 0.046$  - pie derecho  $P = 0.068$ ). Se concluye que, en la población estudiada no existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar. Finalmente, teniendo en cuenta que este estudio es el primero en relacionar dichas variables, servirá como precedente para investigaciones posteriores.

**Palabras Claves:** rendimiento académico, huella plantar, índice de Hernández Corvo.

## **ABSTRACT**

The present study aimed to determine if there is a relationship between academic performance in the area of physical education and type of footprint in children 6 to 12 years of a school in Lima. It is an observational analytic cross-sectional study descriptive and correlational scope, performed in 217 individuals from the analysis of the plantar footprint with the Hernandez Corvo method, and the average of the partial grades. A benefit provided by the study is the diagnosis of the plantar arch, with which parents can go to the specialist and be advisor to prevent or treat plantar support defects, avoiding burdensome expenditures and major complications in the long term. The results show that there is no relationship between type of footprint and academic performance (left foot  $P = 0.2621$  - right foot  $P = 0.7508$ ). However, it was concluded from the linear regression analysis that, apparently as a consequence of the increase of the Hernandez Corvo Index, there is also a tendency for an increase in academic performance averages (left foot  $P = 0.046$  - right foot  $P = 0.068$ ). It is concluded that, in the study population there is no relationship between academic performance in the area of physical education and type of footprint. Finally, taking into account that this study is the first to relate these variables, it will serve as a precedent for further research.

**Keywords:** academic performance, footprint, Hernandez Corvo index.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3    JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.4    OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	4
1.4.1    OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5    HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	6
1.5.1    HIPÓTESIS NULA	6
1.5.2    HIPÓTESIS ALTERNA	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1    ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	7
2.2    BASES TEÓRICAS	11
2.2.1    ANATOMÍA DEL PIE	11
2.2.2    TALÓN	12
2.2.3    ANTEPIÉ	12
2.2.4    LA BÓVEDA PLANTAR	12
2.2.5    ARCOS DE LA BÓVEDA PLANTAR	14
2.2.5.1    EL ARCO INTERNO	14
2.2.5.2    EL ARCO EXTERNO	15
2.2.5.3    EL ARCO ANTERIOR	15
2.2.6    BIOMECÁNICA DEL PIE	15
2.2.7    COMPLICACIONES DE UNA ALTERACIÓN EN EL PIE	16
2.2.8    ESTIMULACIÓN Y ACTIVIDAD EN LA FORMACIÓN DE LOS ARCOS	17
2.2.9    MÉTODO DE HERNÁNDEZ CORVO	17
2.2.10    ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO - CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE PIE DE ACUERDO CON EL VALOR DE X %	18
2.2.11    EXAMEN DE LAS HUELLAS PLANTARES	18
2.3    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	18
2.3.1    PIE PLANO	18
2.3.2    PIE CAVO	20
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	23
3.1    TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1.1    ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1.2    ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1.3    DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.2    POBLACIÓN OBJETIVO Y MUESTRA	23
3.2.1    TAMAÑO DE LA MUESTRA	23

3.2.2	SELECCIÓN DEL MUESTREO	23
3.2.3	CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD	24
3.2.3.1	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	24
3.2.3.2	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	24
3.3	VARIABLES	24
3.3.1	DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES EMPLEADAS	24
3.4	DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.4.1	TEMÁTICA	25
3.4.2	TEMPORAL	25
3.4.3	ESPACIAL	25
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN	25
3.5.1	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	26
3.5.2	MÉTODO DE HERNÁNDEZ CORVO “HERZCO”	27
3.5.3	PLANTIGRAMA	27
3.5.4	REGISTRO ACADÉMICO DE NOTAS	28
3.6	PLAN DE ANÁLISIS (PROCESAMIENTO DE DATOS)	28
3.7	LIMITACIONES	29
3.8	ASPECTOS ÉTICOS	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		31
4.1.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO	31
4.2.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS INFERENCIAL	36
CAPÍTULO V: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		41
5.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
5.2.	CONCLUSIONES	43
5.3.	RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA		45
ANEXOS		48

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA 1	31
GRÁFICO 1	32
GRÁFICO 2	33
GRÁFICO 3	34
GRÁFICO 4	35
TABLA 2	36
TABLA 3	36
TABLA 4	37
TABLA 5	37
TABLA 6	38
Tabla 7	38
TABLA 8	39
TABLA 9	39
TABLA 10	40
TABLA 11	40

## INTRODUCCIÓN

El pie es una estructura mecánica integral, necesaria para la marcha; se sabe que está formado por 28 huesos, incluyendo los sesamoideos; el talón y el dorso del empeine están dispuestos por siete huesos tarsianos, entre cortos y gruesos; cinco huesos metatarsianos paralelos que forman la parte frontal del empeine, estos van hacia delante y forman el antepié. Los elementos osteoarticulares, ligamentosos y musculares forman en la planta del pie, llamada también bóveda plantar, tres arcos que cumplen la función de distribuir el peso corporal cuando el pie contacta con el suelo [1].

En las actividades de vida diaria, el pie como estructura anatómica funcional, desempeña principalmente funciones de soporte y transmisión de fuerzas de reacción del suelo a nuestro cuerpo. Mantener el equilibrio corporal depende de la integración de varios sistemas, uno muy importante es la distribución adecuada del centro de gravedad dentro de la base de sustentación. De una u otra forma, la marcha se traduce como la constante y secuencial, pero alterna, pérdida y recuperación del equilibrio [2, 3].

Con el ejercicio físico, la bóveda plantar recibe una serie de estimulaciones, y debido a que es una estructura flexible, se adaptará a las diferentes superficies, como al estrés mecánico. Así, los estímulos y distribuciones de peso, predisponen el tipo de huella plantar que se presente, ya sea normal o con algún defecto de apoyo plantar de leve a severo [1, 4]. Cualquier cambio mínimo en su estructura tiene un profundo impacto en la función estabilizadora, propulsora y absorbente del mismo, alterando el desempeño de sus funciones en la vida diaria [5, 6].

Existen varios métodos, entre dinámicos y estáticos, para poder analizar el arco plantar. La impresión de la huella plantar, analizada con el método de Hernández Corvo, brinda una clasificación más amplia, es decir, considera una diferenciación más exacta entre los seis morfo tipos variantes que van desde el pie plano hasta el pie cavo extremo; por otra parte el plantigrama que es el método por el cual se obtienen las huellas plantares dan a conocer las zonas de hiperpresión plantar. Por consiguiente, la sinergia de estos métodos estáticos, fáciles de aplicar, posibilitan el diagnóstico preciso del tipo de huella plantar. Sin embargo, en niños de 4 y 5 años, la planta del pie puede dar una huella de falso pie plano, que puede ser confundida por la presencia de una bolsa adiposa (grasa), que protege las estructuras cartilagosas. Ello, porque el pie del niño todavía no define el arco longitudinal ni los puntos de apoyo para la adecuada distribución de las presiones [7 - 10].

En el adulto el pie plano conlleva a molestias mayores que generalmente involucran articulaciones, como: tobillos, rodillas, cadera, incluidas las de la columna vertebral.

Entre los signos que van apareciendo progresivamente se encuentran la fatiga muscular de pantorrillas, y el borde interno de la fascia plantar, estas molestias se acentúan con la marcha en terreno irregular; también están presentes los calambres nocturnos, y ocasionalmente dolores musculares generados por las compensaciones que se desencadenan en las articulaciones ya mencionadas; posteriormente estas compensaciones conllevarán a patologías degenerativas [3, 11 - 16].

El pie cavo es otro defecto de la bóveda plantar, que genera la distribución inadecuada del peso del cuerpo, conllevando a una sobrecarga en el antepié; esta deformidad se caracteriza por la acentuación excesiva del arco plantar, presenta menor superficie de apoyo en el suelo y por ende conlleva a una mayor inestabilidad durante la marcha; asimismo puede generar esguinces de tobillo, fascitis plantar y dolores en el metatarso [11, 13, 17].

Debido al contexto actual, los escolares presentarían poca actividad física, lo cual conlleva a una escasa estimulación en la bóveda plantar, en consecuencia, a padecer defectos de apoyo plantar como pie plano y cavo [5, 10, 17 - 19], los mismos que, a su vez afectan el desempeño de las actividades cotidianas, por tal, el desenvolvimiento escolar en el área de educación física. Si bien, se han realizado diversos estudios sobre el arco plantar, no se menciona en ninguno la relación con el rendimiento académico en dicha área, en edades tempranas.

Frente a ello el presente trabajo científico, tuvo como objetivo determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente el entorno ambiental urbano, los avances tecnológicos y el transporte público se han convertido en factores que indirectamente conllevan a la inactividad de la población en general. Si bien es cierto la población escolar se ve beneficiada con estos avances, también se muestra involucrada en los aspectos negativos a los que se orienta, uno de los cuales es el sedentarismo. Según la Encuesta Global de Salud Escolar del año 2010, se indica que 2 de cada 10 estudiantes, tienen únicamente actividad física cinco días o más durante la semana. Día a día toman fuerza las actividades de entretenimiento sedentario, tales como ver televisión, usar computadoras, tablets, consolas de videojuego, juegos interactivos, etc., los cuales conducen a una menor actividad física [20, 21].

Ahora bien, en los escolares la bóveda plantar es una estructura flexible y en proceso de desarrollo, capaz de ajustarse a las diferentes superficies, y a las sollicitaciones mecánicas que requieran para su buen desempeño, en consecuencia el ejercicio físico y los estímulos brindados durante el día provocan adaptaciones, en cuanto al apoyo podal, que condicionan el tipo de huella plantar que se observa [1, 4, 5]. A largo plazo una huella plantar defectuosa es causante de compensaciones en la biomecánica ascendente, lo cual conlleva a problemas estructurales [1, 3, 4, 12].

Entonces, debido al contexto, se argumenta que la población infantil, por presentar primordialmente ausencia de estimulación en el arco plantar, estaría generando en consecuencia, defectos de apoyo plantar [5, 10, 17 - 19], los mismos que afectan las actividades de vida diaria, ocasionando síntomas inmediatos como, fatiga y dolores musculares; de esta manera, también afectarían el desempeño en las actividades escolares del área de educación física, ya sea en intolerancia al ejercicio o desarrollando una mala técnica en el gesto deportivo.

A pesar de haber estudios previos sobre el arco plantar, en ninguno se menciona la relación con el rendimiento académico en el área deportiva, en escolares.

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima (I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos), durante el mes de Junio 2016?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación nace debido a la gran preocupación que aqueja a muchos padres de familia, que observan en los escolares de hoy, desinterés en la actividad física, y poca tolerancia a la marcha. Esto puede deberse al contexto actual, que limita en cierto modo el estímulo adecuado en el pie, generando en consecuencia defectos de apoyo plantar, los mismos que alteran la dinámica y la estática en el desempeño de las actividades cotidianas [5, 10, 17 - 19].

Teniendo en cuenta lo mencionado, los escolares estarían presentando algún defecto de huella plantar, el cual compromete el desempeño de las actividades cotidianas, siendo así, también se vería el efecto en el desenvolvimiento en las actividades escolares dentro del área de educación física. Dado que, en estudios precedentes sobre el arco plantar, no se menciona la relación con el rendimiento académico en el área de educación física en edades tempranas [5, 11, 13, 22], surge la interrogante acerca de la relación que pudiese existir entre ambos.

Con el aporte del diagnóstico precoz, brindado por el estudio, se benefician primordialmente los padres de familia, que teniendo en cuenta el resultado de la evaluación podrán acudir al especialista en el área de salud y así recibir el asesoramiento adecuado para el cuidado de sus hijos ya sea en la prevención o el tratamiento de los defectos de apoyo plantar, además a largo plazo, podrán evitar gastos onerosos en órtesis, férulas, plantillas, calzado, medicamentos para aliviar el dolor, etc.; y complicaciones mayores que repercuten en la biomecánica ascendente y estructural. También, al dar a conocer la existencia de relación entre el tipo de huella plantar y el rendimiento académico en escolares, se sabrá la influencia que tiene una sobre la otra. A su vez, teniendo en cuenta que este estudio es el primero en el área de ciencias de la salud en relacionar dichas variables, servirá como precedente para investigaciones posteriores.

### **1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar la distribución según género en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Identificar la distribución de los tipos de huella plantar, en cada pie, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Identificar la distribución de promedios de rendimiento académico en el área de educación física, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Identificar la distribución del Índice de Hernández Corvo, en cada pie, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Identificar la distribución del Índice de Hernández Corvo según la edad, en cada pie, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Identificar la distribución del Índice de Hernández Corvo según los promedios de rendimiento académico en el área de educación física, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Determinar la relación entre género y tipo de huella plantar, en cada pie, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Determinar la relación entre el Índice de Hernández Corvo y género en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Determinar la relación entre edad y tipo de huella plantar, en cada pie, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Determinar la relación entre rendimiento académico en el área de educación física y tipo de huella plantar, en ambos pies, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

Determinar la relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el Índice de Hernández Corvo en base a género y edad, en ambos pies, en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

## **1.5 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 HIPÓTESIS NULA**

No existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

### **1.5.2 HIPÓTESIS ALTERNA**

Si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para la realización del presente se revisó una serie de trabajos previos, relacionados con el objeto de estudio, los cuales sirven de antecedentes. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

Hernández Guerra, en su estudio: "Prevalencia del pie plano en niños y niñas en las edades de 9 a 12 años"; tuvo como objetivo definir mediante la huella plantar, el tipo de pie que prevalece en los niños de 4º, 5º y 6º grado, de una escuela de educación primaria. Los resultados dieron a conocer que los varones de 6º año presentaron la mayor cantidad de pie plano, mientras que las mujeres de 5º grado obtuvieron la mayor cantidad de pie cavo, por otro lado, los varones de 4º grado dieron mayor cantidad de pie normal [17].

Baar et al. Refiere que el pie plano flexible es uno de los principales motivos de consulta en la práctica del ortopedista infantil, a su vez resalta la tendencia de éste a corregirse en forma espontánea, y la rareza en cuanto a la producción de sus síntomas. Tuvo como objetivo determinar la morfología del arco longitudinal podal en niños chilenos de distintas edades, así como el impacto que genera en las actividades cotidianas. Se analizó los pies de 600 individuos (324 hombres y 276 mujeres), entre 1 y 15 años, empleando criterios descritos por Staheli, correlacionando los hallazgos con la presencia de dolor en las extremidades y alteración de la marcha. Dando como resultado que el 22% de los niños presentaron pie plano flexible; la distribución por edad mostró un gran predominio en menores de 3 años, con una disminución progresiva en niños mayores. No hubo diferencias significativas respecto a dolor en extremidades inferiores ni alteraciones en la marcha. Concluyen que el pie plano flexible corresponde a una condición normal en niños pequeños, dicho defecto tiende a la corrección espontánea y cursa en forma asintomática, por lo que el uso de plantillas o zapatos correctores no sería necesario [23].

En la investigación de Giraldo y Palomo se planteó como objetivo determinar qué tipo de huella plantar era la más frecuente en escolares de 8 a 10 años en el área de Plasencia. Se tomó como muestra 50 niños (28 varones y 22 mujeres). Los resultados obtenidos mostraron que la huella excavada (pie cavo), estaba presente en un 72% de los casos de la población. Se concluyó que los sujetos que presentaban mayor peso, también presentaban pie plano. El tipo de pie predominante fue el griego, con 40%. Además se comprobó que la hiperlaxitud articular es más frecuente en niñas [6].

A esto se suma el estudio de Corrales: “Epidemiología del Pie Cavo en la Población Escolar De Málaga”; que tuvo como objetivo principal valorar el pie cavo presente en escolares de 6 a 14 años de la Provincia de Málaga. Considerando a 640 individuos en su población; la cual se dividió en grupos representativos de 6 - 8, 9 - 11, 12 - 14, de acuerdo a las fases de evolución natural del pie infantil. Como resultado final se obtuvo que la prevalencia de pie cavo en la población escolar fue de 25.9%. No encontrándose variaciones significativas por grupos de edad [13].

Asimismo, Espinoza y Olivares determinaron la prevalencia de pie plano y cavo en estudiantes de 6 a 12 años de Arica. La medición se realizó en 420 sujetos (210 niñas y 210 niños), de tres diferentes centros educativos. A los cuales se les tomó la huella plantar, para posteriormente analizarla. Los resultados mostraron: en los varones, 31.6% de pie plano, 11.6% de pie cavo y 56.8% de pie normal; en el caso de las mujeres, se obtuvo 24.3% pie plano, 14.4% pie cavo y 61.3% de pie normal. Se concluyó que el pie plano tuvo mayor prevalencia (28%) en la población estudiantil [2].

Armenta, tuvo como objetivo principal identificar la incidencia de defectos de apoyo plantar más frecuentes en niños de 3 a 6 años que acudían al preescolar, de dos instituciones diferentes en el municipio de San Miguel Xoxtla durante el ciclo escolar 2009 - 2010. Fue un estudio de tipo observacional, transversal y multicéntrico que se aplicó en 430 sujetos. Se realizaron evaluaciones estáticas; para el diagnóstico se hizo uso de un podoscopio, así como de la impresión de huellas plantares. Finalmente, se encontró mayor porcentaje de pie plano (73%), frente al pie cavo (14%). Se concluyó que la incidencia de los defectos de apoyo plantar es mayor en mujeres, y en la edad de 5 años, siendo el pie plano el más frecuente [24].

En el estudio “Tipificación de la Huella Plantar de Escolares entre 6 y 8 años de la Población Urbana del Municipio de Pamplona”; Cáceres buscó determinar las características de las huellas plantares de los escolares pertenecientes a la zona urbana de la ciudad de Pamplona. La investigación fue de tipo descriptivo, de corte transversal, se fundamentó en la valoración y análisis del tipo de pie según Hernández Corvo (2002); además del análisis funcional biomecánico de Kapandji (2010). Los resultados obtenidos concluyeron que los sujetos estudiados presentaron mayor prevalencia de pie plano (70.1%) [25].

En cuanto al estudio “Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar”; cuyo objetivo fue realizar un estudio comparativo de los criterios de utilización

de los métodos estáticos de obtención y análisis de la huella plantar. Los autores señalan que estos métodos son una manera útil, más sencilla y menos costosa que los métodos dinámicos. Los métodos dinámicos son más usados para estudiar la biomecánica de la marcha. Ahora bien, ambos métodos permiten dar un diagnóstico, por lo cual el especialista en el área puede brindar el tratamiento adecuado para los problemas ortopédicos hallados en el paciente, previniendo en un futuro lesiones o deformidades mayores. Concluyen que, los métodos estáticos presentan ciertas ventajas sobre los dinámicos, no obstante, el estudio dinámico aporta información más precisa [7].

Zurita y Cabello plantean la necesidad de prevenir y corregir los posibles problemas podales en niños de edad escolar, dada la importancia que tienen en las actividades cotidianas. Sugieren que todo personal encargado del área de educación física debe tener conocimiento de la estructura anatómica del pie y su funcionamiento biomecánico, el cual permitirá el correcto desarrollo de esta estructura corporal de gran importancia para la ejecución de los movimientos básicos de marcha, carrera y salto. De este modo se podrá asegurar la reducción de estas patologías, que en edad adulta supondrían una mejora de la calidad de vida, por disminución de problemas asociados con molestias articulares, tendinosas, musculares e incluso óseas [26].

López et al., tuvo como objetivo determinar el efecto que tiene la práctica de la marcha atlética sobre las estructuras del pie, tanto en las respuestas inmediatas como en las adaptaciones a largo plazo por la práctica deportiva. Para ello se realizaron tres tomas de la huella plantar con el método del fotopodograma a una muestra de 17 marchadores jóvenes. La primera y segunda toma se realizó en ambos pies, en reposo y tras 30 minutos de marcha. La tercera toma, también en reposo sobre el pie dominante. Los resultados indicaron que no había diferencias significativas entre el pie derecho e izquierdo, ni antes, ni después del ejercicio. Sin embargo, mientras que el pie derecho mostró incrementos en el ancho del antepié y mediopié ( $P < 0.05$ ), en el pie izquierdo se manifestó un incremento en la longitud del pie. Este comportamiento pudo deberse a las características del circuito sobre el que se realizó la marcha circular con giro a la izquierda. Razón por la cual los investigadores sugieren que los entrenamientos se deben desarrollar en circuitos equilibrados con curvas a ambos lados. Finalmente los autores infieren que otro factor influyente en el resultado pudo ser el desarrollo propio de los atletas, debido a que varios de los participantes se encontraban en edad de crecimiento [27].

En el ámbito deportivo, la medición y el análisis de las estructuras del cuerpo humano se han convertido en áreas de estudio útiles para verificar su influencia en el rendimiento deportivo. Lozano y Barajas plantearon el objetivo de conocer indicadores tipológicos de los deportistas de patinaje de carreras del club Norte Patín de la ciudad de Cúcuta. En la cual, para obtener el tipo de pie prevalente de la población, se analizó la huella plantar siguiendo el protocolo de Hernández Corvo. La población de estudio la conformaron 15 deportistas de ambos géneros, divididos en 3 grupos: dos de sexo femenino, donde el primer grupo constó por 7 patinadoras con un promedio de edad de 7.7 años; el segundo con 5 patinadoras con un promedio de 12 años, y el tercer grupo de 3 patinadores con un promedio de edad de 7.7 años. Las pruebas aplicadas permitieron analizar la huella plantar con el índice tipológico de pie de Hernández Corvo. La implementación del análisis estadístico permitió conocer el comportamiento de las variables a nivel individual y grupal; adicionalmente, se comparó los resultados de las variables del estudio entre los grupos evaluados, en busca de establecer diferencias entre las mismas. Se concluyó que los tipos de huellas plantares presentes en la población estudiada fueron: normal, normal cavo y cavo [28].

Barajas y Santana tuvieron como objetivo conocer los indicadores antropométricos y morfológicos de los deportistas de alto rendimiento del departamento de Córdoba. Para ello, aplicaron pruebas de mediciones de peso, talla, perímetros y longitudes de segmentos corporales, diámetros óseos, entre ellos el estudio de la huella plantar y centro de masa. La población estudiada estuvo conformada por 28 deportistas de sexo masculino perteneciente a la selección de voleibol, edad media de  $20.2 \pm 2$ , levantamiento de pesas, edad media de  $17.9 \pm 2$ , y karate DO, edad media de  $23 \pm 2$ . Las pruebas aplicadas permitieron establecer el estudio de índices antropométricos, composición corporal en cuatro componentes de Grec y Acero, somatotipo, masas segmentales, ubicación del centro de masa/gravedad en los tres planos y tipología de pie según Hernández Corvo. La implementación del análisis estadístico permitió conocer el comportamiento de las variables a nivel grupal por disciplina deportiva. Los resultados indican que las huellas plantares con mayor presencia fueron pie normal y pie cavo, no encontrándose ningún pie plano [29].

Fernández en su estudio tuvo como objetivo caracterizar los tipos de apoyo plantar presentes en deportistas de élite cubanos. La población estuvo conformada por 33 deportistas pertenecientes a los equipos cubanos de: Volleyball Masculino B, Juvenil; y Balonmano Femenino; a los cuales se les tomó las huellas plantares, antes y después

de la actividad deportiva. Se concluyó que, los tipos de pies presentes fueron: Plano, Normal Plano, Normal, Normal Cavo, Cavo y Cavo Fuerte. Además, la modificación más resaltante después de realizar la actividad deportiva fue el cavo en ambos pies; pese a ello se encontró como promedio podal presente en la población el pie Normal Cavo. Ambos pies se modificaron por igual; las alteraciones asociadas fueron: Callosidades, proyección de Rossi y Lucarelli, hiperpronación - astragalina y falta de apoyo en II y V artejos; solo 6 deportistas presentaron diferentes modificaciones de los arcos plantares en ambos pies [30].

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 ANATOMÍA DEL PIE**

El pie es una estructura mecánica integral compuesta por 28 huesos (incluyendo 2 sesamoideos), articulaciones y ligamentos. Ésta extremidad distal, funcional y anatómicamente se divide en tres grupos: retropié (astrágalo y calcáneo) formando la articulación subastragalina; el antepié (metatarsianos y falanges); y el mediopie (escafoides, cuboides y cuñas) que se articula con la base de los cinco metatarsianos y el escafoides [1, 2, 5, 17].

El tarso está formado por 7 piezas óseas distribuidas en dos secciones alineadas, una posterior conformada por el astrágalo y el calcáneo; y una anterior, por el cuboides, escafoides y tres cuñas. Mientras que el metatarso está compuesto por 5 huesos largos, que van desde la cara medial del pie, tienen forma de prisma y su tamaño generalmente va descendiendo desde el primero al quinto metatarsiano. El segundo metatarsiano suele ser el de mayor extensión. Asimismo los dedos cuentan estructuralmente con 14 falanges que forman el esqueleto óseo de los dedos [1, 2, 5, 17].

El pie en su composición tiene dos tipos de articulaciones que cumplen distintas funciones; un grupo denominado articulaciones dinámicas (movimiento), como la tibio - astragalina y las articulaciones metatarso falángicas e interfalángicas, las mismas que participan en la locomoción y; por otra parte, el grupo de las articulaciones plásticas (acomodación), como las tarsianas y tarso metatarsianas que forman parte de la bóveda plantar, son las encargadas de la transmisión de cargas y fuerzas, además son las que permiten mantener la forma anatómica del pie, la cual hace posible el desempeño de sus funciones como: amortiguador de impactos contra el suelo, y adaptador de superficies irregulares. En el mediotarso las articulaciones plásticas funcionan como una coordinada unidad anátomo funcional, que brinda una amplia

libertad de movimiento, formada por el acoplamiento de la articulación astrágalo – escafoidea (semi esférica, de mayor movilidad) y la articulación calcáneo – cuboidea [1, 2, 5, 17].

De acuerdo a su funcionalidad el pie puede dividirse en tres partes fundamentales: talón (da apoyo en la parte posterior), antepié (da apoyo en la parte anterior) y la bóveda plantar.

### **2.2.2 TALÓN**

El talón se encuentra formado por el calcáneo, su función es amortiguar el impacto del pie contra el suelo durante la fase de apoyo en la marcha, para poder desempeñar esta función adecuadamente se puede desviar 5 grados en valgo desde la línea de Helbing [1].

Los elementos encargados de mantener estable el talón actúan tanto en el plano frontal como en el sagital. En el plano frontal, entre los ligamentos que actúan para evitar el valgo y pronación, figuran: el ligamento deltoideo (impide la pronación), el ligamento interóseo tibio - peroneo (ayuda en la estabilidad), el ligamento astrágalo - calcáneo (impide la separación entre astrágalo y calcáneo). Los elementos que actúan a compresión para impedir su caída son: el maléolo - peroneo (potente tope ubicado en la parte externa del astrágalo, impide el valgo), el sistema de sustentaculum tali (trabéculas verticales en el calcáneo). En el plano sagital, la estabilidad se mantiene por un sistema constituido por 3 elementos: el tendón de Aquiles, el sistema trabecular postero - inferior del calcáneo, músculos cortos del pie (flexor corto y abductor del primer dedo del pie) [1].

### **2.2.3 ANTEPIÉ**

Es la parte anterior del pie, formado por el metatarso y las falanges. Todos los metatarsianos soportan carga, el primer metatarsiano soporta más del doble de peso que cada uno de los restantes. Como Lake describe, el cono que se ensancha de posterior hacia anterior formado por los metatarsianos, constituye sobre la superficie un arco de concavidad posterior en el plano horizontal; este arco al desestructurarse por diferencias en la longitud de los diferentes metatarsianos, puede generar metatarsalgias [1].

### **2.2.4 LA BÓVEDA PLANTAR**

La bóveda plantar, tiene forma de concha abierta o cúpula, esta concavidad en su parte superior (formada por huesos) soporta fuerzas de compresión; la inferior

(constituida por ligamentos aponeuróticos y músculos cortos), resiste fuerzas de tensión [1, 2, 5, 7].

Para Kapandji, la bóveda plantar reúne estructuras osteoarticulares, ligamentosas y musculares del pie. Sus propiedades elásticas y su forma curvada, le permiten adecuarse a la gran variedad de superficies durante la marcha o la bipedestación [1, 2, 5, 7]. Actuando de forma pasiva los huesos y cápsulas mantienen la forma del pie, mientras que los ligamentos y músculos lo hacen de manera activa haciendo posible el movimiento.

A los tres puntos donde se apoya la bóveda plantar se le denomina también trípode podálico. Visualmente la unión de cada punto de apoyo forma un triángulo no equilátero, ahora bien, cada punto brinda resistencia a las tensiones del pie. Estos centros de apoyo se encuentran en: la cabeza del primer metatarsiano (apoyo antero - interno), la cabeza del quinto metatarsiano (apoyo antero - externo) y la apófisis del calcáneo (apoyo posterior). Gracias a ellos se distingue una serie de arcos longitudinales y transversales, el único arco visible clínicamente es el longitudinal interno [1, 2, 5, 7, 27, 31].

La estabilidad de la bóveda plantar se mantiene gracias a la agregación de varios sistemas:

- a. Un sistema pasivo y resistente, integrado por ligamentos que actúan sin efectuar gasto de energía, que además soporta la carga corporal.
- b. Un sistema activo, que requiere energía y puede generar fatiga, compuesto a su vez por los sistemas muscular (plantar del pie) y tendinoso.

Durante el desempeño de las actividades de vida diaria ambos sistemas deben soportar y neutralizar las fuerzas de tracción y compresión que pueden ser mayores al peso corporal [1, 2, 5, 7, 27, 31].

Desde un corte transversal la bóveda plantar en la parte superior está estructurada por huesos que permiten soportar fuerzas de compresión, mientras que la parte inferior formada por ligamentos aponeuróticos y músculos cortos, biomecánicamente está preparada para soportar fuerzas de tracción. Hicks describió que la fascia plantar y los músculos intrínsecos cumplen la función de estabilizar el arco longitudinal. La aponeurosis podal desempeña el papel de tirante o cabestro durante la marcha, en la ejecución de la dorsiflexión, poniendo en tensión la fascia plantar, lo cual eleva y produce un acortamiento mecánico del arco longitudinal e invierte el retropié [1, 2, 5, 7, 29, 31, 32].

En el recién nacido no es perceptible el arco longitudinal, debido a que su pie inmaduro generalmente presenta una bolsa adiposa que gradualmente desaparecerá, únicamente se hace notorio, cuando el infante ha adoptado la posición de pie y se comienzan a distribuir las tensiones derivadas del soporte de cargas y balanceo durante la marcha. Durante los primeros años de vida, los pies se encuentran en formación, y el arco longitudinal interno en evolución, razón por la cual es común encontrar pies en posición de calcáneo - valgo; esta extremidad distal inicia como una estructura muy flexible, ya que todavía no ha desarrollado la fortaleza necesaria. Es por ello que al recibir estímulos externos, el arco plantar y los elementos que la conforman se adaptarán para su óptimo desempeño [1, 2, 5, 7].

## **2.2.5 ARCOS DE LA BÓVEDA PLANTAR**

El pie tiene tres arcos fundamentales: arco interno, arco externo y arco anterior, los cuales adecuadamente equilibrados contribuyen para poder mantener un correcto apoyo sobre el suelo y desempeñar las funciones biomecánicas [1].

### **2.2.5.1 EL ARCO INTERNO**

Conocido también como arco longitudinal, considerado el más importante tanto en la dinámica como en la estática. Su recorrido va desde el calcáneo hasta la cabeza del primer metatarsiano, es el más largo y elevado, a diferencia de los otros dos arcos y está conformado por cinco estructuras óseas de anterior a posterior [1]:

- Primer metatarsiano.
- Primera cuña.
- Escafoides.
- Astrágalo.
- Calcáneo.

Algunos autores afirman que, los músculos son los verdaderos tensores del arco, los cuales son:

- Tibial posterior.
- Peroneo lateral largo.

- Flexor largo del primer dedo, sumado al flexor común de los dedos (son estabilizadores del astrágalo y del calcáneo).
- Aductor del primer dedo.

#### **2.2.5.2 EL ARCO EXTERNO**

Tiene una estructura más rígida que el arco interno. Guarda una distancia, con la superficie de apoyo, de 3 a 5 mm, su tejido blando se encuentra en contacto con la superficie [1]. Se extiende sobre el borde externo del pie, la cual componen tres piezas óseas:

- Calcáneo.
- Cuboides.
- Quinto metatarsiano.

Los músculos que cumplen la función estabilizadora son [1]:

- Peroneo lateral corto.
- Peroneo lateral largo.
- Abductor del quinto dedo.

#### **2.2.5.3 EL ARCO ANTERIOR**

Este arco transversal se encuentra en el antepié, su recorrido va desde la cabeza del primer metatarsiano hasta el quinto metatarsiano, encontrándose su punto más elevado en la cabeza del segundo metatarsiano. En el plano frontal el arco anterior es visible con el pie en descarga. En cuanto a los tejidos blandos que conforman el arco anterior, el músculo abductor del primer dedo posee un entramado de cuerdas parciales y totales entre las cabezas de los metatarsianos que dan soporte a dicha estructura, este es un músculo de poca potencia, que con la tensión y tracción forzamos con facilidad, por lo que puede sufrir diferentes lesiones [1].

#### **2.2.6 BIOMECÁNICA DEL PIE**

El pie se desenvuelve en tres ejes de movimiento: flexión – extensión, rotación interna, rotación externa y supinación – pronación. Funcionalmente las articulaciones que la componen se pueden dividir en dos grupos, las articulaciones de acomodación (cuya función es amortiguar el impacto del pie contra el suelo y adecuarlo a las diferentes

superficies, constituida por las articulaciones del tarso y tarso - metatarsianas), y las articulaciones de movimiento (cuya función dinámica es gracias a las articulaciones de los dedos y del tobillo) [1].

La característica flexible del pie le permite amoldarse y adaptarse a las irregularidades de la superficie. En el despegue durante la marcha la tibia rota externamente, lo cual conlleva al tobillo realizar una flexión plantar por acción del tibial posterior junto al tríceps sural, y al retropié a situarse en varo; dicha posición separa los ejes de las articulaciones astrágalo - escafoidea y calcáneo - cuboidea, además bloquea la articulación mediotarsiana; generando una rigidez podal capaz de soportar cargas [1].

En el pie, el primer hueso que encuentran las fuerzas, es el astrágalo, cuya función principal es distribuir las fuerzas hacia los diferentes puntos de apoyo durante la bipedestación y la marcha; además de la distribución de cargas y presiones [1].

En bípedo, el peso del miembro superior, primero es transmitido a la pelvis, la cual, a través de las extremidades inferiores, continúa sumando y transmitiendo el peso hacia el suelo; lo cual significa finalmente que cada pie debería soportar la mitad del peso corporal. A su vez, en esta posición, el 56% del peso se concentra en el talón, mientras que el 44% en el antepié. Si hay elevación de 2cm en el talón, el peso se desplaza proporcionalmente hacia adelante quedando 50% en ambas partes. En la marcha, durante la fase de balanceo, el peso del cuerpo se multiplica por 2, en la carrera por 3 y por 4 o 5 al saltar [1].

En el plano sagital, mediante un análisis barométrico, se ha comprobado que, el 60% de las fuerzas van en dirección hacia el calcáneo, y el 40% restante va dirigido al antepié. Ahora bien, dicha proporción varía con las diferentes fases de la marcha [1].

### **2.2.7 COMPLICACIONES DE UNA ALTERACIÓN EN EL PIE**

Cualquier modificación en la estructura del cuerpo humano ocasiona alteraciones que de no ser tratadas oportunamente generan complicaciones. Es así que, un pie alterado no cumple las características estructurales ni funcionales de un pie normal. Según Caillet, un pie normal, no presenta dolor, debe exhibir un equilibrio muscular normal, no presenta contracturas, posee un talón alineado o con el mínimo de valgo, asimismo los dedos se encuentran alineados para distribuir el peso dentro del centro de gravedad. Ahora bien, las complicaciones en el pie pueden oscilar entre el corto y largo plazo. Dentro de las complicaciones a corto plazo, se encuentran: dolor en miembros inferiores, contracturas musculares, callosidades en los pies, poca

tolerancia a la marcha. Por otro lado, a largo plazo pueden generar: desgaste articular prematuro y deformaciones en el pie, lo cual altera articulaciones proximales y distales, generando problemas mayores [7, 32, 33].

### **2.2.8 ESTIMULACIÓN Y ACTIVIDAD EN LA FORMACIÓN DE LOS ARCOS**

Durante los primeros años de vida, es decir, la primera infancia, es característico el hallazgo de pie plano, ocasionado por la laxitud y la presencia de una bolsa adiposa en la zona. Diversos estímulos como: apoyar el pie, caminar sobre texturas variadas, correr, saltar; son primordiales para el fortalecimiento muscular del miembro inferior, a su vez, con el equilibrio de las fuerzas musculares se contribuye en la formación de los arcos plantares [1, 7, 33 - 35].

La estimulación plantar antes, durante y después de la bipedestación del niño ayuda de manera notable en el desarrollo de los arcos podales, facilitando la absorción de los paquetes serosos y garantizando mejores conducciones neurológicas periféricas que son relacionadas al sistema cupular del pie. En general se puede afirmar que estas estimulaciones cimientan la morfología podal, convirtiendo los arcos plantares en aliados de la estática y dinámica [7].

Según Hernández Corvo: “La reacción del pie frente a las cargas, tipifica esta condición de cúpula, elevándose para asimilar el paso y también lograr su propulsión acelerante” [25].

### **2.2.9 MÉTODO DE HERNÁNDEZ CORVO**

Consiste en tipificar el pie según las medidas obtenidas del análisis de la imagen plantar, dando como producto seis variabilidades que comprenden desde el pie cavo extremo hasta el pie plano [14, 26].

El método de Hernández Corvo “HERZCO” puede emplear a la vez otros métodos para la obtención de la huella plantar, ya sea un fotopodograma, pedígrafo o como lo sugieren Aguado, Izquierdo y González, un folio empleando tintura soluble en agua, con la ventaja de ser el más económico, pero con el inconveniente de tener que limpiar la planta del pie una vez finalizada la toma de huella plantar [14, 26].

### **2.2.10 ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO - CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE PIE DE ACUERDO CON EL VALOR DE X %**

Relación porcentual que se obtiene a través de una ecuación, donde se considera la anchura metatarsiana y la de la bóveda plantar. Brinda una clasificación de acuerdo al tipo de pie [7 - 10]:

Pie plano: 0 - 34

Pie plano normal: 35 – 39

Pie normal: 40 - 54

Pie normal cavo: 55 – 59

Pie cavo: 60 - 74

Pie cavo fuerte: 75 - 84

Pie cavo extremo: 85 - 100

### **2.2.11 EXAMEN DE LAS HUELLAS PLANTARES**

El análisis de las huellas plantares nos permite mediante algunas mediciones, visualizar las presiones que tiene el pie sobre las superficies planas [7 - 10].

Seringe, nos dice: "Una huella plantar normal es aquella en la que el apoyo se realiza en el talón, borde externo del pie, cabezas de los metatarsianos y pulpejos". Claustre, agrega que en una huella plantar normal el ancho del antepié equivale a tres veces el ancho del borde externo del pie. A ello se suma la opinión de Sirgo y Aguado, que afirman: "Según la modalidad deportiva y la asimetría del gesto técnico, la huella plantar puede variar tanto en su longitud como en su ensanchamiento tras la finalización de la actividad física" [7 - 10].

## **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1 PIE PLANO**

Término genérico que describe una disminución o ausencia de la bóveda plantar, lo cual conlleva a una mayor superficie de contacto del pie con el suelo, puede acompañarse con un retropié en valgo y pronado mientras que el antepié está en abducción y supinación. Según la anatomía patológica, el pie plano está caracterizado por la disminución en la altura del arco interno y presencia de valgo en el talón, en el retropié el astrágalo se desplaza hacia abajo, adelante y adentro, además está vinculado a desequilibrios musculares y a hiperlaxitud ligamentaria [23].

El pie plano altera la biomecánica generando dos cambios en las fuerzas del miembro inferior, por un lado las estructuras contráctiles incrementan su trabajo consumiendo

más energía para brindar la misma función de manera adecuada, y por otro, se da la incapacidad para la reabsorción de las fuerzas del suelo, afectando a la vez el reparto del peso corporal. Además este defecto de apoyo plantar con el pie en descarga, presenta el antepié en supinación que por lo general permanece bloqueado, sometido a carga provoca inestabilidad en el recorrido del antepié de afuera hacia dentro y de posterior hacia anterior, lo cual hace que el tiempo de amortiguación y la velocidad de desplazamiento hacia la pronación aumente, por lo tanto la tibia tendrá un momento torsional en rotación interna desencadenando una sobrecarga en la rodilla y predisposición para lesiones en los miembros inferiores. Fisiológicamente el ser humano presenta un pie plano hasta antes de los 4 años, aunque en algunos casos puede darse hasta los 5 años, posteriormente a los 5 o 6 años ya se ha producido una absorción de la bolsa serosa en la parte plantar, logrando disminuir la hiperlaxitud ligamentaria y generando aumento de potencia muscular [23].

#### Clasificación:

- Pie plano - valgo flexible: Dentro del grupo es el más común. Pediatras indican que cerca del 80% de la población infantil lo presenta. Asociado generalmente a la hiperlaxitud de los ligamentos, suele presentarse de manera asintomática, en este tipo de pie plano se logrará visualizar el arco plantar en descarga de pesos, mientras que, en carga desaparecerá totalmente [29].
- Pie plano - valgo congénito: Este tipo de pie plano es diagnosticado con mayor facilidad mediante las pruebas radiográficas, en las cuales se logra visualizar la verticalización de astrágalo. El paciente manifiesta signos de rigidez y dolor durante la movilización del antepié y retropié. Suele asociarse a la luxación de cadera debido a que frecuentemente acompaña a este tipo de defecto de apoyo plantar [29].
- Pie plano - espástico: Este tipo de pie es generalmente asociado a lesiones neurológicas de clasificación central o periférica, se genera debido al estado prolongado de hipertonia del tríceps sural [29].

#### Etiología:

Algunos de los causantes del pie plano pueden ser óseos, músculo – ligamentosos, alteraciones neuromusculares, deformidades proximales y distales e incluso el inicio de la marcha prematura [24].

- Dentro de las causas óseas más frecuentes se encuentran: Escafoides muy prominente, astrágalo vertical o pie plano - valgo convexo (extremo), que también se denomina “pie en mecedora” o “pie en hamaca” por la forma invertida del arco longitudinal [24].
- Las alteraciones músculo – ligamentosas: Son el grupo más frecuente, en el cual resalta el pie plano laxo infantil llamado también pie plano flexible, que se presenta con mayor concurrencia en niños hiperlaxos. Una clara compensación observada es la deambulación con los pies hacia adentro para conseguir una mayor estabilidad [24].
- Otra de las causas se debe a alteraciones neuromusculares como la poliomielitis o las parálisis cerebrales infantiles [26].
- Deformidades proximales o distales en miembros inferiores como el genu valgo, coxa valga, etc.
- El inicio precoz de la marcha (cuando la estructura ósea y fuerza muscular eran insuficientes), el uso de andadores y de zapatos inadecuados [24].

Sintomatología:

La mayoría de pacientes pediátricos que presentan pie plano no refieren síntomas, pese a ello algunos padecen de uno o más a la vez, asimismo su intensidad varía de acuerdo al tipo y severidad de pie plano [30].

Algunas señales y síntomas pueden incluir:

- Dolor, hipersensibilidad, o calambres en miembro inferior.
- Inclinación del talón hacia fuera.
- Modificación en el patrón de marcha.
- Incomodidad con el uso de calzado.
- Cansancio muscular, lo cual conlleva a una disminución de la fuerza muscular.
- Intolerancia a la actividad física.

### **2.3.2 PIE CAVO**

La característica principal del pie cavo es presentar el arco plantar con mayor elevación que el normal, generando una disfunción en la musculatura podal, la cual suele ir acompañada del acortamiento muscular de los flexores de los dedos del pie, dando como resultado dedos en garra, al mismo tiempo estas modificaciones estructurales provocan inestabilidad de la marcha y tendencia a padecer lesiones como esguinces de tobillo, fascitis plantar, entre otros. Analizado biomecánicamente,

en la fase de contacto durante la marcha el pie cavo se encuentra en supino, lo mismo ocurre en la fase de apoyo medio a diferencia de la fase de despegue, en la que de tratarse de un pie normal se encontraría en posición supina, sin embargo está en neutro [25].

Dentro de las causas la mayoría de los casos se relaciona a una enfermedad neurológica, aunque también tiene su origen idiopático donde no hay causa que lo justifique [25].

Etiología:

- Alteraciones óseas generadas por: Malformaciones congénitas (de poca incidencia), secuelas traumáticas (inadecuada alineación), acciones mecánicas externas (vendajes, férulas mal empleadas, zapatos estrechos) [27].
- Alteraciones cápsulo – ligamentosas: Retracciones o acortamientos de ligamentos, piel. Suele asociarse a enfermedad de ledderhose, dupuytren de la mano [27].
- Alteraciones neuromusculares: En este grupo se encuentran las enfermedades de origen heredo degenerativas [27].
- En algunos casos, sobre todo en deportistas, el requerimiento de la actividad a realizar puede generar el llamado pie cavo esencial, el cual brinda mayor flexibilidad y propulsión al individuo, aun así es importante no exceder el cavo debido a que como todo defecto de apoyo plantar genera cambios biomecánicos que originan compensaciones que a largo plazo conllevan a complicaciones en la estructura corporal [27].

Descripción anatómica del pie cavo:

- Pie cavo posterior en el plano sagital: A consecuencia de la insuficiente contracción del tendón de Aquiles, el calcáneo se verticaliza. En el pie cavo posterior el antepié es normal [27].
- Pie cavo anterior en el plano sagital: De mayor prevalencia, en este tipo de cavo el talón se encuentra igual que en condiciones normales. Se produce por un descenso (caída excesiva) de los metatarsianos, por lo que la mayor distribución de carga se hace sobre la cabeza de los metatarsianos, que se tienden a ulcerar. Es característica la hiperflexión proximal de la primera falange (primer dedo), lo cual genera molestia y dolor [27].
- Pie cavo mixto en el plano sagital: se visualiza la verticalización del calcáneo y de los metatarsianos [27].

- Pie cavo en el plano frontal (retropié): Se puede encontrar pie cavo con varo, cavo con talón recto, y de poca prevalencia, pie cavo valgo (es una forma de pie plano) [27].
- Pie cavo en el plano frontal (antepié): cuando el pie cavo es severo, se caracteriza por presentar los dedos del pie flexionados involuntariamente (simulando una garra), lo cual sumado al calzado que tiende a presionar y rozar la piel, genera callos y otras lesiones [27].

#### Sintomatología:

Este defecto de apoyo plantar en su mayoría suele diagnosticarse en niveles avanzados debido a la poca presencia de síntomas en etapas iniciales. Suele manifestarse con dolor sobre la zona del arco plantar, talón y a veces en el antepié, la acentuación excesiva del arco ejerce mayor tensión muscular lo cual acorta la longitud del pie y tiende a hacer más rígidas las articulaciones, provocando dolor al caminar o permanecer de pie por un tiempo prolongado y correr, sumado a la dificultad para usar zapatos [27].

#### Signos de la presencia de pie cavo:

- Alteraciones de la marcha, que está invertida, primero se apoya la parte anterior (hay desgaste en la parte anterior del zapato).
- Problemas con el calzado, hay callosidades en los dedos porque rozan con el zapato.
- Inestabilidad del tobillo.
- Talalgia.
- Metatarsalgia.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

El enfoque de la presente investigación científica es cuantitativo, debido a que, busca mediante la cuantificación de los datos recolectados comprobar la hipótesis. A su vez, emplea el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento.

#### **3.1.2 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tiene alcances descriptivo y correlacional, debido a que busca especificar las características y los fenómenos de la población de estudio, además de dar a conocer la relación entre las variables.

#### **3.1.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño del presente estudio es observacional, debido a que las investigadoras se comportaron como espectadoras de un fenómeno, sin realizar ninguna modificación; analítico, porque de los datos obtenidos se analizó la influencia entre variables; transversal, debido a que en una fecha determinada se realizó la medición de huellas plantares de ambos pies de los sujetos participantes, recolectándose de los mismos las notas parciales que se encontraban en los registros académicos del área de educación física.

### **3.2 POBLACIÓN OBJETIVO Y MUESTRA**

La población en el presente estudio estuvo conformada por estudiantes de ambos géneros, de 6 a 12 años, que acudieron a la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

#### **3.2.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Se evaluaron 217 estudiantes, de ambos géneros, de 6 a 12 años.

#### **3.2.2 SELECCIÓN DEL MUESTREO**

Se empleó el Muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando los elementos por cada grupo etario.

### 3.2.3 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

#### 3.2.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- En el estudio participaron estudiantes con edades comprendidas entre seis y doce años.
- Estudiantes de ambos géneros.
- Estudiantes que acudieron a la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.

#### 3.2.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Estudiantes que no permitieron ser evaluados.
- Estudiantes que en la institución educativa no tenían registrado el documentos de identidad que certifique su edad en años cumplidos.
- Estudiantes que no tenían el documento de consentimiento informado debidamente llenado y firmado por el padre o apoderado.

### 3.3 VARIABLES

#### 3.3.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES EMPLEADAS

VARIABLE	DEFINICIÓN	CATEGORIZACIÓN	CATEGORÍA	TIPO	ESCALA DE MEDICION
Tipo de huella plantar	Variación de la huella plantar que se da en función de la elevación del arco interno.	¿Qué tipo de huella plantar presenta?	Pie plano: descenso del arco plantar. Pie cavo: acentuación excesiva del arco plantar. Pie normal: arco plantar no muy elevado ni descendido.	Cualitativa nominal	Análisis de la huella plantar
Rendimiento académico en el área de educación física	Calificación que es asignada por el docente teniendo en cuenta la escala vigesimal, la cual se aplica en el país	¿Qué nota obtiene?	0 – 20	Cuantitativa continua	Registro de notas
Índice De Hernández Corvo	Clasificación del tipo de pie de acuerdo al valor de X %.	¿Qué porcentaje presenta?	0 – 100%	Cuantitativa continua	Ecuación de IHC
Edad	Tiempo que una persona ha vivido desde el nacimiento	¿Qué edad tiene?	6 a 12 años	Cuantitativa discreta	Verificación de la fecha de nacimiento
Género	Condición orgánica que distingue al varón de la mujer	¿Masculino? O ¿femenino?	Femenino Masculino	Cualitativa nominal	Fichas de recolección de datos.

### **3.4 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1 TEMÁTICA**

El trabajo de investigación “Rendimiento académico en el área de educación física relacionado al tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima” se desarrolló en el área de Ciencias de la Salud, siendo aplicado en estudiantes de educación básica regular.

#### **3.4.2 TEMPORAL**

La investigación se realizó durante el mes de Junio del año 2016.

#### **3.4.3 ESPACIAL**

La investigación se realizó en la I.E.P. Niño Jesús de Praga, del distrito de Chorrillos, en la ciudad de Lima – Perú.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN**

Para llevar a cabo la recopilación de la información de este estudio se decidió acudir a la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos. Se tomó como muestra a niños de seis a doce años.

1. Se solicitó el permiso pertinente, mediante un oficio dirigido a la directora de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos, para la realización del mismo en la fecha indicada dentro del cronograma de actividades. Asimismo, se anexó junto con el oficio el plan de trabajo, donde se explicaba la importancia de su participación como institución y la relevancia del estudio.
2. Previo consentimiento de la Dirección de la I.E.P. Niño Jesús de Praga, se envió un sobre sellado a los padres de familia o apoderados de los estudiantes del nivel primario. El sobre contenía el consentimiento informado y la ficha informativa del estudio científico, donde se explicaba, de manera detallada, en qué consistía el procedimiento y la importancia de la participación de su menor hijo. Asimismo, se comunicó que, en retribución, se brindaría de forma personalizada en sobre sellado los resultados obtenidos del análisis de las huellas plantares de cada estudiante; y un informe detallado de lo encontrado, a la institución educativa.
3. Se accedió a cada grupo para realizar las valoraciones. El tutor encargado de cada uno de los grupos presentó a las investigadoras con sus estudiantes, las mismas que explicaron el motivo de la visita. Una vez informados, se procedió con la toma de huellas plantares. Para tener un mejor control en los registros

por grupos, por orden de lista y descalzos, uno a uno pasaron primero a la impregnación con tinta de la planta de ambos pies, y luego a la toma de huellas plantares (derecha e izquierda) sobre hojas bond de 80 g. La toma de la huella plantar de cada niño se realizó individualmente durante un aproximado de cinco minutos (aprox. 40 estudiantes por día). Procedimientos para toma de huella plantar:

- a) Plantigrama: Al niño(a) sentado(a) y descalzo(a), frente a un pliego de papel bond A4, se le pasó por la planta del pie un algodón embebido en tinta, luego puesto de pie, dejó la huella plantar sobre el papel (primero apoyó un pie perpendicular al pliego de papel, seguido del otro pie en la posición indicada), finalmente regresó a sedente, retiró suavemente cada pie del papel bond A4. Hecho esto, se procedió a limpiar cuidadosamente la planta de ambos pies con algodón embebido en alcohol al 70 %, los excedentes de tinta fueron limpiados con toallitas húmedas.
  - b) Método de Hernández Corvo: Una vez obtenida la huella plantar de cada individuo se procedió a realizar los trazos correspondientes con la ayuda de una escuadra y una regla. Los resultados fueron calificados y agrupados de acuerdo al tipo de defecto de apoyo plantar que presentaron. Para el análisis de las huellas plantares se invirtió aproximadamente 5 minutos por huella.
4. Con el apoyo de la dirección se obtuvo una copia de las calificaciones parciales del área de educación física, sólo de los estudiantes participantes.

Finalmente, de los resultados recolectados se obtuvieron los análisis, descriptivo e inferencial.

### **3.5.1 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO**

El Método de Hernández Corvo, no presenta validez reportada en Perú, aun así, se encuentra como uno de los métodos de análisis y obtención de la huella plantar más comúnmente utilizados dentro de la práctica clínica. Está basado en la medida estática del pie. Tiene buena precisión, tanto en el análisis como en la clasificación del tipo de pie. Consiste en tipificar el pie según unas medidas que se realizan en base a la impresión plantar. Cabe resaltar que ha sido empleado en trabajos de investigación precedentes, algunos autores que ya la han empleado son: Hernández; Sirgo et al.; Abián et al.; etc [5, 7, 8, 10].

### 3.5.2 MÉTODO DE HERNÁNDEZ CORVO “HERZCO”

Este método consiste en resaltar unos puntos sobre el registro de la huella plantar y sobre ellos se trazan líneas paralelas y perpendiculares.

Aguado describe el método Herzco de la siguiente forma:

- Se marcan los puntos 1 y 1', sobre ellos se hace el trazo inicial (Anexo 1).
- Se marcan los puntos 2 y 2', sobre cada uno de ellos se trazan líneas perpendiculares al trazo inicial. El punto 2 debe pasar por el dedo que sobresalga más (Anexo 2).
- Se toma como medida fundamental la distancia entre el punto 1 y la perpendicular que forma con el punto 2. Asimismo, a lo largo del trazo inicial se marca varias veces la medida fundamental (MF). Se trazan líneas perpendiculares al trazo inicial, por cada punto donde acaben las medidas fundamentales (líneas 3, 4 y 5). Al mismo tiempo, en relación a estas líneas, se trazan perpendiculares por los puntos más externos de la huella plantar (6, 7 y 8) (Anexo 3).
- Se traza la línea 9, que pasan por el borde interno del pie, entre las líneas 4 y 5. Siendo la distancia entre los trazos 7 y 9 la anchura del mediopié, la cual se marca como “Y” (Anexo 4).
- La anchura del antepié se encuentra delimitada por los trazos 1 – 1' y 6, la cual da lugar a “X” (Anexo 4).
- Con los valores de “X” y “Y” se aplica la fórmula (Anexo 5):  $((X - Y) / X) \times 100$ .
- Con el valor del porcentaje obtenido se realiza la valoración del tipo de pie, de acuerdo con la clasificación presentada en el cuadro 1.

### 3.5.3 PLANTIGRAMA

Método de exploración estático de la huella plantar, propuesto por Aguado, Izquierdo y Gonzales; el cual consiste en la plasmar la huella plantar del pie, utilizando papel y tinta lavable.

Características:

- Proporciona una imagen del perímetro de superficie de contacto del pie (en bipedestación) con el suelo.
- No daña la piel del paciente por ser un material inocuo.
- Es de bajo presupuesto.

- Brinda una imagen objetiva de las presiones del pie contra el suelo, mediante las escalas de coloración en los diversos puntos de presión, identificando los puntos de mayor presión más claros que los de menor presión.

Técnica:

1. Se impregnan las plantas de los pies con tinta lavable (cualquier tinta).
2. El sujeto mantiene la bipedestación y apoya las plantas de los pies sobre el papel.
3. El sujeto se retira del papel, con sumo cuidado, sin crear una doble imagen.

En la huella plantar se consideran algunos parámetros:

- En la imagen de una huella plantar correctamente tomada se muestra el apoyo de todos los dedos.
- En cuanto al antepié se muestra el apoyo de las cabezas de los metatarsianos. Posteriormente se comparan las longitudes de ambos pies.
- Otro de los aspectos a considerar es el arco longitudinal interno. El cual puede abarcar los dos tercios internos de la zona no apoyada.

#### **3.5.4 REGISTRO ACADÉMICO DE NOTAS**

El registro académico de notas es un documento que adjunta las calificaciones parciales de cada estudiante por clase desarrollada, el mismo que puede ser manejado por el encargado de curso, o por la institución a la que pertenece. La evaluación que se da está comprendida en un rango de cero a veinte.

#### **3.6 PLAN DE ANÁLISIS (PROCESAMIENTO DE DATOS)**

Los resultados obtenidos del índice Hernández Corvo, así como las notas de los parciales junto a los demás datos recolectados, fueron ordenados y transferidos en una hoja de cálculo de EXCEL. Posteriormente, en el programa STATA versión 11, al cual se exportó la base de datos desde el programa Excel. Luego se codificaron, etiquetaron las variables género y tipo de huella plantar. Siendo esta última, la que se reagrupó finalmente en tres categorías (pie plano, pie normal y pie cavo). Asimismo, para desarrollar un análisis más exacto de las variables, se promedió las seis notas parciales de rendimientos académicos del área de educación física proporcionados por la institución.

Para el análisis descriptivo, en cuanto a las variables: edad, género, y defectos de apoyo plantar se crearon gráficos de pie; a diferencia de la variable rendimiento académico de la que se creó un histograma.

Posteriormente para el análisis inferencial se elaboró tablas de contingencia con las variables principales del estudio, y se aplicó la prueba de chi - cuadrado de Pearson considerando un valor de  $P \leq 0.05$  como estadísticamente significativo.

Para analizar la relación entre las variables: Género y defectos de apoyo plantar (pie derecho e izquierdo) se realizó la prueba de chi - cuadrado. En cuanto a edad y defectos de apoyo plantar (pie derecho e izquierdo) se realizó la prueba de kruskal wallis. Asimismo, en relación a defectos de apoyo plantar (pie derecho e izquierdo) y rendimiento académico en el área de educación física se realizó la prueba de kruskal wallis. Por último, se realizó la prueba de regresión lineal, para el análisis multivariado.

### **3.7 LIMITACIONES**

Una de las principales limitaciones fue el tiempo proporcionado por el centro educativo para la toma de la huella plantar. En consecuencia, las investigadoras consultaron sobre los horarios en los que se podía acceder a cada grupo; y crearon un cronograma para optimizar el tiempo empleado. La toma de la huella plantar de cada niño se realizó individualmente durante un aproximado de cinco minutos (aprox. 40 estudiantes por día).

Otra de las limitaciones planteadas fue no tener acceso directo al registro de notas académicas. Lo cual se solucionó previa coordinación con dirección.

El diseño del trabajo de investigación no permite hacer un seguimiento por parte de las variables, en consecuencia, queda incertidumbre sobre que variable ocurrió primero.

### **3.8 ASPECTOS ÉTICOS**

Es importante mencionar que, para la realización del presente proyecto de tesis, primero se obtuvo la aprobación del Departamento de Investigación, asimismo, del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Durante el proceso se respetó la privacidad del participante mediante una codificación que protegía su información personal, manteniendo la confidencialidad en cuanto a la política de protección de datos, los cuales no fueron ni serán usados para ningún otro propósito fuera de este estudio, del mismo modo mediante la ficha informativa, se hizo de conocimiento que no había riesgo para el participante, por ser un procedimiento no invasivo, razón por la cual no se atenta contra los derechos humanos y se respeta la dignidad de la persona. En ese sentido, mediante el consentimiento informado, los

participantes y apoderados de los mismos entendían que la participación en el estudio era estrictamente voluntaria.

Es importante mencionar que en el desarrollo del presente trabajo de investigación no hubo ningún conflicto de intereses.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En la muestra evaluada hay mayor porcentaje de mujeres evaluadas (53.46%) frente al de varones (46.54%). (tabla1)

Debido a que en el estudio el tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia, se seleccionando 31 sujetos por cada grupo etario. (tabla1)

En la muestra evaluada se aprecia que en el pie izquierdo se encuentra mayor porcentaje de pie cavo (54.38%), frente a un menor porcentaje de pie plano (17.97%).

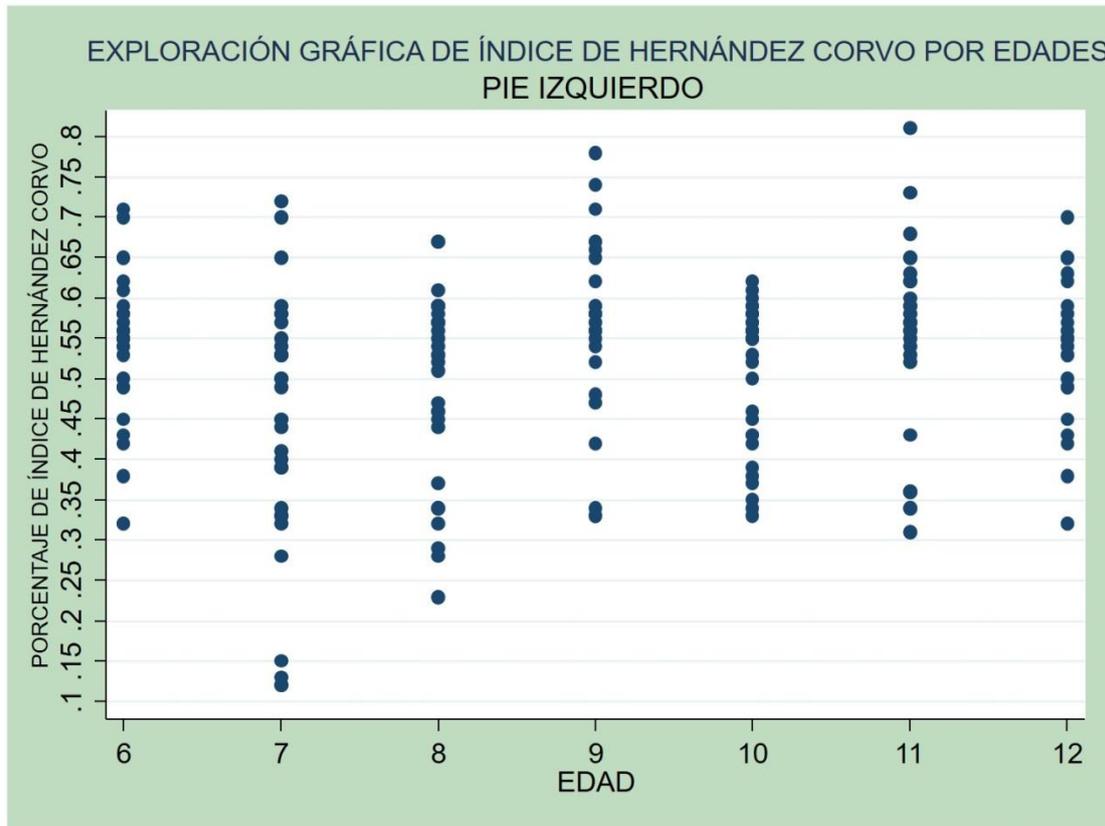
En el pie derecho se encuentra mayor porcentaje de pie cavo (58.99%), frente a un menor porcentaje de pie plano (17.05%). (tabla1)

**TABLA 1 Análisis Descriptivo.**

VARIABLE		n	%
GÉNERO	FEMENINO	116	53.46 %
	MASCULINO	101	46.54 %
EDAD	6	31	14.29 %
	7	31	14.29 %
	8	31	14.29 %
	9	31	14.29 %
	10	31	14.29 %
	11	31	14.29 %
TIPO DE HUELLA PLANTAR (pie izquierdo)	PLANO	39	17.97 %
	NORMAL	60	27.65 %
	CAVO	118	54.38 %
TIPO DE HUELLA PLANTAR (pie derecho)	PLANO	37	17.05 %
	NORMAL	52	23.96 %
	CAVO	128	58.99 %
RENDIMIENTO ACADÉMICO EN EL ÁREA DE EDUCACIÓN FÍSICA *		15.686 ± 0.434	
ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO (pie izquierdo) *		0.517 ± 0.119	
ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO (pie derecho) *		0.522 ± 124	

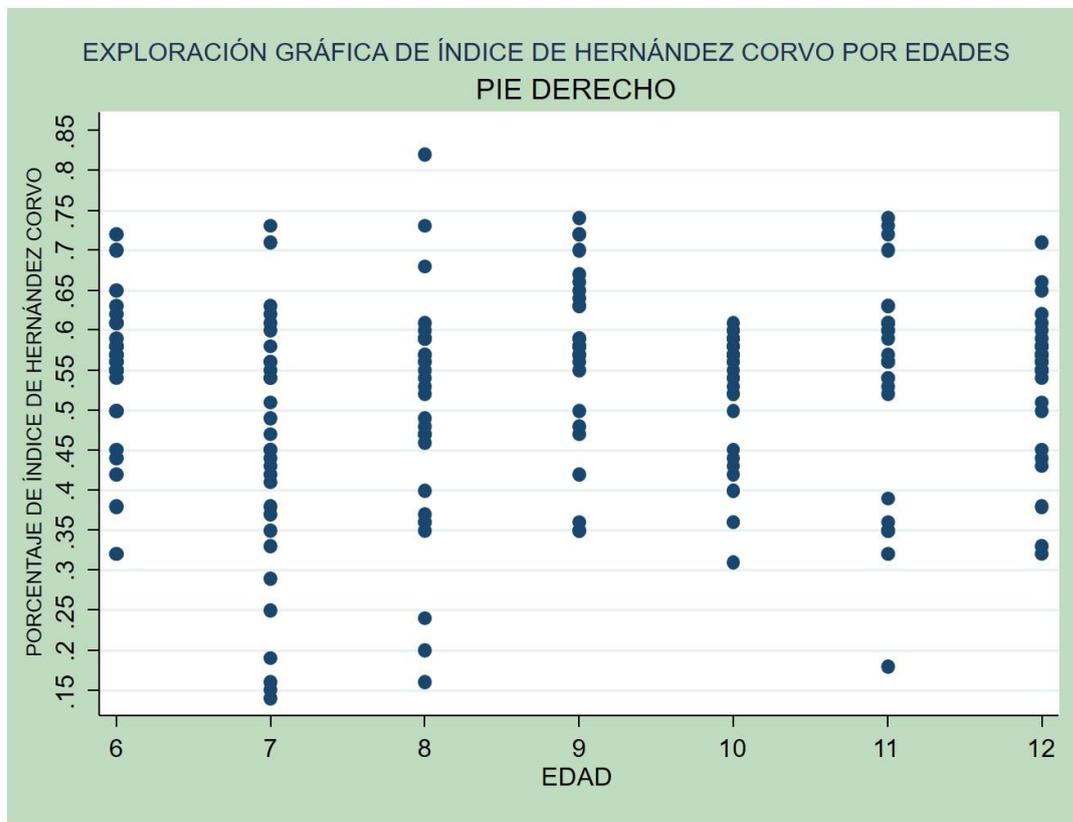
(\*) Media ± desviación estándar.

En la muestra evaluada se puede apreciar que en el pie izquierdo, en comparación con las demás edades, los niños de 7 años presentan menores porcentajes de Índice de Hernández Corvo. (gráfico 1)



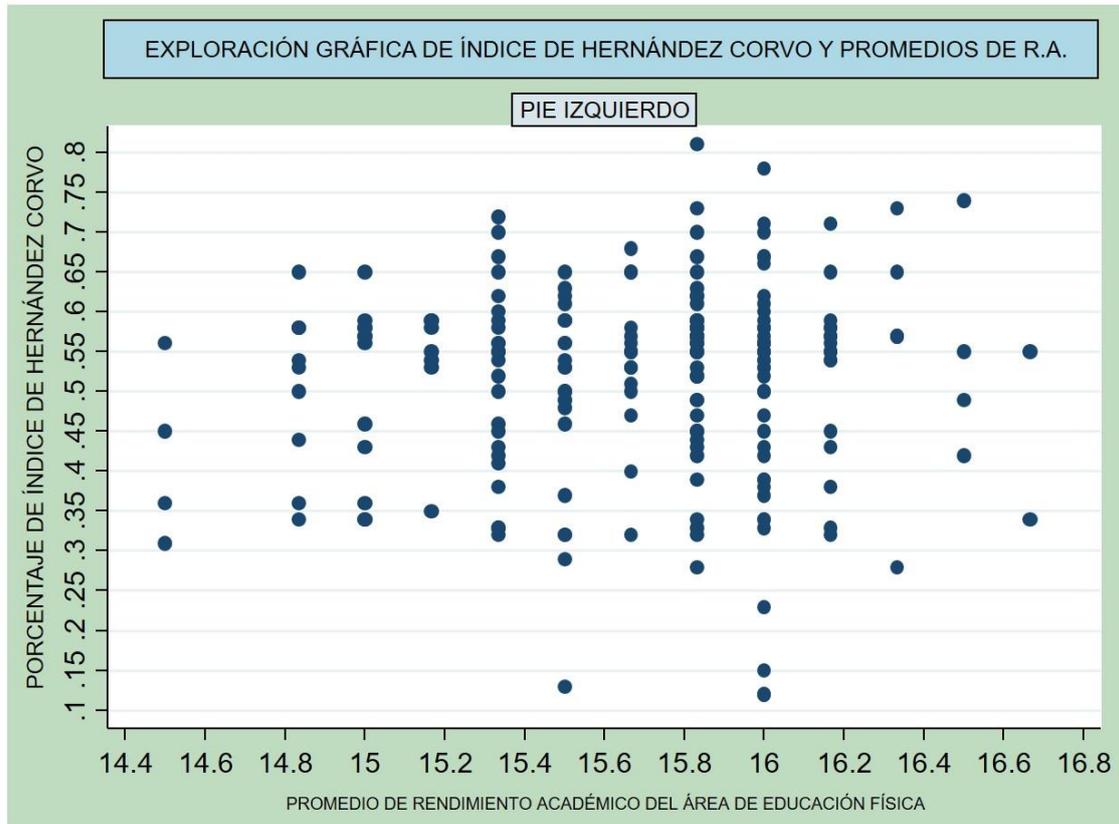
**GRÁFICO 1** Exploración gráfica de Índice de Hernández Corvo por edades (pie izquierdo).

En la muestra evaluada se puede apreciar que en el pie derecho, en comparación con las demás edades, los niños de 7 y 8 años presentan mayor variabilidad de porcentajes de Índice de Hernández Corvo. (gráfico 2)



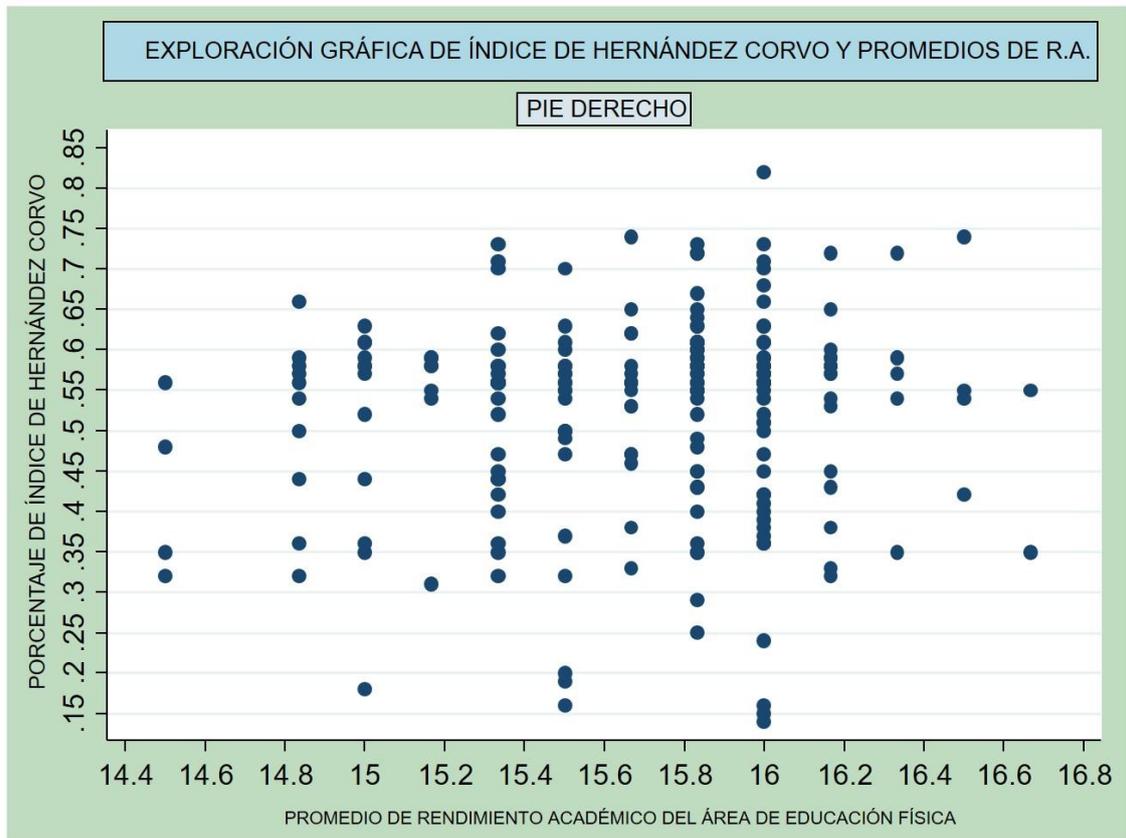
**GRÁFICO 2** Exploración gráfica de Índice de Hernández Corvo por edades (pie derecho).

En la muestra evaluada se puede apreciar que en el pie izquierdo, los sujetos que obtuvieron como promedio 16 en el rendimiento académico en el área de educación física presentan mayor variabilidad en porcentajes de Índice de Hernández Corvo. (gráfico 3)



**GRÁFICO 3** Exploración gráfica de Índice de Hernández Corvo y promedios de rendimiento académico (pie izquierdo).

En la muestra evaluada se puede apreciar que en el pie derecho, al igual que el izquierdo, los sujetos que obtuvieron un promedio de 16 en el rendimiento académico en el área de educación física presentan mayor variabilidad en porcentajes de Índice de Hernández Corvo. (gráfico 4)



**GRÁFICO 4** Exploración gráfica de Índice de Hernández Corvo y promedios de rendimiento académico (pie derecho).

## 4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS INFERENCIAL

El análisis entre las variables género y tipo de huella plantar (pie izquierdo) mediante la prueba de Chi cuadrado, da un valor significativo ( $P = 0.001$ ), es decir que si hay asociación entre las variables, presentando las mujeres mayor variación en cuanto al tipo de huella plantar. La tabla también nos muestra mayor cantidad de pie plano en varones 26.73% frente a 10.34% en mujeres; además mayor cantidad de pie cavo en mujeres 65.52 % frente a 41.58 % en varones. (tabla 2)

**TABLA 2 Relación entre género y tipo de huella plantar (pie izquierdo).**

GÉNERO	DEFECTOS DE APOYO PLANTAR – PIE IZQUIERDO			TOTAL	VALOR DE P
	PIE PLANO	PIE NORMAL	PIE CAVO		
<b>FEMENINO</b>	12 10.34 %	28 24.14 %	76 65.52 %	116 100.00 %	<b>P=0.001</b>
<b>MASCULINO</b>	27 26.73 %	32 31.68 %	42 41.58 %	101 100.00 %	
<b>TOTAL</b>	39 17.97 %	60 27.65 %	118 54.38 %	217 100.00 %	

El análisis entre las variables género y tipo de huella plantar (pie derecho) mediante la prueba de Chi cuadrado, da un valor significativo ( $P = 0.001$ ), es decir que si hay asociación entre las variables, presentando las mujeres mayor variación en cuanto al tipo de huella plantar. En la tabla se resalta mayor porcentaje de pie cavo en mujeres 75.86 % frente a 39.60 % en varones, y mayor porcentaje de pie plano en varones 26.73% frente a 8.62% en mujeres. (tabla 3)

**TABLA 3 Relación entre género y tipo de huella plantar (pie derecho).**

GÉNERO	DEFECTOS DE APOYO PLANTAR – PIE DERECHO			TOTAL	VALOR DE P
	PIE PLANO	PIE NORMAL	PIE CAVO		
<b>FEMENINO</b>	10 8.62 %	18 15.52 %	88 75.86 %	116 100.00 %	<b>P=0.001</b>
<b>MASCULINO</b>	27 26.73 %	34 33.66 %	40 39.60 %	101 100.00 %	
<b>TOTAL</b>	37 17.05 %	52 23.96 %	128 58.99 %	217 100.00 %	

El análisis entre las variables Índice de Hernández Corvo (pie izquierdo) y género mediante la prueba de U de Mann Witney, da un valor significativo ( $P = 0.001$ ), es decir que si hay asociación entre las variables. La tabla nos muestra que en las mujeres el promedio de los porcentajes del Índice de Hernández Corvo es de 55.07 %, correspondiente a un arco elevado; mientras que los varones obtuvieron 47.94 %, correspondiente a arco plantar con elevación estándar. Lo antes mencionado, refiere mayor elevación del arco plantar en mujeres. (tabla 4)

**TABLA 4 Relación entre Índice de Hernández Corvo (pie izquierdo) y género.**

GÉNERO	OBSERVACIONES	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
FEMENINO	116	0.5507759	0.0970177	<b>P=0.001</b>
MASCULINO	101	0.4794059	0.1321425	
COMBINADO	217	0.5175576	0.1198689	

El análisis entre las variables Índice de Hernández Corvo (pie derecho) y género, mediante la prueba de U de Mann Witney, da un valor significativo ( $P = 0.001$ ), es decir que si hay asociación entre las variables. La tabla nos muestra que en las mujeres el promedio de los porcentajes del Índice de Hernández Corvo es de 55.92 %, que correspondería a un arco elevado; mientras que los varones obtuvieron 47.98 %, correspondiente a un arco plantar menos elevado. Al mismo tiempo se obtuvo un promedio de 52.22 % de toda la población (arco con elevación estándar). (tabla 5)

**TABLA 5 Relación entre Índice de Hernández Corvo (pie derecho) y género.**

GÉNERO	OBSERVACIONES	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
FEMENINO	116	0.5592241	0.1038825	<b>P=0.001</b>
MASCULINO	101	0.479802	0.1308815	
COMBINADO	217	0.5222581	0.123502	

El análisis entre las variables edad y tipo de huella plantar (pie izquierdo) mediante la prueba de Kruskal Wallis, da un valor no significativo ( $P = 0.1633$ ), es decir que no se encontró asociación entre las variables. (tabla 6)

**TABLA 6 Relación entre edad y tipo de huella plantar (pie izquierdo).**

DEFECTOS DE APOYO PLANTAR (PIE IZQUIERDO)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
PIE PLANO	8.7179487	1.863058	<b>P=0.1633</b>
PIE NORMAL	8.7166667	2.1080288	
PIE CAVO	9.2372881	1.9814437	
<b>total</b>	<b>9</b>	<b>2.0046243</b>	

El análisis entre las variables edad y tipo de huella plantar (pie derecho) mediante la prueba de Kruskal Wallis, da un valor no significativo ( $P = 0.3152$ ), es decir que no se encontró asociación entre las variables. (tabla 7)

**Tabla 7 Relación entre edad y tipo de huella plantar (pie derecho).**

DEFECTOS DE APOYO PLANTAR (PIE DERECHO)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
PIE PLANO	8.7837838	1.93125008	<b>P=0.3152</b>
PIE NORMAL	8.7307692	1.8902784	
PIE CAVO	9.171875	2.0662621	
<b>total</b>	<b>9</b>	<b>2.0046243</b>	

El análisis entre las variables tipo de huella plantar (pie izquierdo) y Rendimiento académico en el área de educación física mediante la prueba de Kruskal Wallis, da un valor no significativo ( $P = 0.2621$ ), es decir que no se encontró asociación entre las variables. (tabla 8)

**TABLA 8 Relación entre tipo de huella plantar (pie izquierdo) y rendimiento académico en el área de educación física.**

TIPO DE HUELLA PLANTAR (PIE IZQUIERDO)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
PIE PLANO	15.641026	0.5080326	<b>P=0.2621</b>
PIE NORMAL	15.627778	0.42003346	
PIE CAVO	15.730226	0.41282817	
<b>total</b>	15.685868	0.43392049	

El análisis entre las variables tipo de huella plantar (pie derecho) y Rendimiento académico en el área de educación física mediante la prueba de Kruskal Wallis, da un valor no significativo ( $P = 0.7508$ ), es decir que no se encontró asociación entre las variables. (tabla 9)

**TABLA 9 Relación entre tipo de huella plantar (pie derecho) y rendimiento académico en el área de educación física.**

TIPO DE HUELLA PLANTAR (PIE DERECHO)	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VALOR DE P
PIE PLANO	15.630631	0.5124004	<b>P=0.7508</b>
PIE NORMAL	15.663461	0.43970973	
PIE CAVO	15.710937	0.40797192	
<b>total</b>	15.685868	0.43392049	

## ANÁLISIS MULTIVARIADO

Del análisis multivariado para determinar el efecto entre el Índice de Hernández Corvo (pie izquierdo) y el rendimiento académico, adaptado por el género y la edad. Se obtuvo valores no significativos para las variables Índice de Hernández Corvo, siendo  $P=0.068$ ; como también para la variable género, con un valor de  $P=0.078$ . Por su parte se obtuvo un valor significativo ( $P=0.019$ ) para la variable edad. (tabla 10)

**TABLA 10 Relación entre rendimiento académico en el área de educación física, Índice de Hernández Corvo (pie izquierdo), género y edad.**

RENDIMIENTO ACADÉMICO (EDUCACIÓN FÍSICA)	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	P> t	INTERVALO DE CONFIANZA	
ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO (PIE IZQUIERDO)	0.4693599	0.2562982	0.068	- 0.0358457	0.9745656
GÉNERO (MASCULINO)	0.1079383	0.0609148	0.078	- 0.0121347	0.2280113
EDAD	- 0.0347102	0.0146365	0.019	- 0.0635612	-
- CONSTANTE	15.7051	0.1846768	0.001	15.34107	16.06913

Del análisis multivariado para determinar el efecto del entre el Índice de Hernández Corvo (pie derecho) y el rendimiento académico, adaptado por el género y la edad. Se obtuvo un valor no significativo para la variable género, siendo  $P=0.064$ . Por su parte se obtuvieron valores significativos para las variables Índice de Hernández Corvo - pie derecho ( $P=0.046$ ), y para edad ( $P=0.020$ ). (tabla 11)

**TABLA 11 Relación entre rendimiento académico en el área de educación física, Índice de Hernández Corvo (pie derecho), género y edad.**

RENDIMIENTO ACADÉMICO (EDUCACIÓN FÍSICA)	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	P> T	INTERVALO DE CONFIANZA	
ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO (PIE DERECHO)	0.5005336	0.2493654	0.046	0.0089935	0.9920736
GÉNERO (MASCULINO)	0.114275	0.061314	0.064	- 0.006585	0.235135
EDAD	- 0.0339772	0.0145529	0.020	- 0.0626634	-
- CONSTANTE	15.67707	0.18663	0.001	15.30919	16.04495

## CAPÍTULO V: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima; asimismo sus manifestaciones según género, edad, y tipo de pie. Además, se pretendió identificar el tipo de huella plantar predominante en dicha población escolar; al mismo tiempo, determinar el promedio más frecuente de rendimiento académico en el área de educación física.

Tras obtener los resultados del análisis de las huellas plantares y cruzarlos con los promedios de rendimiento académico; se obtuvieron valores no significativos (Tablas 8 y 9), lo cual indica la ausencia de relación (pie derecho,  $P=0.7508$ ; pie izquierdo,  $P=0.2621$ ). No es posible comparar estos resultados con otras investigaciones, debido a que no hay antecedente de relación entre dichas variables.

Sin embargo, en estudios realizados en equipos cubanos de volleyball Masculino B - Juvenil, y balonmano Femenino, teniendo en cuenta que son deportistas de alto rendimiento, se obtuvo el principal resultado de 65.5 % de pie cavo en ambos pies [30], asimismo Viladot [36] y Hernández Corvo [37], coinciden al encontrar predominancia de pie cavo en la población deportiva; del mismo modo, desde el punto de vista biomecánico, se sabe que el pie cavo, por presentar forma arqueada brinda mayor capacidad para absorber y amortiguar los impactos contra el suelo, lo cual nos permite mayor flexibilidad en el pie [38], razón por la que se podría inferir que, en individuos de alto rendimiento en el área deportiva, se tiende al pie cavo. Ahora bien, la ausencia de significancia estadística al relacionar tipo de huella plantar y rendimiento académico en el presente estudio podría deberse a la escasa variabilidad de promedios de rendimiento académico en el área de educación física (mínimo: 14.4, máximo: 16.6).

Luego del análisis adicional de regresión lineal se obtuvo, en el pie derecho (tabla 11), que a medida que se incrementa el Índice de Hernández Corvo hay incremento en los promedios de rendimiento académico en el área de educación física ( $P=0.046$ ). En cuanto al pie izquierdo (tabla 10), pese a no ser significativo ( $P=0.068$ ), aparentemente en consecuencia del incremento del Índice de Hernández Corvo también hay tendencia de incremento en los promedios de rendimiento académico en el área de educación física. Por otro lado, en ambas tablas, aunque no significativo, en

comparación con las mujeres, los varones tienden a presentar mayor incremento en sus promedios de rendimiento académico en el área de educación física. No fue posible comparar estos resultados con otros estudios realizados en Perú debido a que no se han hecho estudios de esta índole. Sin embargo, en un estudio español, Abián, nos refiere que individuos con el arco elevado concierne a pie cavo, tienden a rendir mejor que los individuos con pie plano en la carrera [5].

En el caso de, edad y tipo de huella plantar (pie izquierdo y pie derecho), no se encontró asociación entre las variables. Dato que contrasta con los hallazgos encontrados en el trabajo de investigación: "Desarrollo de la morfología de la huella plantar en niños Congoleños y su relación con el uso de calzado" [39]; que argumenta que los niños y niñas de menor edad (3 -12) presentaron mayor porcentaje de pies planos, el mismo que disminuyó a medida que los niños presentaban mayor edad. A este respecto, se debe tener en cuenta que el arco plantar en el niño, se encuentra en constante modificación.

En atención al Índice de Hernández Corvo y al género, tanto para el pie derecho como el izquierdo, dan un valor significativo. Los resultados coinciden con el estudio de Fernández [30], en referencia al promedio de porcentaje de elevación del arco plantar, donde comparando entre mujeres y varones, son las primeras, las que presentan un promedio de arco plantar más elevado. Al mismo tiempo se puede inferir que las mujeres presentan mayores porcentajes de Índice de Hernández Corvo, además el promedio de arco plantar presente en la población, es el estándar.

Por su parte, en relación al tipo de huella plantar y género, en el pie derecho (tabla 3) a diferencia del izquierdo (tabla 2), se obtuvo mayor porcentaje de pie cavo en mujeres, 75.86% frente a 65.52%. Las prevalencias encontradas coinciden con el estudio de Hernández [17], concluyendo que los varones obtuvieron la mayor cantidad de pie plano y las mujeres mayor cantidad de pie cavo. Por consiguiente, dado que se obtuvo mayor cantidad de pie cavo en personas de sexo femenino, y además teniendo en cuenta que este tipo de huella plantar es característico de deportistas o individuos activos, se infiere que: las mujeres son las que podrían realizar mayor actividad física, recibiendo así mayor estimulación en los pies, la misma que genera cargas, que a su vez tipifican esta condición de cúpula, elevándola para asimilar el paso y también lograr su propulsión acelerante [10]. Por otra parte, dado que la moda en cuanto al calzado infantil en niñas es amplia y variada, el hecho de que las niñas presenten mayor tendencia al pie cavo puede deberse a ello [40].

## 5.2. CONCLUSIONES

El análisis y discusión de los resultados nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

- ❖ Se evidencia que en la población estudiada no existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar
- ❖ A pesar de no haber relación entre las variables, se muestra una tendencia en el aumento de una variable a través de la otra en el análisis de regresión lineal.
- ❖ Se encontró que los sujetos de menor edad tienen tendencia a presentar bajos Índices de Hernández Corvo.
- ❖ Según el análisis bivariado, las mujeres son las que presentan mayor prevalencia de pie cavo, mientras que los varones mayor prevalencia de pie plano.
- ❖ En la población estudiada la tipología de pie predominante es el pie cavo.
- ❖ Se evidencia que el promedio de rendimiento académico en el área de educación física es de 15.
- ❖ En la población estudiada el promedio de Índice de Hernández Corvo es el estándar.
- ❖ En ambos pies, se evidencia que las mujeres presentan mayores porcentajes de Índice de Hernández Corvo.

## 5.3. RECOMENDACIONES

Debido a la poca variabilidad de promedios de rendimiento académico del área de educación física, se recomienda monitorear el desempeño práctico del estudiante, para obtener mayor objetividad al evaluar, de igual importancia, reportar cualquier observación encontrada. A su vez, debido a que la evaluación de dicha área comprende aspectos prácticos como teóricos, se recomienda replicar el estudio en otra población, donde se evalúe netamente el desempeño práctico.

Por otra parte, dado que solo se encontró un valor significativo para uno de los pies (pie derecho), y una tendencia de incremento entre el rendimiento académico y el tipo de huella plantar, en el otro pie (pie izquierdo), sugerimos en investigaciones futuras, emplear otro diseño de investigación, como el experimental, para mayor seguimiento de las variables. Del mismo modo, emplear instrumentos con mayor precisión, en el caso de las notas se podría tomar como referencia sólo algunos indicadores de desempeño práctico discriminando otros criterios de evaluación, por otro lado, en

cuanto a las huellas plantares se podría utilizar métodos dinámicos de análisis, que a diferencia de los métodos estáticos brindan información más exacta.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Samarco G, Tood Hockenbury R. Biomecánica básica del sistema músculo esquelético. 3a ed. Madrid: McGraw-Hill. Interamericana; 2004. 228 – 265 p.
2. Espinoza Navarro O, Olivares Urquieta M, Palacios Navarrete P, Robles Flores N. Prevalencia de Anomalías de Pie en Niños de Enseñanza Básica de Entre 6 a 12 años, de Colegios de la Ciudad de Arica-Chile. *Int J Morph.* Junio de 2013;31(1):162–8.
3. Zavala Velásquez GS. Alteraciones posturales de la columna vertebral dorso lumbar y el equilibrio dinámico en niños de tercer y cuarto grado del nivel primario de la institución educativa San Agustín en el distrito de Comas, 2012 [Internet] [Tesis de Grado - Para optar título profesional de Licenciada en Tecnología Médica]. [Perú]: UNMSM; 2014. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3524>
4. Zegarra H, Barrera S, Gallardo V. Pie plano. *RevPaceñMed Fam.* 2009;6(10):68–74.
5. Abián Vicén J, Alegre Durán L, Lara Sánchez A, Jiménez Linares L, Aguado Jódar X. Fuerzas de reacción del suelo en pies cavos y planos. *ArchMedDeport.* 2005;22(108):285–92.
6. Giraldo Mateos MV, Palomo López P. Análisis de la huella plantar en escolares de 8 a 10 años. *RevInt Cien Podol.* Abril de 2016;10(2):70–84.
7. Lara Diéguez S, Lara Sánchez AJ, Zagalaz Sánchez ML, Martínez López EJ. Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. *RETOS Nuevas TendEduc Fis Deporte Recreación.* 2011;(19):49–53.
8. Sirgo G, Méndez B, Egocheaga J, Maestro A, Del Valle M. Problemática en la clínica diaria en relación a varios métodos de análisis de la huella plantar. *ArchMedDeport.* 1997;14(61):381–7.
9. Díaz CA, Torres A, Ramírez JI, García LF, Alvarez N. Descripción de un sistema para la medición de las presiones plantares por medio del procesamiento de imágenes Fase I. *Rev EIA.* Diciembre de 2006;(6):43–55.
10. Hernández Corvo R. Morfología funcional deportiva: sistema locomotor. *RevIntMedCienActFisDeport.* Septiembre de 2006;6(23):165–72.
11. Parra García J, Bueno Sánchez A. El pie plano: las recomendaciones del traumatólogo infantil al pediatra. *RevPediatr Aten Primaria.* Marzo de 2011;13(49):113–25.
12. Vidal Alegría L. Pie plano y su relación con la postura pélvica en escolares del Instituto Educativo Primaria República De Irlanda – Distrito De Pueblo Libre. [Tesis de grado - para optar el título profesional de Licenciada en Tecnología Médica en el Área de Terapia Física y Rehabilitación]. [Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad De Medicina Humana San Fernando; 2014.
13. Corrales Márquez R. Epidemiología Del Pie Cavo En La Población Escolar De Málaga. [Tesis de Doctorado]. [Málaga]: Universidad De Málaga, Departamento De Medicina Preventiva y Salud Pública e Historia De La Ciencia; 1999.

14. Staheli L, Chew D, Corbett M. The longitudinal arch: a survey of eight hundred and eighty two feet in normal children and adults. *J BoneJointSurg.* Marzo de 1987;69(3):426–428.
15. Tashiro Y, Fukumoto T, Uritani D, Matsumoto D, Nishiguchi S, Fukutani N, et al. Children with flat feet have weaker toe grip strength than those having a normal arch. *J PhysTherSci.* Noviembre de 2015;27(11):3533–6.
16. Moya S. H. Malformaciones congénitas del pie y pie plano. *RevChilPediatr.* Mayo de 2000;71(3):243–5.
17. Hernández Guerra R. Prevalencia del pie plano en niños y niñas en las edades de 9 a 12 años. *RevIntMedCiencActFisDeport.* 2006;6(23):165–72.
18. Sausa M. Niños de 6 años ya presentan diabetes a causa de la obesidad. Perú 21. Enero de 2015;5.
19. Santillán Iglesias JB. Relación del estado nutricional y la actividad física en estudiantes de la escuela de bromatología y nutrición humana de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana Iquitos-2014. [Tesis de Grado]. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.
20. Alvarez Dongo D, Tarqui Mamani C. Estado nutricional en el Perú por etapas de vida; 2012 - 2013. Lima - Perú: MINSA; 2015 p. 150.
21. Revilla Tafur L, Alvarado Garcia C, Alvarez Dongo D, Tarqui Mamani C, Gomez Guisado G, JcobyMartinez E, et al. Un gordo problema: sobrepeso y obesidad en el Perú. 1a ed. Lima: Imprenta Sánchez SRL; 2012. 21 p.
22. Sánchez S, Ortega X, Baar A, Lillo S, De la Maza A, Moenne K, et al. Asimetría de extremidades inferiores: Evaluación por imágenes en la edad pediátrica. *Revchilradiol.* 2013;19(4):177–86.
23. Baar A, Ibáñez A, Gana N. Pie plano flexible: ¿Qué y por qué tratar?.*RevChilPediatr.* 2006;77(4):350–354.
24. Armenta Rugerio M. Incidencia de los defectos de apoyo del pie en niños de 3 a 6 años de edad que acuden al preescolar Centro de Atención Infantil Comunitario (C.A.I.C.) y preescolar Juan Jacobo Rousseau en El Municipio de San Miguel Xoxtla durante el ciclo escolar 2009 - 2010. [Tesis De Grado – Terapia Física]. [Puebla]: Centro Mexicano Universitario De Ciencias Y Humanidades; 2012.
25. Cáceres Bermón Z. Tipificación de la Huella Plantar de Escolares entre 6 y 8 años de edad de Población Urbana del Municipio de Pamplona. 2014;8(1):44–52.
26. Zurita Molina F, Cabello Manrique D. Influencia del pie en la estática, marcha y otras habilidades en escolares de 6 a 12 años. *RevDigEFDeportes.* Agosto de 2002;8(51):2.
27. López Elvira J, Meana Riera M, García Roca J, Vera García J. Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. *CultCienc Deporte.* Junio de 2006;2(4):21–6.
28. Lozano Zapata R, Barajas Ramón Y. Tipología de la Región Plantar, influyente en la actividad física, de los deportistas en formación del club Norte Patín en Línea de la ciudad de Cúcuta. *RevActFís Des Hum.* Mayo de 2012;4(1):8.

29. Barajas Ramón Y, Santana Lobo F. Características morfológicas de los deportistas con altos logros de las selecciones de levantamiento de pesas, voleibol y karate-do del departamento de Córdoba, Colombia. *RevDigEFDeportes*. Septiembre de 2010;15(148):1.
30. Fernández Sánchez A, León Pérez S. Caracterización del apoyo plantar en deportistas élites de Cuba. 2004;8.
31. Shiang T, Lee S, Lee J, Chu W. Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *IEEE Engin Med BiologMaga*. 1998;17(6):62–6.
32. Tejada C, Vélez A. Caracterización de la postura bípeda de las personas vinculadas al programa de actividad física PROSA de la Universidad de Antioquia [Internet]. Colombia – Medellín: Universidad de Antioquia Instituto Universitario de Educación Física Grupo de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte; Report No.: 121. Disponible en: <http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/121-caracterizacion.pdf>
33. Kim W, Voloshin A. Role of plantar fascia in the load bearing capacity of the human foot. *J Biomechanics*. septiembre de 1995;28(9):1025–33.
34. Cala Pérez L, Losa Iglesias ME. Prevalencia de alteraciones musculoesqueléticas en el pie infantil: estudio preliminar. *RevIntCiencPodol*. Julio de 2015;9(1):1–16.
35. Zárate Barchello A, Pereira López M, Ibarrola Zárate J, Kikuchi A, Sanabria L. Prevalencia de pie plano en niños escolares de Asunción y Gran Asunción, en el año 2008. *AnFacCiencMéd*. Diciembre de 2009;42(2):13–18.
36. ViladotPericé A. Quince lecciones sobre patología del pie. España: SpringerScience& Business Media; 2000. 269 p.
37. Hernández Corvo R. Halterofilia y Movimiento. Comunidad de Madrid; 1999. 132 p.
38. Darío Piatti F. El Calzado Deportivo. Febrero de 2006;(6). Disponible en: [file:///C:/Users/pc2117/Downloads/revistapodologia.com\\_006es.pdf](file:///C:/Users/pc2117/Downloads/revistapodologia.com_006es.pdf)
39. Echarri J, Forriol F. Desarrollo de la morfología de la huella plantar en niños Congoleños y su relación con el uso de calzado. Navarra - España. *Rev OrtopTraumatol*. 2003;47(6):395–9.
40. Rao U, Joseph b. The influence of footwear on the prevalence of flat foot.A survey of 2300 children. *J Bone Joint Surg*. 1992;74(4):525–7.

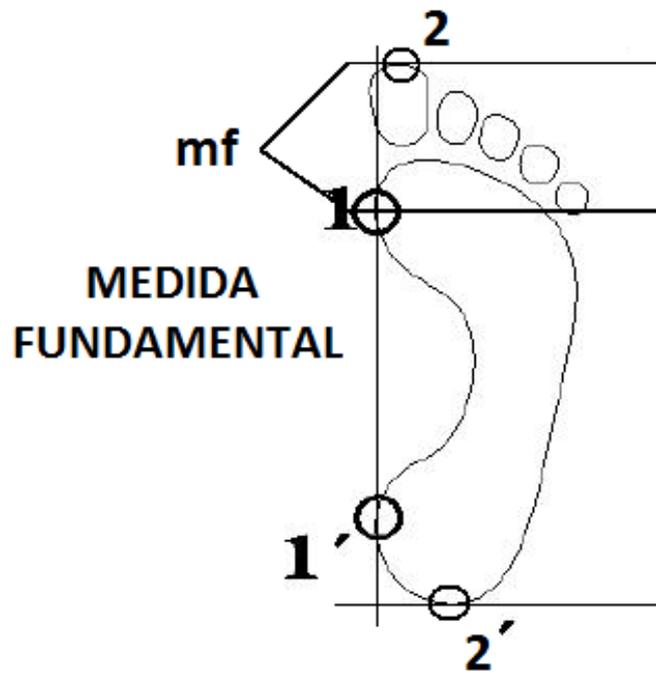
**ANEXOS**

**Anexo 1**



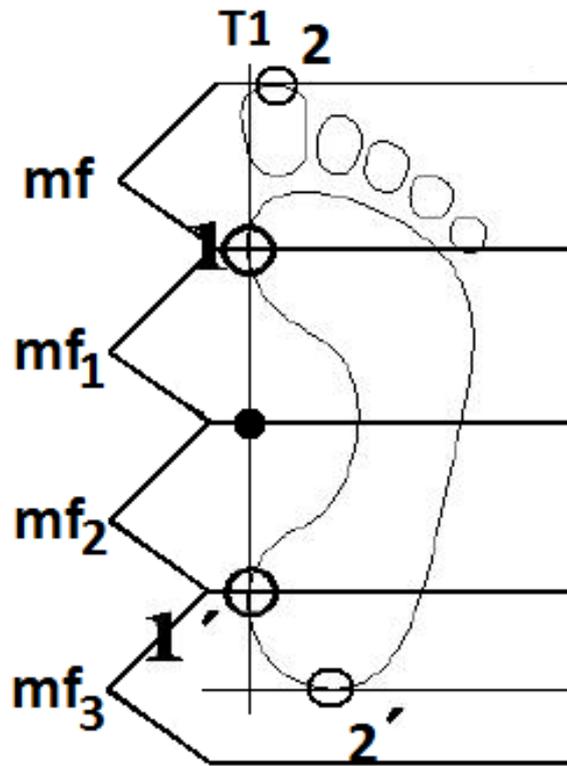
**Punto 1 y 1'**

**Anexo 2**



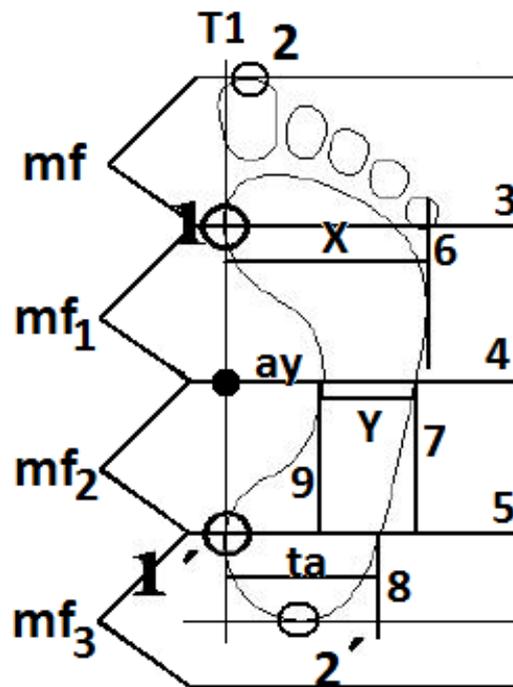
**Punto 2 y 2'**

Anexo 3



Trazos para hallar la medida fundamental

Anexo 4



Localización X, Y ay y ta

## Anexo 5

$$HC(\%) = \frac{(X - Y)}{X} \cdot 100$$

Ecuación de Hernández Corvo (1989) para evaluar el tipo de pie: 0-34%: Pie plano; 35-39%: Pie plano/normal; 40-54%: Pie normal; 55-59%: Pie normal/cavo; 60-74%: Pie cavo; 75-84%: Pie cavo fuerte; 85-100%: Pie cavo extremo.

### Cuadro 1

#### ÍNDICE DE HERNÁNDEZ CORVO

<b>% X</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>0 - 34</b>	<b>Pie plano</b>
<b>35 - 39</b>	<b>Pie plano normal</b>
<b>40 - 54</b>	<b>Pie normal</b>
<b>55 - 59</b>	<b>Pie normal cavo</b>
<b>60 - 74</b>	<b>Pie cavo</b>
<b>75 - 84</b>	<b>Pie cavo fuerte</b>
<b>85 - 100</b>	<b>Pie cavo extremo</b>

**Clasificación tipológica de pie de acuerdo al valor de % X (Hernández Corvo, 1989)**

## **HOJA DE INFORMACIÓN**

El pie es una estructura mecánica integral, necesaria para la marcha; se sabe que está conformado por 28 huesos, incluyendo los sesamoideos; el talón y el dorso del empeine están dispuestos por siete huesos tarsianos, entre cortos y gruesos. Ahora bien, los elementos osteoarticulares, ligamentosos y musculares forman en la planta del pie, llamada también bóveda plantar, tres arcos, que cumplen la función de distribuir el peso corporal cuando el pie contacta con el suelo.

En las actividades de la vida diaria, el pie como estructura anatómica funcional, desempeña principalmente funciones de soporte y transmisión de fuerzas de reacción del suelo a nuestro cuerpo. Mantener el equilibrio corporal no solo depende de la integración de varios sistemas, sino de la distribución adecuada del centro de gravedad dentro de la base de sustentación. De una u otra forma, la marcha se traduce como la constante y secuencial, pero alterna, pérdida y recuperación del equilibrio.

El ejercicio físico supone para el pie recibir una serie de estimulaciones, y ya que la bóveda plantar es una estructura flexible, se adaptará a las irregularidades del terreno, como al estrés mecánico que requiera para su desempeño. Así, los estímulos y distribuciones de peso, predisponen el tipo de huella plantar que se presente, ya sea normal o con algún defecto de apoyo plantar de leve a severo.

Podemos definir el pie como una compleja estructura capaz de ajustarse a las diferentes superficies del suelo, y variar las velocidades de locomoción. Como tal, cualquier cambio mínimo, ya sea patológico, como los defectos de apoyo plantar, o en movimiento, tienen un profundo impacto en la función estabilizadora, propulsora y absorbente del mismo, alterando el desempeño de sus funciones en la vida diaria.

Existen varios métodos, entre dinámicos y estáticos, para poder analizar el arco plantar. La impresión de la huella plantar, analizada con el método de Hernández Corvo, brinda una clasificación más amplia, es decir, considera una diferenciación más exacta entre los seis morfo tipos del pie; esta herramienta da a conocer especialmente las zonas de hiperpresión plantar, además muestran alteraciones como pie plano y pie cavo. Por consiguiente, este método estático, y fácil de aplicar, posibilita el diagnóstico preciso del tipo de huella plantar.

En el adulto el pie plano conlleva a molestias mayores que generalmente involucran articulaciones, como: tobillos, rodillas, cadera, y por último las de la columna vertebral.

Entre los signos que van apareciendo progresivamente se encuentran la fatiga muscular de pantorrillas, piernas, y el borde interno de la fascia plantar, que se acentúa con la marcha en terreno irregular; también están presentes los calambres nocturnos; y ocasionalmente dolores musculares generados por las compensaciones que se desencadenan en las articulaciones ya mencionadas; posteriormente estas compensaciones conllevarán a patologías degenerativas.

El pie cavo es otro defecto de la bóveda plantar, que genera la distribución inadecuada del peso del cuerpo, conllevando a una sobrecarga en el antepié, esta deformidad se caracteriza por la acentuación excesiva del arco plantar, presenta menor superficie de apoyo en el suelo y por ende conlleva a una mayor inestabilidad durante la marcha; asimismo puede generar esguinces de tobillo, fascitis plantar y dolores en el metatarso.

Hoy en día se presume que el sedentarismo debido a la tecnología, puede ocasionar en nuestra población ausencia de estimulación en el arco plantar. Por tal, teniendo en cuenta que la población escolar se encuentra inmersa en la variedad de juegos y actividades tecnológicas, que inhiben en muchos casos la actividad física, evitando así, la formación adecuada del arco plantar, podría estar generando en consecuencia, anomalías como pie plano y cavo, los cuales estarían afectando el desempeño de sus actividades cotidianas, es más, su desenvolvimiento escolar en el área de educación física. Si bien, se han realizado diversos estudios sobre el arco plantar, no se menciona en ninguno la relación con el rendimiento académico en dicha área, en edades tempranas.

Frente a ello el presente trabajo científico, tuvo como objetivo determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima, durante el mes de Junio 2016.

Uno de los beneficios brindados por el estudio es la entrega de diagnóstico de huella plantar del participante con el cual podrán acudir al especialista en el área de salud y así recibir el asesoramiento adecuado para el cuidado de sus hijos ya sea en la prevención o el tratamiento de los defectos de apoyo plantar, además a largo plazo, podrán evitar gastos onerosos en ortesis, férulas, plantillas, calzado, medicamentos para aliviar el dolor, etc.; y complicaciones mayores que repercuten en la biomecánica ascendente y estructural.

## DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Don/Doña.....; de.....años de edad, con D.N.I. N°..... Padre/Tutor del niño(a).....; de.....años de edad; manifiesta que ha sido informado(a) de los aspectos pertinentes a la evaluación que recibirá el menor cuyo nombre se lee líneas arriba.

Asimismo, declara lo siguiente:

- Ha leído los contenidos de la Hoja Informativa que le ha sido entregada.
- Ha recibido suficiente información. Y tiene entendido de que la meta de este trabajo de investigación es determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.
- Entiende que la participación es voluntaria.
- Ha dado autorización para realizar fotografías y/o videos durante la evaluación, siempre que sean utilizadas para el trabajo que se realiza y que proteja la identidad de la persona tratada, colocando fondos adecuados que cubran ojos y parte del rostro.
- Tiene conocimiento de que sus datos personales serán protegidos.

Tomando en cuenta lo anterior, da su consentimiento para realizar la evaluación al menor cuyo nombre se encuentra líneas arriba, durante el mes de Junio del presente año.

Lima,... de Junio del 2016

---

DON/DOÑA

D.N.I.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	INSTRUMENTO
<p><b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b></p> <p>¿Existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima (I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos) durante el mes de Junio 2016?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar si existe relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.</p>	<p><b>HIPÓTESIS NULA</b></p> <p>No hay relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.</p> <p><b>HIPÓTESIS ALTERNA</b></p> <p>Si hay relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y el tipo de huella plantar en niños de 6 – 12 años de la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.</p>	<p>Edad</p> <p>Sexo</p> <p>Rendimiento académico en el área de educación física</p> <p>Tipo de huella plantar: Pie plano, Pie cavo.</p> <p>Índice de Hernández Corvo</p>	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>El diseño del presente estudio es de tipo observacional analítico transversal.</p> <p><b>ALCANCE DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Los alcances del presente estudio son descriptivo y correlacional.</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b></p> <p>La población está formada por estudiantes de ambos géneros, de 6 a 12 años que acuden a la I.E.P. Niño Jesús de Praga – Chorrillos durante el mes de Junio 2016.</p> <p>Se empleó el Muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a los elementos por cada grupo etario.</p>	<p>El Método de Hernández Corvo, no presenta validez reportada en Perú, aun así, se encuentra como uno de los métodos de análisis y obtención de la huella plantar más comúnmente utilizados dentro de la práctica clínica. Cabe resaltar que ha sido empleado en trabajos de investigación precedentes, algunos autores que ya la han empleado son: Hernández; Sirgo et al.; Abián et al.; etc.</p>

## CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	CATEGORIZACIÓN	CATEGORÍA	TIPO	ESCALA DE MEDICION
Tipo de huella plantar	Variación de la huella plantar que se da en función de la elevación del arco interno.	¿Qué tipo de huella plantar presenta?	Pie plano: descenso del arco plantar. Pie cavo: acentuación excesiva del arco plantar. Pie normal: arco plantar no muy elevado ni descendido.	Cualitativa nominal	Análisis de la huella plantar
Rendimiento académico en el área de educación física	Calificación que es asignada por el docente teniendo en cuenta la escala vigesimal, la cual se aplica en el país	¿Qué nota obtiene?	0 – 20	Cuantitativa continua	Registro de notas
Índice De Hernández Corvo	Clasificación del tipo de pie de acuerdo al valor de X %.	¿Qué porcentaje presenta?	0 – 100%	Cuantitativa continua	Ecuación de IHC
Edad	Tiempo que una persona ha vivido desde el nacimiento	¿Qué edad tiene?	6 a 12 años	Cuantitativa discreta	Verificación de la fecha de nacimiento
Género	Condición orgánica que distingue al varón de la mujer	¿Masculino? O ¿femenino?	Femenino Masculino	Cualitativa nominal	Fichas de recolección de datos.



**CARTA DE APROBACION DE PROTOCOLO DE TESIS POR EL COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

Señoritas:

**PERALTA GONZALES, Sadith Milagros**

**SANTISTEBAN FRANCIA, Jannet Nathaly**

Presente.-

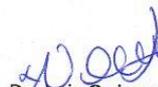
Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento que se ha realizado la revisión de su protocolo de tesis.

**“Rendimiento académico en el área de educación física asociado a defectos de apoyo plantar en niños de 6 – 12 años de edad del C.E.D. El Buen Pastor – Los Olivos durante el mes de junio 2016”**

Cuyo Asesor es el Prof. Guillermo Veliz Paredes; se emite la presente CARTA DE APROBACIÓN, a fin de que prosiga con los trámites correspondientes en la elaboración de su tesis.

Sin otro particular me despido de usted.

Atentamente,

  
Dr. Luis Quiroz Avilés

Comité de Ética en Investigación



# Universidad Católica Sedes Sapientiae

Lima, 01 de junio de 2016

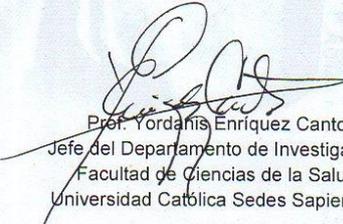
A la Autoridad competente

Presente.-

De mi mayor consideración me dirijo a Ud. para presentarle el Proyecto de Investigación **"Rendimiento académico en el área de educación física asociado a defectos de apoyo plantar en niños de 6 a 12 años de edad de un colegio de Lima"** realizado por las estudiantes **Santisteban Francia, Jannet** con DNI: **47292165** y **Peralta Gonzales, Sadith** con DNI: **70826236** el cual cuenta con la asesoría metodológica del **Prof. Guillermo Renzo Veliz Paredes**, Docente de nuestra Universidad y tiene por objetivo principal: Determinar el nivel de relación entre el rendimiento académico en el área de educación física y los defectos de apoyo plantar en niños de 6 – 12 años de un colegio de Lima.

Asimismo, le indico que el Proyecto ha sido registrado con código **(CR0102)** en el Departamento de investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud en fecha 16 de mayo de 2016 y aprobado por el Comité de Ética Institucional.

Con mis mejores saludos

  
Prof. Yordania Enriquez Canto  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Católica Sedes Sapientiae

