



---

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---



# **FACULTAD DE CULTURA FÍSICA**

## **TESIS**

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS PLANTOGRAFICOS HERNÁNDEZ CORVO y MÉTODO DE ÁNGULOS DE REYES GUZMÁN**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LIC. EN CULTURA FÍSICA**

Nombre del Autor

**JONATHAN HERNÁNDEZ SANDOVAL**

Directores

**Med. Esp. Gerardo Luis Reyes Guzmán  
Mc. Enrique R.P. Buendía Lozada**

**Puebla, Pue. Diciembre 2015**

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS PLANTOGRÁFICOS HERNÁNDEZ CORVO y MÉTODO DE ÁNGULOS DE REYES GUZMÁN**

## **ÍNDICE CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1 Introducción 5
- 1.2 Problema de investigación 7
- 1.3 Antecedentes 8
  - 1.3.1 Evolución del pie humano 8
  - 1.3.2 Diferencias estructurales 9
  - 1.3.3 Bipedestación 10
  - 1.3.4 Ventajas de la bipedestación 14
- 1.4 Antecedentes de investigación 17
- 1.5 Justificación 20
  - 1.5.1 Importancia de la investigación 20
- 1.6 Objetivos 21
  - 1.6.1 Objetivo general 21
  - 1.6.2 Objetivos específicos 21
- 1.7 Hipótesis 22
  - 1.7.1 Variable dependiente 22
  - 1.7.2 Variable independiente 22
  - 1.7.3 Variables ajenas 22
  - 1.7.4 Objeto de estudio 22
- 1.8 Marco contextual 22
- 1.9 Definiciones de trabajo 23

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

- 2.1 Marco Teórico 24
- 2.2 Anatomía del pie 25
- 2.3 Articulaciones 26
  - 2.3.1 Articulaciones intertarsianas 27
  - 2.3.2 Articulación subastragalina 28
  - 2.3.3 Articulación astragaloescafoidea 28
  - 2.3.4 Articulación calcaneocuboidea 28

- 2.3.5 Articulación transversa del tarso 29
- 2.3.6 Articulación cuneoescafoidea 29
- 2.3.7 Articulaciones intercuneales 29
- 2.3.8 Articulación cuneocuboidea 30
- 2.3.9 Articulaciones tarsometatarsianas 30
- 2.3.10 Articulaciones intermetatarsianas 30
- 2.3.11 Articulaciones metatarsofalángicas 31
- 2.3.12 Articulaciones interfalángicas 32
- 2.4 Músculos 32
- 2.5 Tendones y ligamentos 33
- 2.6 Bóvedas del pie 34
- 2.7 Movimientos del pie 35
- 2.8 Marcha del pie 38
- 2.9 Mecanismos de apoyo del pie 39
  - 2.9.1 Arcos plantares 41
- 2.10 Distribución de la tensión al soportar una carga estática 44
- 2.11 Ejes del pie 46
- 2.12 Desviaciones angulares 47

## CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO

- 3.1 Método de investigación 49
- 3.2 Universo y muestra 50
- 3.3 Método para la evaluación del apoyo plantar 50
  - 3.3.1 Materiales e instrumentos de la evaluación 50
  - 3.3.2 Metodología (desarrollo del método propuesto) 50
  - 3.3.3 Análisis del método Hernandez C 56

## CAPÍTULO 4. MUESTRAS

- 4.1 Método y Análisis de resultados 57

## CAPÍTULO 5. ANALISIS DE RESULTADOS

- 5.1 Análisis comparativo de resultados 63
- 5.2 Comparación descriptiva 64
- 5.3 Antecedentes de utilización 69

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones 71

6.2 Discusión 72

6.3 Recomendaciones 76

Bibliografía 78

## **RESUMEN**

Es importante la evaluación del apoyo plantar humano, ya que los pies, son la base de las dos columnas (piernas), que soportan todo el cuerpo, tienen características únicas, para dar estabilidad al mismo, dada su composición muscular, esquelética, articular y ligamentaria, todo ello conforma la compleja estructura corporal, posibilita la postura, el movimiento y la marcha, ya sea para las actividades de vida diaria, de trabajo y deporte.

Este estudio comparativo del apoyo plantar, se realizó usando dos métodos, el de Hernández Corvo y el de Reyes Guzmán. La investigación, fue realizada 50 alumnos, de edades de 17 a 21 años, alumnos del primer cuatrimestre de la Facultad de Cultura Física, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, de las generaciones 2013-2015. A los cuales se les hizo, la toma en bipedestación, de sus huellas plantares entintandas, y plasmadas sobre hojas de papel, en las que se realizó el trazado, de diferentes tipos de líneas, propias de cada método utilizado. Todos los datos obtenidos, se vaciaron en una tabla para realizar el análisis estadístico, comparativo del grupo en estudio.

Al final concluimos con resultados estadísticos, de los cuales se obtienen, valiosos resultados comparativos, de las características de los pies, en ambos métodos, así como su utilidad. Se necesita complementar con estudios posteriores el método de Reyes Guzmán, modificar y justificar algunos trazos en la metodología.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Desde que el hombre asumió la postura bípeda ha experimentado significativos cambios, no solo a nivel morfológico y estructural, sino también en el aspecto psicológico y emocional, que es un factor determinante en sus patrones de comportamiento y acción. Al sufrir estas modificaciones posturales, evidentemente hubo un periodo adaptativo, a la nueva situación espacio temporal que ahora vivía, aumentó su campo visual y su inteligencia.

El apoyo plantar, es básico para mantener la postura y lograr la traslación, es una muestra de la evolución de la especie humana, ya se ha dicho que la naturaleza, ha utilizado exitosamente la forma circular, en los seres vivos, con la evolución los fue modificado y adaptando, y en la actualidad esa forma no ha desaparecido.

Al paso del tiempo, se han realizado diversos estudios para identificar, las distintas problemáticas del apoyo plantar, utilizando aparatos y métodos, cada uno con características específicas, de acuerdo al tipo de análisis y resultados, que se deseaban obtener del sujeto estudiado. Cada método, ha orientado su investigación, dependiendo de los requerimientos, y necesidades del proyecto en cual se trabaja, brindando datos y elementos de valor, para el análisis de las posibles patologías, en los pies del hombre.

Las distintas afecciones podálicas han llevado, a médicos ortopedistas y a diversos investigadores de la materia a evaluar las características de dichas problemáticas, basándose en estudios previos, realizados para describir y dar a conocer posibles causas, de las alteraciones del apoyo plantar humano.

Además de algunos problemas ya conocidos, tales como defectos posturales, torsionales y angulares obtenidos de otros trabajos, en esta investigación, buscamos más mediciones que aporten datos, y permitan determinar dichas alteraciones, con lo cual los diversos profesionales, puedan elegir las mejores alternativas terapéuticas. Se trata de un método basado en la medición, de los ángulos resultantes de los arcos interno y externo, además de otras mediciones relevantes, no especificadas en otros métodos, para ayudar a realizar una mejor evaluación plantar.

Se han hecho, desde hace ya tiempo, métodos para la evaluación del apoyo plantar, con el fin de corregir los problemas, que se presentan en los pies, que son la base del sustento bípedo. El presente estudio de investigación, se basa en la comparación de dos métodos, uno con resultados conocidos y otro realizado en nuestro país. El problema a investigar, es ver como resultado, la utilidad y beneficios de ambos o si pueden ser complementarios.

## **1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Investigar comparativamente, la evaluación plantar humana, de los métodos de plantografía de Hernán Hernández Corvo y el de Reyes Guzmán, para determinar la utilidad del método Angular de Reyes Guzmán.

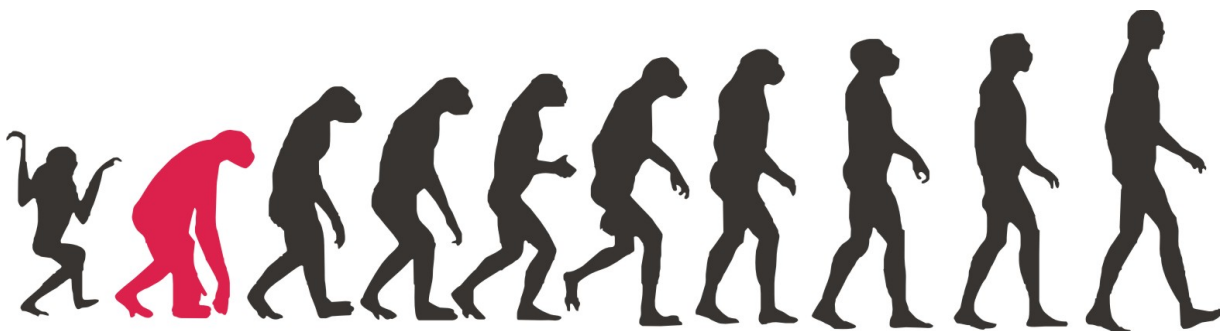
## 1.3 ANTECEDENTES.

### 1.3.1 Evolución del pie.

La postura erecta o bipodal, fue utilizada desde hace millones de años por algunas especies de dinosaurios, así como en diversos animales distintos al hombre. Esta posición que puede asociarse a comportamientos de vigilancia, agresión y defensa entre otros, no implica adaptaciones morfológicas similares a la bipedestación propia de los homínidos; a diferencia de estos en los que el apoyo corresponde a los radios metatarsales medios, en la especie humana son el astrágalo y el calcáneo los que adquieren una gran significación. (Zurita Ortega, 2007)

Los Homínidos y primates bípedos, que surgieron en África, cuando dicho continente se encontró afectado, por una progresiva desecación, que redujo las áreas de bosques y selvas. Como adaptación al nuevo bioma de sabana, aparecieron primates capaces, de caminar fácilmente de modo bípedo y mantenerse erguidos (East Side Story);[13] [14] ); más aún, en un medio cálido y con fuerte radiación ultravioleta e infrarroja, una de las mejores soluciones adaptativas, son la marcha bípeda y la progresiva reducción de la capa pilosa y de la radiación solar del Homo Sapiens. (evolución de postura bípeda humana, se muestra en la figura siguiente).

Ha de admitirse que el pie de los humanos evolucionó a partir del órgano móvil y



prensil, que poseen muchos de los primates y se convirtió en una estructura de soporte apta para la locomoción bípeda.

A diferencia del pie de los antropoides, el pie de los humanos se caracteriza, por la reducción de la capacidad de oposición del dedo gordo, es cierto que esta capacidad, no se ha perdido por completo, sin embargo esta reducción general de la oponibilidad, además las cabezas de los metatarsianos, ya no giran como lo harían, en la función prensil de los dedos del pie del antropoide. De esta forma el

del humano, el eje de palanca del pie se desplaza entre el segundo y tercer metatarsianos, de igual manera el eje de abducción-aducción, de los dedos del pie se recorre al segundo dedo.

### **1.3.2 Diferencias estructurales.** (Morfología Funcional, Reyes Guzmán, 2009)

La verticalidad condicionó cambios estructurales en los aparatos óseo y muscular. En el tórax, columna vertebral, las extremidades inferiores y en los pies; (en la tabla 1), podemos ver con mayor claridad algunas de las diferencias más notables entre el mono y el ser humano.

Actualmente se pueden ver, procesos evolutivos en animales, como el oso y algunos primates que combinan la posición cuadrúpeda, con la bípeda, en ellos se observan, algunos cambios estructurales, como la ampliación en sentido trasverso del tórax, las escápulas migran y se hacen posteriores, los músculos cambian de la posición lateral, se hacen totalmente dorsales, la columna vertebral, inicia por la acción de la gravedad a formar curvas, claro no tan notables como las del hombre.

Las extremidades inferiores en el hombre, son columnas de soporte, además son propulsoras para la traslación. Los pies son considerados, las bases de esas columnas, todo lo anterior demuestra, que ningún segmento corporal, es independiente de otros.

Además el pie, toma en una postura en ángulo recto respecto a la pierna, el bipedestación, también introdujo cambios, en la disposición de los músculos del tobillo y el pie. En los seres humanos los músculos, tibial anterior pierde su inserción, en el primer ortéjo del pie, y el extensor largo de los dedos y el extensor largo del primer ortéjo se dividen a partir de la primitiva placa de los músculos extensores como unidades separadas y pronación del pie anteriormente supinado. En la siguiente página se muestra una tabla comparativa, entre el hombre y el antropoide.

## Tabla comparativa

MONO (ANTROPOIDE)	HOMBRE
Cráneo pequeño	Cráneo mayor
Escapulas antero laterales	Escapulas posteriores
Extremidades superiores largas	Extremidades superiores cortas
Tórax redondeado	Tórax aplanado transversalmente
Extremidades cortas con flexión anterior (sobre el pecho)	Extremidades inferiores largas y extendidas
Columna vertebral con una sola curvatura de concavidad anterior	Columna vertebral con dos curvaturas, dos cóncavas y dos convexas
Pie completamente plano	Pie con sistema de arcos en su planta con apoyo en tres puntos, uno trasero en el calcáneo, dos anteriores en el primer y quinto metatarsiano.
Dedos de los pies separados, el primer dedo separado de los demás, es un pinza prensil(es una mano más)	Los cinco dedos unidos longitudinalmente
Cola grande y prensil	Coxis en evolución.

Tabla 1. Diferencias estructurales entre el mono y el hombre. (Reyes Guzmán, 2009)

### 1.3.3 Bipedestación. (Morfología Funcional, Reyes Guzmán, 2009)

Para lograr la postura y marcha erecta han tenido que aparecer importantes modificaciones (Morfología Funcional, Reyes Guzmán, 2009):

**1.-El cráneo.** En él Homo Sapiens, el orificio occipital, es punto de inicio y de unión con la columna vertebral y por donde se une un bulbo raquídeo con la médula espinal. Ese orificio del cráneo se ha desplazado anteriormente, hacia la base del cráneo, esto debido a la adaptación a la posición bípeda, mientras que en los simios, se ubica en la parte posterior del cráneo.

**2.-La columna vertebral.** Ésta en los simios, es de una sola curvatura de convexidad posterior, en el Homo sapiens y en sus ancestros bípedos, ha adquirido curvaturas que permiten, soportar mejor el peso de la parte superior del cuerpo, tales curvaturas tienen un efecto "resorte", por lo demás la columna vertebral ha podido, erguirse casi 90° a la altura de la pelvis, si se compara con un chimpancé, se nota que al carecer este primate de la curva lumbar, su cuerpo resulta desplazado hacia adelante, por el propio peso; en la raquis humana el centro de gravedad se ha desplazado, de modo que el centro de gravedad, de todo el cuerpo se sitúa, encima del soporte que constituyen los pies, el Homo sapiens tiene una cabeza relativamente grande, y el centro de gravedad corporal

es bastante inestable, esto hace que al intentar nadar, el humano tienda a hundirse. Las vértebras humanas, son más circulares que las de los simios, lo cual permite soportar mejor el peso vertical.

**3.-La pelvis.** La pelvis se ha ensanchado, esto es fundamental en la evolución, de nuestra especie, los huesos ilíacos de la región pelviana, en el Homo Sapiens (e inmediatos antecesores) "giran" hacia el interior de la pelvis, permitiendo un mejor soporte del peso de los órganos, al estar en posición erecta, ésta modificación implica, una disminución importante, en la velocidad de la carrera por parte de los humanos.

La bipedestación implica una posición de la pelvis, que hace que las crías nazcan de manera prematura, en efecto, el parto humano es denominado ventral acodado ya que existe casi un ángulo recto entre la cavidad abdominal y la vagina, que en el pubis de la mujer es casi frontal, si en todos los otros mamíferos el llamado canal de parto es muy breve, en cambio en las hembras de Homo sapiens es muy prolongado y sinuoso, lo cual dificulta el parto.

**4.-Los miembros inferiores.** Estos también por la bipedestación, han sufrido otros cambios morfológicos, muy importantes y evidentes, particularmente en las articulaciones.

Los miembros inferiores se han robustecido, el fémur humano se inclina hacia adentro, de modo que le posibilita la marcha, sin necesidad de girar casi todo el cuerpo; la articulación de la rodilla, se ha vuelto casi omnidireccional (puede moverse en diversas direcciones). Aunque en los monos como el chimpancé, existe una mayor flexibilidad de la articulación de la rodilla, esto para un mejor desplazamiento por las copas de los árboles, es así que el humano a diferencia de sus parientes más próximos no marcha con las rodillas dobladas.

**5.-Los pies.** En los humanos los pies se han alargado, particularmente en el talón, reduciéndose el largo de los dedos del pie, y dejando de ser oponible el primer ortéjo. En líneas generales el pie ha perdido casi totalmente la capacidad de aprehensión, se sabe, en efecto, que el pie humano ha dejado de estar capacitado para aferrarse (cual si fuera una mano) a las ramas, pasando en cambio a tener una función importante en el soporte de todo el cuerpo.

El primer ortéjo del pie tiene una función vital para lograr el equilibrio de los homínidos durante la marcha y la postura erecta. Ese mismo dedo del pie, de un chimpancé es transversal, lo que permite al simio aferrarse más fácilmente de las

ramas, en cambio el pie humano, al estar alineado, facilita el equilibrio y el impulso, hacia adelante al marchar o correr, los huesos de los miembros inferiores son relativamente rectilíneos en comparación con otros primates. (Figura 2) (Evolución Humana)

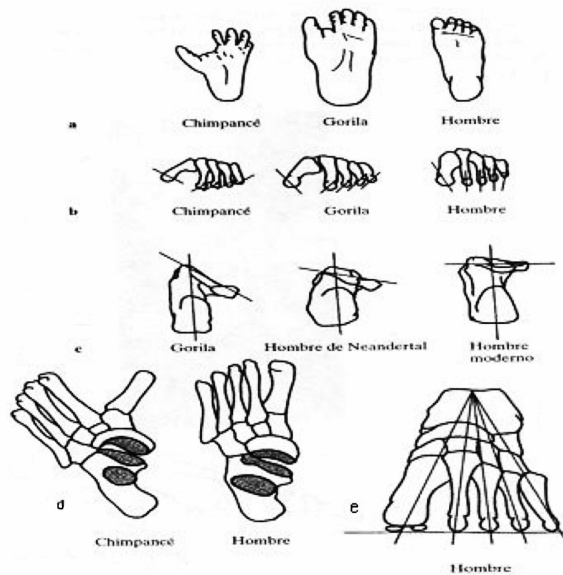


*Figura 2. Huesos del miembro inferior, forma rectilínea respecto a la de los primates (Wikimedia).*

De la estructura humana merece especial atención el pie, que es la base de la sustentación y es producto de la evolución que determinó la verticalidad y la conducta bípeda que representa los cambios de conformación del sistema distal de las extremidades inferiores. (Hernández Corvo, 1989).

Al asumir el bipedalismo, el calcáneo experimentó cambios importantes, el sustento del astrágalo aumentó de tamaño de igual forma que todo el calcáneo en conjunto y adoptó una posición más horizontal, para así poder sostener el cuerpo del astrágalo y el peso del cuerpo; todo el calcáneo ha cambiado su posición dentro del pie, desde una posición descendente a una ascendente. (Figura 3 c) (Niguel Palastanga, 2000).

En los primates la aducción del dedo gordo proporciona al antepié una dirección medial, en los seres humanos esta angulación desaparece y el eje del pie sigue una línea recta, por lo cual el primer y segundo metatarsianos se extienden más paralelos entre sí. (Figura 3 d)

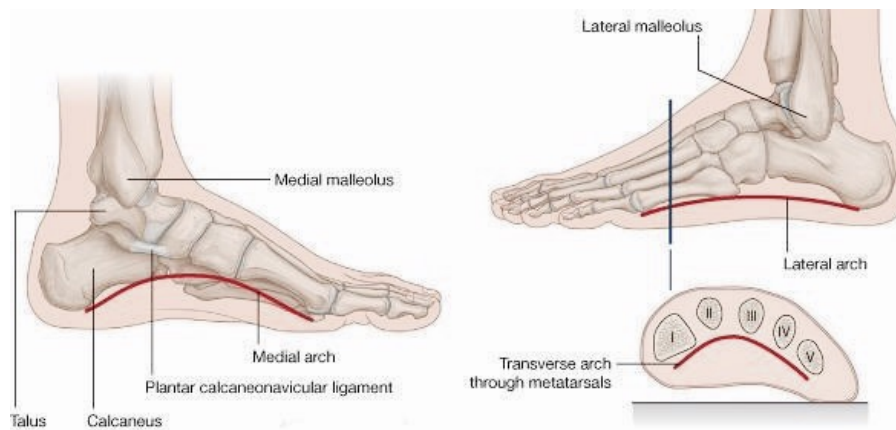


*Figura 3: a) transición del pie de un antropoide al de un humano, b) pérdida de la rotación de los metatarsianos durante la evolución del pie, c) cambios en la oblicuidad del sustento del astrágalo, d) reducción del ángulo del dedo gordo del pie, sujeción anterior del pie mostrando que todos los metatarsianos participan. (Niguel Palastanga, 2000)*

Con la desviación medial del eje de palanca, el borde medial del pie se aplana y deprime, se desarrolla un arco transversal para que lo sustente, y cubra toda la anchura del pie; el bipedalismo alternante ha sido un factor para el desarrollo de ciertas articulaciones que proporcionan equilibrio estático estando de pie y propulsión dinámica al caminar o correr. (Figura 3).

El apoyo plantar, es básico para mantener la postura y lograr la traslación, es una muestra de la evolución de los seres vivos en especial ya se ha dicho que la naturaleza ha utilizado la forma circular. Daniel Linares describe como postura correcta: “La posición corporal más adecuada para la función que hace referencia al menor gasto energético, así como la mejor disposición biomecánica de los huesos, articulaciones y músculos”. (Niguel Palastanga, 2000).

La huella de un pie nos permite observar y reconocer los tres puntos de apoyo más importantes: el talón y las cabezas de los metatarsianos 1 y 5; dichos puntos están unidos por tres líneas que forman los arcos plantares, que son: arco longitudinal mayor interno, arco longitudinal menor interno y el arco anterior o transversal. (Figura 4)



*Figura 4: Huesos de los pies, puntos de apoyo y arcos plantares (Reyes Guzmán, 2009).*

#### **1.3.4 Ventajas de la bipedaestacion** (*La especie elegida, Juan Luis Arsuaga e Ignacio Martínez. 1998*).

Es evidente que la gran cantidad, de modificaciones anatómicas, que condujeron del cuadrupedismo al bipedismo, requirieron una fuerte presión selectiva, se ha discutido mucho sobre, la ineficacia de la marcha bípeda, comparada con la cuadrúpeda; también se ha criticado que ningún otro animal. de los que se adaptaron a la sabana al final del Mioceno desarrolló una marcha bípeda.

Hemos de tener en cuenta que partimos de los homínidos con un tipo de desplazamiento cuadrúpedo que no es ninguna maravilla adaptativa; en efecto, el modo en que se desplazan los chimpancés, apoyando la segunda falange de los dedos de las manos no puede compararse a la marcha cuadrúpeda de ningún otro mamífero, puede ser suficiente en trayectos cortos por el suelo, pero no es muy eficaz para grandes desplazamientos en terreno abierto, los primeros homínidos de sabana probablemente se vieron obligados a desplazarse distancias considerables en campo abierto para alcanzar grupos de árboles situados a distancia. La marcha bípeda es muy eficaz pues tiene entre otras ventajas (*La especie elegida, Juan Luis Arsuaga e Ignacio Martínez. 1998*):

- A)** Observar el horizonte, por encima de la vegetación herbácea, en busca de árboles o depredadores.
- B)** Transportar cosas (como comida, palos, piedras o crías), con las manos, liberadas de la función locomotora.
- C)** Es más lenta que la marcha cuadrúpeda, pero es menos costosa energéticamente, lo que debería ser interesante para recorrer largas distancias en la sabana, o en un hábitat más pobre en recursos que la selva.
- D)** Expone menos superficie al sol y permite aprovechar la brisa, lo que ayuda a no recalentar el cuerpo y ahorrar agua, cosa útil en un hábitat con escasez del vital líquido.

En el libro *La especie elegida*, de Juan Luis Arsuaga e Ignacio Martínez se argumentó, que la liberación de las manos, por parte de los primeros homínidos bípedos, les permitió elaborar armas de piedra para cazar, lo cual habría sido el principal motor de nuestra evolución. Hoy está claro que la liberación de las manos, (que se produjo hace 40,000 años aproximadamente), no está ligada a la fabricación de herramientas, que aconteció unos años después, y que los primeros homínidos no eran cazadores, sino que comían carroña esporádicamente.

***Liberación de los miembros superiores.*** (*La especie elegida*, Juan Luis Arsuaga e Ignacio Martínez. 1998).

La postura bípeda, dejó libres los miembros superiores, que ya no tienen que cumplir la función de patas (excepto en los niños muy pequeños), ni la de braquiación, es decir, el desplazamiento de rama en rama con los brazos, aun cuando la actual especie humana, de la cintura hacia arriba mantenga una complexión de tipo arborícola.

Esta liberación de los miembros superiores fue, en su inicio, una adaptación óptima, al bioma de sabana; al marchar bípedamente, y con los brazos libres, los ancestros del hombre podían recoger más fácilmente su comida; raíces, frutos, hojas, insectos, huevos, reptiles pequeños, roedores y carroña; muchos indicios hacen suponer, como probable que nuestros ancestros fueran en gran medida carroñeros y que practicaran la modalidad llamada cleptoparasitismo, esto es; robaban las presas recién cazadas por especies netamente carnívoras; para tal práctica, nuestros ancestros debían haber actuado en bandas, organizadamente.

Los miembros superiores, en relación con otras especies, se han acortado, y al quedar liberados de funciones locomotoras, se han podido especializar en funciones netamente humanas; el pulgar opuesto es una característica heredada de los primates más antiguos, en estos la función principal ha sido la de aferrarse a las ramas y en segundo lugar aprehender las frutas o insectos que les servían de alimento. El desarrollo de la capacidad de pronación en la articulación de la muñeca también ha sido importantísimo para la capacidad de elaborar artefactos.

### ***Visión panorámica.***

El humano hereda de los prosimios, la visión estereoscópica y pancromática (la capacidad de ver, una amplia tonalidad de los colores del espectro visible), los ojos en la parte delantera de la cabeza posibilitan la visión estereoscópica (en tres dimensiones), pero si esa característica surge, en los prosimios como una adaptación, para moverse mejor durante la noche o en ambientes umbríos, como los de las junglas, en el Homo sapiens tal función cobra otro valor; facilita la mirada a lontananza, el sotear horizontes, en este aspecto la visión, es bastante más aguda en los humanos que en los otros primates y en los prosimios.

Esto facilitará el hecho, por el cual el Homo sapiens, sea un ser altamente visual (por ejemplo las comunicaciones mediante la mímica), esto facilitará asimismo la imaginación. El Homo sapiens es por su anatomía, un animal muy vulnerable, si se encuentra en condiciones naturales.

Asociado al hecho por el cual morfológicamente, el ser humano tenga, características que le aproximan a las de un chimpancé, cuando "niño" se encuentra el ortognatismo y esto quiere decir, entre otras cuestiones, que los dientes de Homo sapiens, son relativamente pequeños y poco especializados, las mandíbulas, por esto, se han abreviado y hecho más delicadas, falta además el espacio donde encajan los colmillos. La debilidad de las mandíbulas humanas, las hace casi totalmente inútiles, para la defensa a mordiscos ante un predador y, asimismo, son muy deficientes para poder consumir, gran parte del alimento en su estado natural.

## 1.4 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.

Para E. Bick, las deformidades estructurales del pie, han recibido atención desde el tiempo de los escritos hipocráticos, pero es hasta mediados del siglo XVIII, cuando las disfunciones fisiológicas fueron apreciadas, siendo el holandés Peter Camper, quien afirmaba que diversos tipos de dolor, y deformidades del pie, son producto del mal trato dado a los pies o el uso de calzado inadecuado. (A. Viladot, 1963).

Las huellas plantares constituyen, un documento preciso e irremplazable, que permite observar y reconocer distintos tipos de afecciones, y problemas del pie humano, además tienen la característica, de poder realizar sobre ellas líneas, trazos, mediciones, y otro tipo de análisis, que nos den un amplio panorama en el estudio del apoyo plantar. (Robbins, 1995)

Diversas son las técnicas, para realizar la toma de muestras de las huellas plantares, van desde impresiones clásicas, impresiones en relieve, pasando por las fotografías en el podoscopio, hasta los sofisticados escáneres.

Lelievre J, 1993, nos habla de un aparato construido por Dudley Morton, el cual registra la huella por simple presión del pie, utilizando distintos tipos de impresión directa, de la planta del pie como un tampón entintado o papel carbón. Esta impresión representa la zona de apoyo, y hace necesaria la comparación del contorno del pie, que se traza con la punta de un lápiz sostenido perpendicularmente al plano del suelo.

Además estos dos autores mencionados, refieren a que uno de sus colegas Ory Lieja, imaginaba una técnica de bastante interés para ellos; el pie era mojado y colocado en carga en una placa de mastique, sobre la cual dejaba su impresión en negativo, se acerca el ribete con una banda de cartón flexible que luego se rellena con yeso líquido muy fluido, después de quitar el molde se obtiene una impresión en relieve de gran finura que muestra la textura de la piel y las zonas de apoyo, poniendo de manifiesto los trastornos estáticos del pie.

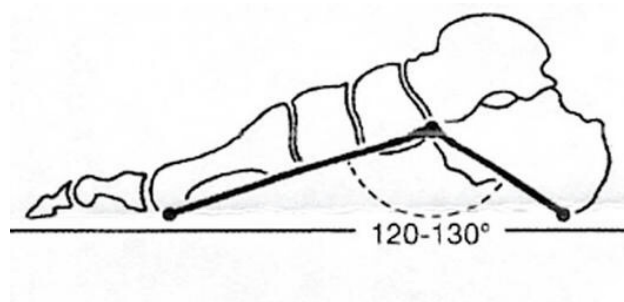
La técnica de Renneveau, es muy interesante por su simplicidad y la finura del resultado que de ella se obtiene. Se utiliza un zilex de forma más lenta y económica que el zilex dentario, se mezcla en una cubeta, con tres veces su peso en agua, para obtener una pasta líquida y homogénea, el pie se sitúa en una caja, se vierte el zilex y después de tres minutos se despega por medio de movimientos laterales y anteroposteriores para obtener el molde.

El podoscopio, es otra de las opciones para la valoración del apoyo de los pies, los modelos más antiguos llevan dos espejos a 45°, y daban una imagen invertida, se compone de un cristal sólido, un espejo oblicuo y un alumbrado eléctrico, con este aparato se estudia el apoyo, en carga y descarga en situación unípoda y bípoda con los pies juntos o separados; se observa la impresión en abducción y aducción. (Zanudio, 1983).

En el fotopodograma, se utiliza un papel fotográfico al cloruro o al cloro bromuro (10 x 30cm), se expone al sol o a un negatoscopio, se pincela la planta con revelador no irritante, se coloca el pie vertical sobre el papel durante 30 segundos en posición bípoda, la prueba es fijada y lavada; el revelador, al ser esparcido por la presión del pie, forma una línea sombreada periférica, la impresión obtenida, es de extrema finura porque muestra las zonas de apoyo y los pliegues de la piel. (Zanudio, 1983).

A. Viladot, 1963, hizo una propuesta, para la obtención de la huella plantar, sobre papel fotográfico, a través de la presión del pie previamente humedecido con revelador fotográfico y así obtener registros permanentes y de alta calidad para valorar las variaciones y alteraciones del apoyo plantar.

Tobia Cruz, nos habla en su tesis de licenciatura, que en la exploración radiológica, se utilizan dos proyecciones, la primera es la proyección de perfil con carga, donde se estudia el ángulo de Moreau y Costa-Bartani, que tiene su vértice en el punto más bajo de la cabeza del astrágalo, cuyos lados pasan por los puntos más bajos del calcáneo y la cabeza del primer metatarsiano; siendo su abertura normal de 120° a 130°. La segunda proyección es la dorso plantar en carga, donde se busca un ángulo formado entre el astrágalo y el calcáneo, este ángulos normalmente es de 15° a 25° (Fig.5)



*Fig. 5 El ángulo de Costa-Bartani, esta formado por la línea que une el polo inferior del sesamoideo interno y el punto más bajo de la cabeza astragalina y por la línea que une este último al punto más bajo de la tuberosidad posterior del calcáneo. (Arce, 2005)*

Finalmente en un estudio que realizó (A. Viladot, 1963), describe una tercera técnica, que corresponde a la proyección de Moreau, con una modificación, buscando demostrar con esta proyección radiológica el varo o valgo de la tibia.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.5.1 Importancia de la investigación.

La importancia de la evaluación del apoyo plantar, es fundamental para comprender la normalidad o anormalidad de la estructura plantar humana, de su postura, y de la realización de los movimientos, para las actividades de vida diaria, de trabajo y deporte.

Diversos son los métodos existentes, para la evaluación del apoyo plantar humano, ellos dirigidos a describir las características plantares, de la población en que fueron realizados, siendo esto un factor determinante en el análisis de sus resultados.

En la investigación fue importante verificar, si las líneas propuestas del método de ángulos ya habían sido ocupadas por algún otro autor, así como su tipo de valoración, o cambios en el comportamiento cúpulo-plantar a estudiar.

En el estudio se pondrá en evidencia, la validez del método angular, así como la comparación con el método, actualmente usado a nivel general, el método Hernandez Corvo. Una comparación a profundidad, que nos ayudará a conocer, si el método angular es o no fiable. Por el momento, para poder entender las características de cada método, se aplicaron los métodos de Hernández. C y el angular, a una población de estudiantes. de la Universidad Autónoma de Puebla, posteriormente para futuras propuestas se necesitarán poblaciones más generales y específicas (personas con problemas podales).

## **1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio comparativo, del método Hernández Corvo y el método de medición angular de Reyes Guzmán Gerardo, del apoyo plantar humano, para identificar de cada método, sus ventajas y sus complementos.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO**

- 1.- Evaluar las plantografías de las personas en estudio por ambos métodos.
- 2.- Determinar las diferencias y características, de los dos métodos estudiados, y proponer su utilización en determinados casos.
- 3.- Proponer cambios, que puedan ayudar, a mejorar posibles aplicaciones de los métodos estudiados.

## **HIPÓTESIS**

Si se hace un estudio comparativo, entre los dos métodos, el de Hernández corvo y el angular de Reyes Guzmán, podremos saber su utilidad práctica, en la tipología y en la solución de problemas del apoyo plantar humano.

### **1.7.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

La edad y el sexo

### **1.7.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

La calidad de la huella entintada, impresa en él papel.

### **1.7.3 VARIABLES AJENAS**

Antecedentes familiares de problemas o afecciones en los pies.

Deformaciones de los pies producto, de lesiones óseas, enfermedades de tipo degenerativo, o congénito.

Alteraciones plantares por el tipo de actividad deportiva.

### **1.7.4 OBJETO DE ESTUDIO**

La evaluación del apoyo plantar humano, mediante plantografías.

## **1.8 MARCO CONTEXTUAL.**

La investigación, fue realizada tomando una muestra de huellas plantares, de 50 alumnos (28 hombres y 22 mujeres) del primer cuatrimestre, de edades entre 17 y 20 años, de la Facultad de Cultura Física, de las generaciones 2013-2015.

## 1.9 DEFINICIONES DE TRABAJO.

**1.9.1 Ángulo:** Figura geométrica, formada en una superficie por dos líneas, que parten de un mismo punto; o también, es el espacio o superficie formada, por dos líneas que parten de un mismo punto.

**1.9.2 Estadística:** Estudio de los datos cuantitativos, de la población, de los recursos naturales e industriales, del tráfico, o de cualquier otra manifestación de las sociedades humanas.

**1.9.3 Evaluar:** Señalar, estimar, apreciar, calcular el valor de algo.

**1.9.4 Instrumento:** Conjunto de diversas piezas, combinadas adecuadamente, para que sirvan para determinado objetivo, en el ejercicio de las artes y oficios. Aquello de que nos servimos para hacer algo.

**1.9.5 Medir:** Comparar una cantidad, con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera.

**1.9.6 Método:** Modo de decir o hacer con orden. Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla. Obra que enseña los elementos de una ciencia o arte.

**1.9.7 Pie:** Extremidad de cualquiera, de los dos miembros inferiores del hombre, que sirve para sostener el cuerpo y andar.

**1.9.8 Pie varo:** Es la anomalía caracterizada por rotación o giro interno del tarso del pie, funcionalmente se observa un pie con apoyo lateral interno.

**1.9.9 Pie valgo:** Es la anomalía caracterizada por rotación externa del tarso del pie, funcionalmente se observa apoyo lateral externo.

**1.9.10 Pie normal:** Clasificación que arroja la línea de orientación, la cual debe recaer en el segundo dedo del pie

**1.9.8 Pronación:** Movimiento de la pierna que hace girar el pie de fuera a dentro presentando el dorso de ella.

**1.9.9 Supinación:** Movimiento de la pierna que hace girar el pie de dentro a fuera, presentando la planta.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

El pie es una estructura sofisticada, compleja y muy importante para nuestro organismo, pues de este depende la verticalidad, el equilibrio, la postura, locomoción y otras tantas actividades que requieren del movimiento.

La buena postura es aquella, en que el equilibrio musculo esquelético, guardan las relaciones anatómicas, se encuentran, dentro de los parámetros normales ya establecidos, está supeditada a la orientación y estabilización, y depende de modo importante, de la musculatura axial y periférica regulada a su vez por el sistema nervioso central. (Arce, 2005)

Así mismo (Arce, 2005) nos menciona, que diversos son los defectos posturales existentes, causados por vicios posicionales, al apoyar los pies o bien debido a males congénitos, algunos de los numerosos defectos del pie se relacionan, con la sobrecarga asimétrica de las zonas osteoarticulares y ligamentarias correspondientes, causando desgaste y molestias prematuras en las articulaciones; sin embargo existen antecedentes familiares, malas posiciones fetales, hábitos posturales y otros factores que alteran el apoyo normal de los pies.

Los distintos métodos de evaluación plantar, permiten conocer las características, y afecciones de los pies, analizando sus resultados, es posible comparar y hacer una clasificación, o determinar su tipo, basándose en criterios establecidos, tales como: desviaciones, zonas de apoyo, longitud de sus miembros y distancias entre ellos.

## 2.2 Anatomía del pie. (Levay, 1999)

Los huesos del pie se clasifican, en tres grupos: los tarsianos, metatarsianos y los dedos.

El astrágalo, se encuentra inmediatamente por debajo de los huesos largos de la pierna, articulándose con ellos en el tobillo, y descansando sobre el calcáneo; si inclinamos el pie hacia delante, de forma que los extremos anteriores del astrágalo y el calcáneo se junten, se forma la hilera proximal del tarso, escafoides, cuboides y la hilera distal está formada, por tres huesos llamados cuneiformes sobre el lado interno, y por el cuboides lateral exteno. Entre las dos hileras, en la parte interna del pie se encuentra el escafoides, que separa el astrágalo de los cuneiformes.

El astrágalo, posee un cuerpo con una superficie superior, redondeada en la articulación del tobillo, y su cuello soporta la cabeza insertándose, en el escafoides, el calcáneo, tiene una tuberosidad posterior saliente, forma un ángulo la prominencia del talón, se articula con la parte posterior del cuboides, el astrágalo y el calcáneo están conectados por fuertes ligamentos interóseos.

El escafoides es anterior a la cabeza del astrágalo, está en la parte inferior medial, presenta una gran tuberosidad, su superficie posterior es cóncava, para articularse con la cabeza del astrágalo; la superficie anterior, se subdivide en tres áreas triangulares, mediante crestas que se articulan con los tres huesos cuneiformes. La superficie superior del escafoides, presenta una superficie articular, que es cóncava recíprocamente, con la convexidad del astrágalo.

El cuboides, presenta seis superficies, aunque en realidad es un cubo aplanado de arriba-abajo, se sitúa en la parte externa de los huesos cuneiformes, delante del calcáneo y detrás del cuarto y quinto metatarsianos. Su superficie posterior es ligeramente cóncava de arriba-abajo pero plana de lado a lado y se articula con la superficie anterior del calcáneo.

El cuboides y los cuneiformes, son masas óseas irregulares, que se articulan con los metatarsianos, estos últimos, son similares a los metacarpianos de la

mano, excepto por el hecho, de que el primer metatarsiano es paralelo al resto, a causa de la relativa pérdida de movilidad del primer ortéjo del pie. Es más robusto, que el resto y su cabeza se sostiene, por debajo por un par de diminutos huesos sesamoideos.

El largo eje del pie, al realizar movimientos de abducción y aducción, de los dedos lo forma el segundo metatarsiano y no el dedo corazón. (Figura 6)

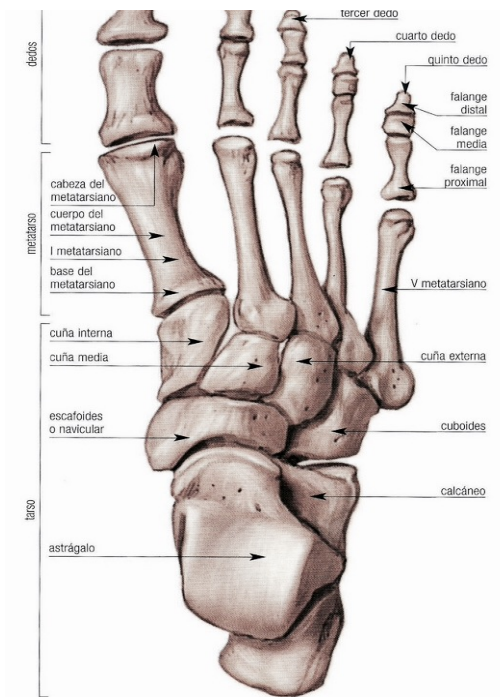


Figura 6

### 2.3. Articulaciones. (Niguel Palastanga, 2000)

El tobillo, es una pequeña articulación, que posee gran movilidad, es sólida, y capaz de soportar el peso del cuerpo de forma estática, en movimiento, dicha solidez está garantizada esencialmente por los ligamentos laterales internos y externos. Esta articulación situada entre el astrágalo y los huesos de la pierna tibia y peroné, permite orientar el pie en flexión (flexión dorsal) o en extensión (flexión plantar).

Las articulaciones entre los huesos, de las filas posterior y anterior del tarso (astragaloescafoidea y calcaneocuboidea), forman la articulación de Chopart, la cual permite la mayor parte de los movimientos de torsión del pie, por otra parte la articulación de Lisfranc o tarso metatarsiana, une los tres cuneiformes, y el

cuboides con las bases de los metatarsianos; permite movimiento de flexión, extensión y lateralidad del ante pie respecto al retropié. (Figura 7)

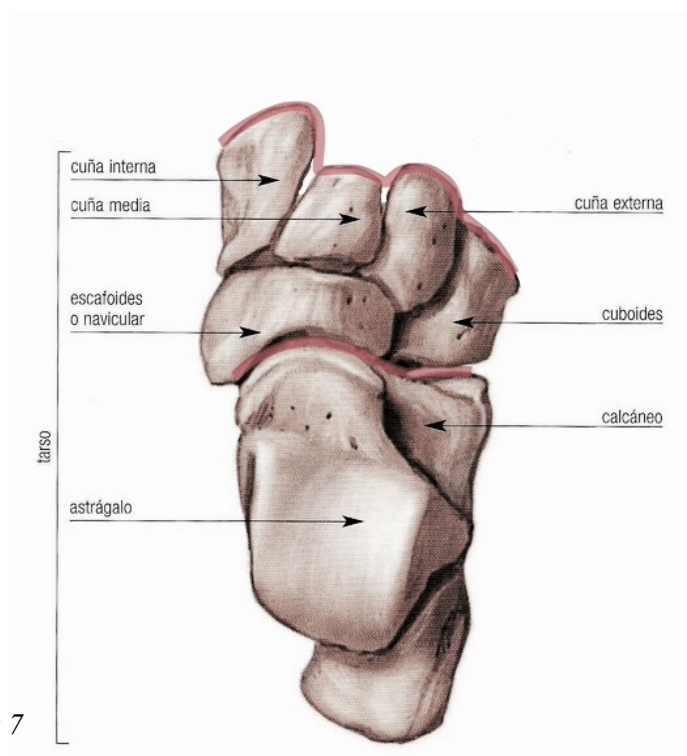


Figura 7

Las articulaciones del pie, son demasiado numerosas y complejas, lo cual desde el punto de vista funcional, por su número y variedad permiten, que el pie pueda adaptarse a todos los terrenos, evitando la sobrecarga y el desgaste.

### 2.3.1 Articulaciones intertarsianas.

Las articulaciones más importantes son, las que se establecen en el astrágalo, el calcáneo y el escafoides, y entre el calcáneo y el cuboides. Todas las articulaciones se caracterizan, por la presencia de ligamentos interóseos, dorsales y plantares, de los cuales los ligamentos plantares, son mucho más fuertes que los dorsales. La cara dorsal está inervada, por el nervio peroneo profundo y la cara plantar por los nervios plantares lateral y medial.

### **2.3.2 Articulación subastragalina.**

Es una articulación sinovial, está entre la cara cóncava, de la superficie inferior del astrágalo y la cara posterior convexa, de la superficie superior del calcáneo, la cara articular del calcáneo es oval, es un eje largo que se extiende, en sentido antero lateral, en el entorno de este eje, donde la cara es convexa, la superficie correspondiente del astrágalo, también posee forma cilíndrica, con un radio y eje parecidos.

### **2.3.3 Articulación astragaloescafoidea.**

Es una articulación sinovial multiaxial, en su parte esférica, está formada por una cara grande, continua sobre la cabeza y superficie inferior del cuello del astrágalo, la superficie articular, se ajusta a la cavidad, presenta crestas tenues, en la cara que se ajusta anteriormente con el escafoides.

Entre las superficies articulares, de los huesos calcáneo y escafoides, se articulan la cabeza del astrágalo, con las superficies profundas de los ligamentos, medialmente con el ligamento calcáneo-escafoidéo, y lateralmente con las fibras calcáneo-escafoidéas del ligamento bifurcado.

### **2.3.4 Articulación calcaneocuboidea.**

Se forma por caras, de la superficie anterior del calcáneo, y la superficie posterior del cuboides, las superficies articulares de los dos huesos, presentan una ligera ondulación y tienen forma de cuadrilátero.

La parte superior de la cara del calcáneo, es cóncava en sentido transversal y vertical, mientras que en la parte inferior es convexa, transversal y verticalmente, la superficie articular del hueso cuboides es recíprocamente cóncava y convexa, tal vez presente una extensión medial de la cara que se articula con el escafoides.

### **2.3.5 Articulación transversa del tarso.**

Esta articulación es la combinación, de las articulaciones astrágalo-escafoidea y calcáneo-cuboidea, proporcionan un plano irregular que se extiende en sentido lateral cruzando el pie, con el astrágalo y el calcáneo detrás, el escafoides y el cuboides por delante.

Estas articulaciones se combinan, en un patrón de movimiento claro, que contribuye de manera importante a la acción del pie, existe, una pequeña cavidad articular, entre el ángulo posteromedial del cuboides y el borde lateral del escafoides.

### **2.3.6 Articulación cuneoescafoidea (primer cuneiforme con escafoides).**

La superficie anterior del escafoides es convexa, aunque muestra tres caras articulares distintas, y separadas por crestas más o menos verticales, que coinciden con los extremos posteriores cóncavos de los tres huesos cuneiformes, las superficies articulares, se deslizan unas sobre otras y se alejan de forma, que se abre ligeramente el interespacio de la articulación.

Una cápsula fibrosa rodea la articulación, la cual está bien determinada por todos los lados excepto lateralmente, donde tal vez se comuniquen con la articulación cuneocuboidea cuando está presente; en sentido anterior, la cavidad articular forma un receso, entre los huesos cuneiformes, los cuales se comunican, con la articulación tarsometatarsiana, entre la cuña intermedia, el segundo y tercer metatarsianos, y con las tres articulaciones intermetatarsianas entre el segundo y tercero, así como el tercer y cuarto metatarsianos.

### **2.3.7 Articulaciones intercuneales.**

Los huesos cuneiformes, se articulan mediante articulaciones planas, situadas, en la cara posterior de sus superficies adyacentes, los tres huesos cuneiformes, se unen con los ligamentos intercuneales dorsales y transversales, ligeramente débiles, así como, con los ligamentos intercuneales interóseos y plantares; estos dos últimos ligamentos suelen formar, el límite anterior de las cavidades articulares.

### **2.3.8 Articulación cuneocuboidea.**

Esta se extiende, entre una cara redondeada de la superficie posterosuperior del cuboides y una superficie articular, grande y redonda en la cara posterolateral de la cuña lateral, el cuboides y los huesos cuneiformes, que están situados lado a lado sobre el pie, forman la porción tarsiana del arco

transverso, la estabilidad e integridad de las articulaciones se mantiene con los poderosos ligamentos intercuneales interóseos, y plantares, demás con los ligamentos cuneocuboideos; el tendón del músculo peroneo largo, se extienden en sentido transversal, por el pie aporta sujeción adicional.

### **2.3.9 Articulaciones tarsometatarsianas.**

Estas se hallan, entre los cuatro huesos del tarso, el escafoides y las bases de los cinco metatarsianos, son articulaciones sinoviales planas, que se superponen unas a otras; el primer metatarsiano se articula solo, con el hueso cuneiforme medial (interno), la base del segundo metatarsiano, se mantiene dentro de una mortaja formada, por los tres huesos cuneiformes y se articula con todos ellos.

Debido a esta mortaja profunda, el segundo metatarsiano, es el menos móvil de los tres huesos, el tercer metatarsiano, se articula solo con la cuña lateral, el cuarto metatarsiano se articula principalmente con el cuboides, pero también, un poco con la cuña lateral, mientras que el quinto metatarsiano se articula solo con el cuboides.

### **2.3.10 Articulaciones intermetatarsianas.**

Las bases de los cuatro metatarsianos laterales, se articulan mediante pequeñas articulaciones sinoviales, entre las caras de sus lados adyacentes, no hay ninguna articulación entre las bases del primer y segundo metatarsianos pues solo se unen con las fibras interóseas, los espacios articulares entre el segundo y tercer metatarsianos, y entre el tercer y cuarto metatarsianos, son extensiones hacia delante de la cavidad, de la articulación tarsometatarsiana intermedia, mientras que el espacio entre el cuarto y el quinto metatarsianos, es contiguo a la cavidad de la articulación tarsometatarsiana lateral.

Los distintos espacios articulares, se cierran en las caras dorsales y plantares, con el paso de los ligamentos dorsales y plantares, que se extienden transversalmente, y discurren entre las superficies adyacentes, de las bases de los metatarsianos, en sentido anterior, los espacios articulares están limitados, por los fuertes ligamentos metatarsianos interóseos.

### **2.3.11 Articulaciones metatarsofalángicas.**

Son articulaciones condiloideas sinoviales, situadas entre las cabezas de los metatarsianos, y la base acopada de las falanges proximales, las superficies articulares convexas, de los metatarsianos cubren las superficies dorsal, distal y plantar, de las cuales la superficie plantar, es la más extensa para facilitar la flexión plantar en la articulación.

Los tendones de los músculos extensores y flexores largos, cruzan las articulaciones metatarsofalángicas, por sus superficies dorsal y plantar respectivamente, en los cuatro dedos laterales del pie, estos tendones aportan cierta estabilidad, a las articulaciones; sin embargo, el primer ortéjo del pie, no posee una acción expansora, ni una vaina flexora, por lo que los tendones, se mantienen en su sitio mediante bandas de fascia profunda.

### **2.3.12 Articulaciones interfalángicas.**

Las cabezas de las falanges, tienen una superficie articular en forma de polea, que se muestra como una convexidad doble, se articula con una concavidad doble, en la base de la falange más distal. Debido a la forma, de las articulaciones interfalángicas, las convierte en articulaciones trocleares, sólo permiten realizar movimientos, de dorsiflexión y flexión plantar. La flexión plantar de la planta del pie depende, de los músculos flexores largo y corto, de los dedos, en las articulaciones interfalángicas distal y proximal respectivamente. La dorsiflexión medial se produce, por acción de los músculos extensores, así como de los músculos lumbricales e interóseos.

## 2.4 Músculos (Morfología Funcional, Reyes Guzmán, 2009)

Varios son los músculos, que conforman el pie, sin embargo, pueden dividirse en dos grupos: los extrínsecos (músculos de la pierna, que actúan por medio de tendones en el pie), y los intrínsecos (influyentes en el movimiento de los dedos). Estudiar la función de cada músculo de manera aislada presenta un panorama un tanto restringido, prioritario es tener un conocimiento global de su acción, para entender a fondo los movimientos del pie, (Figura 8). Los músculos peroneos, pasan por los bordes externos de ambos pies, y tienen función supinadora, por el contrario los músculos tibiales son más bien pronadores del pie, los extensores de los dedos se encuentran en la cara dorsal del pie, y los de la cara plantar son flexores.

En el calcáneo, se inserta el tendón de Aquiles, siendo el más potente de nuestro organismo y realiza la extensión dorsal del pie (flexión plantar).

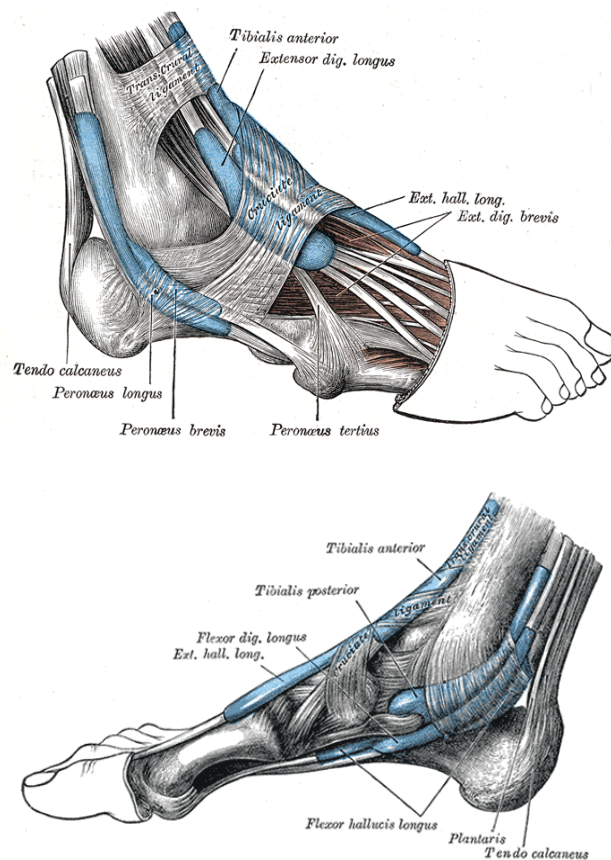


Figura 8. Vista plantar y dorsal de los músculos del pie

## 2.5 Tendones y ligamentos.

El tendón del músculo tibial anterior, se dirige desde la pierna, para estirar el cuneiforme medial y así mantener la bóveda longitudinal, el tendón del tibial posterior de la pantorrilla, se curva por detrás del tobillo, y sostiene la cabeza del astrágalo, desde abajo cuando atraviesa su inserción, en el escafoides; y el tendón del peroneo largo, desde la cara externa de la pierna, cruza la planta del pie, del lado lateral al medial, reforzando la bóveda transversal. (Figura 9)

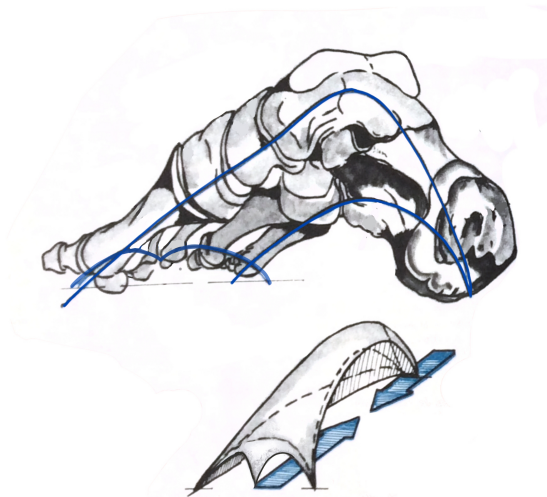
Los ligamentos no se involucran, de manera total para soportar el peso corporal, sólo de manera momentánea, estos están resguardados, por los músculos de la pantorrilla; si éstos tuviesen tono débil, los ligamentos se estirarían demasiado, produciendo un esguince en el pie. (Levay, 1999)



Figura 9. Tendones y ligamentos que sostienen las bóvedas longitudinales del pie.

## 2.6 Bóvedas del pie.

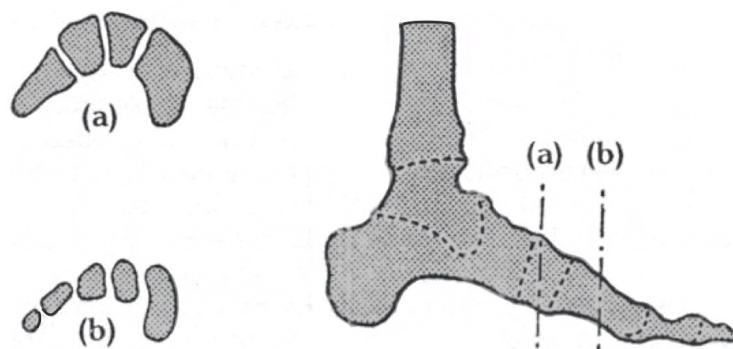
Estas son longitudinales y transversas, se disponen en el largo eje del pie, con un arco largo más alto en la zona medial y más bajo en la zona latera externa, con un pilar posterior común en el calcáneo, la línea del arco medio incluye, el calcáneo-astrágalo-escafoides-cuneiformes-tres metatarsianos internos; la línea externa incluye al calcáneo-cuboides, dos metatarsianos externos, siendo éstos mucho más eficaces. (Figura 10)



*Figura 10. Bóvedas longitudinales del pie*

El astrágalo, se encuentra en la cima de las bóvedas longitudinales, de forma que el peso del cuerpo constantemente tiende aplanarlas, por lo cual la función de los ligamentos y músculos adyacentes es fundamental para evitarlo. La bóveda transversal se dispone, en una concavidad de lado a lado y es más marcada en las bases de los metatarsianos (primero y quinto). (Figura 11)

El sostén de las bóvedas se produce por diversos ligamentos de unión y por el tono de los músculos de la pantorrilla y la planta del pie siendo ésta última muy importante. La forma de los huesos contribuye a su mantenimiento, los ligamentos importantes son los que se encuentran en la superficie inferior del pie, pequeños enlaces entre huesos y estructuras mayores que discurren de un pilar a otro.



*Figura 11. Corte transverso de la bóveda plantar: (a) en el tarso (b) en la región metatarsiana*

## **2.7 Movimientos del pie.**

El movimiento en la articulación del tobillo, se produce, sobre un eje transversal a nivel de la punta del maléolo lateral, y ligeramente por debajo del nivel del maléolo medial, los movimientos posibles en la articulación del tobillo, son dorsiflexión y flexión plantar del pie con una amplitud máxima, de aproximadamente 90° durante la dorsiflexión el pie es atraído hacia arriba en dirección a la pierna, la flexión plantar es un movimiento en dirección opuesta a la posición neutra. (Figura 12 a)

Las amplitudes de la dorsiflexión y flexión plantar, están determinadas por los perfiles de las superficies articulares: 30° en dorsiflexión y 50° en flexión plantar; pero existen otras variaciones individuales respecto a la extensión de estos movimientos. (Figura 12 b)

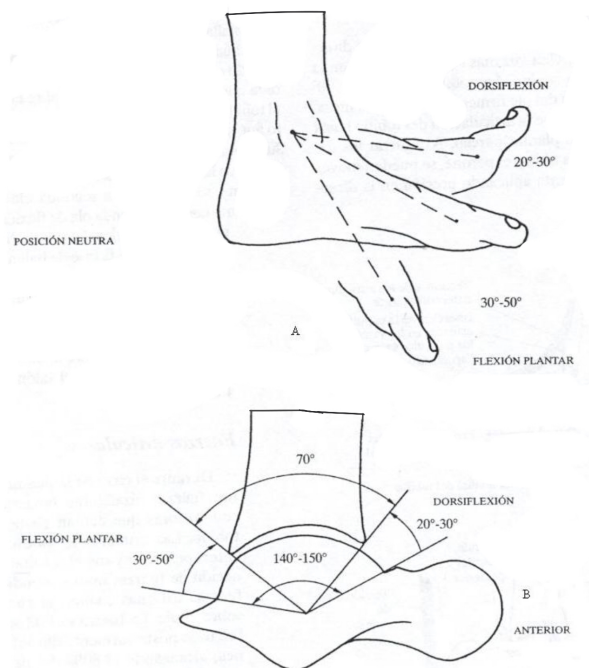
Durante la dorsiflexión, la parte anterior más ancha, de la superficie troclear del astrágalo, se ve forzada entre parte posterior más estrecha de la mortaja tibioperonea, provocando una ligera separación de la tibia y el peroné, y un aumento de la tensión, de los ligamentos tibioperoneos interóseos y transversos.

La dorsiflexión se produce, por acción de los músculos tibial anterior, extensor largo del primer ortéjo, extensor de los dedos y peroneo tercero, que cruzan la articulación en sentido anterior; este movimiento está limitado, por la tensión de los músculos gastrocnemio y sóleo, por la parte posterior del ligamento deltoideo,

el ligamento calcáneo-peroneo, la cápsula articular posterior y la cuña del astrágalo entre los maléolos.

Durante la flexión plantar, la parte posterior troclear más estrecha del astrágalo, se mueve hacia delante, hacia la parte más ancha de la mortaja tibioperonea, los maléolos tienden a juntarse nuevamente, para mantener la sujeción del astrágalo; en flexión plantar completa, es posible que se produzca algo de rotación, abducción y aducción, así como movimiento laterolateral del astrágalo.

La flexión plantar es producto, sobre todo de los músculos sóleo y gastrocnemio, si bien todos los músculos que entran, en el pie por detrás de los maléolos, producen flexión plantar en el tobillo, es decir, los músculos tibial posterior, flexor largo de los dedos, flexor largo del dedo gordo, peroneo lateral largo y peroneo lateral corto; este movimiento se interrumpe por la tensión de los músculos anteriores, la parte anterior del músculo deltoideo, el ligamento tibioperoneo anterior y la cápsula articular anterior.



*Figura 12: a) Movimientos de dorsiflexión y flexión plantar b) amplitud de los movimientos de dorsiflexión y flexión plantar en la articulación del tobillo determinada por los perfiles de las superficies articulares. (Niguel Palastanga, 2000).*

El pie como un todo puede ser normal, pronador o supinador, lo podemos estudiar, si consideramos el movimiento global de la articulación subastragalina, (articulación entre el astrágalo y el calcáneo) y la articulación esférica astragaloescafoidea, actuando el astrágalo como pivote estacionario. (Figura 13).

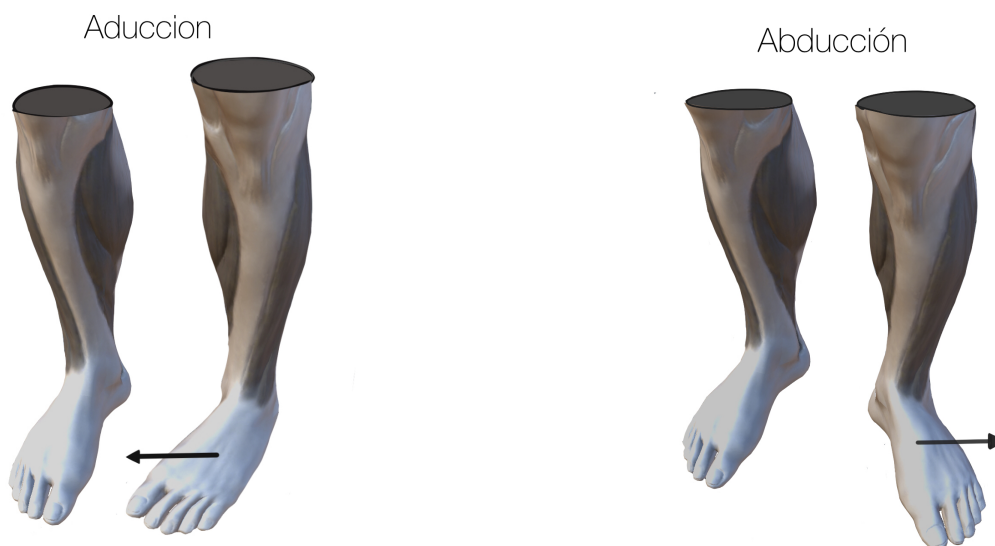
Además la parte anterior del pie (metatarsianos y dedos) puede ser aducida o abducida, es decir, desviada en dirección medial o lateral manteniendo la planta del pie paralela al suelo. Esto sucede en la zona intermedia de la articulación tarsiana que atraviesa el pie y está formada por las articulaciones astragaloescafoidea y calcaneocuboidea. (Figura 14).



*Figura 13. Pronación y supinación del pie. Las flechas indican la dirección del movimiento. (Levay, 1999).*

En realidad no es posible, separar estos movimientos: la pronación siempre se acompaña por una aducción y la supinación por alguna abducción. El resto de las articulaciones tarsianas son pequeñas articulaciones planas y las articulaciones de los dedos del pie son similares a las de los dedos de la mano.

Chummy S. Sinnatamby, explica que los movimientos de inversión y eversión del pie, son producidos en las articulaciones subastragalina y mediotarsiana, dándose mayor movimiento en la primera de éstas; además relaciona la aducción-supinación del antepié al movimiento de inversión, y la abducción-pronación al movimiento de eversión.



*Figura 14. Abducción y aducción de la parte anterior del pie*

## **2.8 Marcha del pie.**

Las bóvedas del pie, son estructuras similares a las de un muelle, se someten al peso del cuerpo y tienen un retroceso elástico, el ligamento principal, las bandas cortas entre el calcáneo y el escafoides que sostienen la cabeza del astrágalo se llama ligamento calcaneoescafoideo, al caminar el peso se centra sobre el talón y se transmite a los largo del borde externo del pie, hasta que finalmente atraviesa la bóveda transversal hasta la cabeza del primer metatarsiano; la flexión de las

articulaciones metatarsofalángicas supone el pistoletazo de salida para el otro pie. (Levay, 1999)

Si caminamos sobre una superficie firme sobre todo con los pies descalzos, los flexores de los dedos del pie actúan como agentes para un agarre poderoso, sin embargo, al utilizar zapatos se necesita mantener los dedos planos hacia abajo para conseguir así un empuje eficaz, dicha acción será acompañada por los músculos intrínsecos.

Según (Levay, 1999) aún cuando pueda existir cierto desequilibrio o pérdida de control de la postura, los tendones flexores y extensores producen la presión de los dedos de los pies que se hiperextienden por la articulación metatarsofalángica y se flexionan por la articulación

interfalángica; esta hecho lo revelan las cabezas metatarsianas en la planta del pie y las callosidades que se forman en la planta y en el dorso de los dedos.

## **2.9 Mecanismos de apoyo del pie.** (Niguel Palastanga, 2000)

El pie puede considerarse, una de las estructuras más dinámicas del cuerpo, proporciona contacto físico con el medio ambiente, tiene fuerza suficiente para soportar el peso del cuerpo, es flexible y elástico, para absorber los choques transmitidos a través de él, y proporcionar el resorte y la elevación, necesarios en muchas actividades.

En el pie de una persona viva, es imposible aplanar por completo el arco medial porque los ligamentos son demasiado fuertes, estando de pie en postura estática, los ligamentos actúan de soportes primarios, pues los músculos se mantienen relajados. El soporte muscular del pie, se vuelve significativo durante los movimientos, en los que se desplaza el cuerpo en posición erguida, y durante los movimientos más amplios.

Los soportes musculares más importantes y eficaces, son los que se extienden longitudinalmente por debajo del arco medial, el músculo flexor largo del primer dedo, es el más eficaz, y el más profundo de los músculos de la pantorrilla, durante cortos periodos de permanencia de pie, el músculo flexor largo del primer

ortéjo, no está activo porque el peso del cuerpo, descansa en la parte posterior del pie mientras, los pulpejos de los dedos no se apoyan en el suelo.

Los dos músculos tibiales anterior y posterior influyen, de forma significativa en el arco medial, aunque de forma diferente a la de otros músculos; pues no ejercen acción directa, sobre los pilares del arco. El músculo peronéo largo acentúa en ocasiones el arco medial, porque tira de él, hacia el suelo durante los movimientos de eversión.

En posición bípeda el talón, el borde lateral medial del pie, el antepié y las prominencias de las falanges distales tocan el suelo, el borde medial del pie se arquea hacia arriba entre el talón y el grueso del primer ortéjo, formando un arco muy visible, en el borde lateral del pie que está en contacto, con el suelo.

De la misma forma, que en el lado medial, en el lado lateral hay un arco longitudinal óseo, que va desde el talón, hasta la cabeza del quinto metatarsiano, pero este arco es mucho más plano que el medial.

### 2.9.1 Arcos plantares. (Reyes Guzmán, 2009)

La estructura ósea arqueada del pie, le confiere la estabilidad y flexibilidad necesarias, para el funcionamiento de los arcos longitudinales, el arco longitudinal mayor interno, presenta una curvatura mayor y se caracteriza, por su notable elasticidad; el arco menor externo, es más rígido y plano, establece contacto con el suelo y proporciona una base firme para mantener la posición bípeda. (Figura 14)

Los elementos que mantienen, la integridad de los arcos del pie son como los de cualquier otra articulación del cuerpo, de conformación ósea, ligamentaria y muscular; pero su mecanismo de acción, son relativamente diferentes cada uno de los tres arcos.

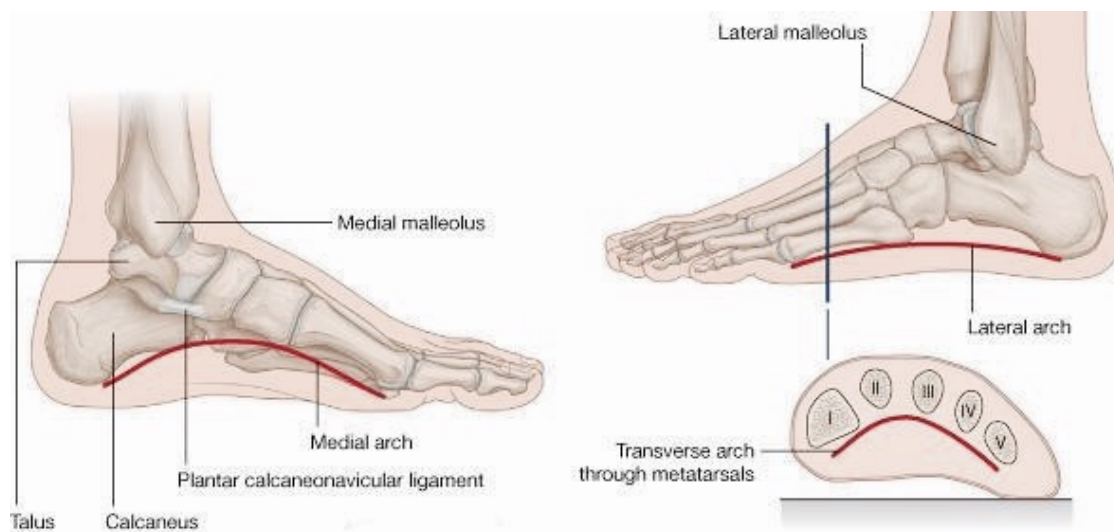


Figura 14. Puntos de apoyo y arcos plantares. (Reyes Guzmán, 2009)

#### **Arco longitudinal mayor interno.**

Los elementos óseos, no desempeñan un papel significativo, para mantener la estabilidad de este arco, los ligamentos son fundamentales en esta tarea, pero incapaces de hacerlo por sí solos; siendo el ligamento más importante, la aponeurosis plantar, que se extiende entre los pilares, que sostienen el arco, si éste se ve acortado por la extensión de los dedos, especialmente del primer ortéjo, aproxima los pilares entre sí y eleva el arco.

Los músculos son indispensables, para el mantenimiento del arco longitudinal medial, donde el músculo flexor largo del primer ortéjo, es la estructura más importante, lo ayudan los tendones del flexor largo de los dedos, que van de los dedos segundo y tercero, que reciben una cinta del tendón del músculo flexor largo del primer ortéjo.

Estos tendones, no se mantienen activos durante cortos periodos, mientras estamos de pie, porque generalmente, el peso se apoya en la porción trasera del talón, y las prominencias de los dedos no

ejercen presión contra el suelo; mientras tanto los ligamentos sostienen el arco, pero durante periodos prolongados, de permanencia en pie, los ligamentos se fatigan y se obtiene alivio presionando las prominencias de los dedos contra el suelo.

El peroneo largo tiende a evertir el pie, y hacer descender su parte medial; por otro lado el tibial anterior y el tibial posterior, ejercen efectos benéficos sobre el arco, por su tendencia a invertir el pie, o sea, a levantar el borde medial del suelo.

Función.-este arco es elástico y propulsor, se considera el motor del salto, esta acción es apoyada, por el efecto de varios músculos de la pierna y del pie, los tibiales anteriores y posteriores, del peroneo lateral largo, los flexores de la planta del pie, el aductor del primer ortéjo, por los ligamentos del tarso del pie, que son fuertes y por la aponeurosis o fascia plantar.

### ***Arco longitudinal menor externo.***

Ningún elemento óseo, contribuye a la estabilidad de este arco, pero los ligamentos desempeñan un papel relativamente más importante que en el caso del arco medial, el tendón del músculo peroneo largo al entrar, en el surco de la superficie inferior del cuboides, ejerce una tracción ascendente sobre el arco longitudinal lateral, por medio de su fibrocartílago sesamoideo, y constituye el elemento más importante en el mantenimiento de su integridad.

Los tendones del músculo flexor largo de los dedos IV y V y los músculos de la primera capa de la planta, también ayudan a prevenir la separación de los pilares del arco.

Función.- Este arco da estabilidad y soporta el peso corporal, se considera un tanto rígido, esta función, es apoyada por los músculos peroneos laterales largos y cortos, el aductor del quinto orjejo, por los ligamentos calcáneo-cuboides y por la fascia plantar.

### ***Arco anterior o transverso.***

Los huesos cuneiformes, intermedio y lateral tienen forma de cuña, y en este particular aspecto, los huesos están adaptados, para mantener el arco transversal del pie, el cuneiforme lateral sobresale por encima del cuboides, y de esa forma descansa en cierto grado sobre éste.

El cuneiforme medial, tiene forma de cuña, en el sentido erróneo para un arco, de este modo, los elementos óseos desempeñan, un papel mixto en el mantenimiento del arco transversal; los ligamentos que unen los huesos cuneiformes y las bases de los cinco metatarsianos, son más importantes, y el factor decisivo de todos, es el tendón del músculo peroneo largo, que con su tracción tiende a aproximar los bordes medial y lateral del pie a través de la planta.

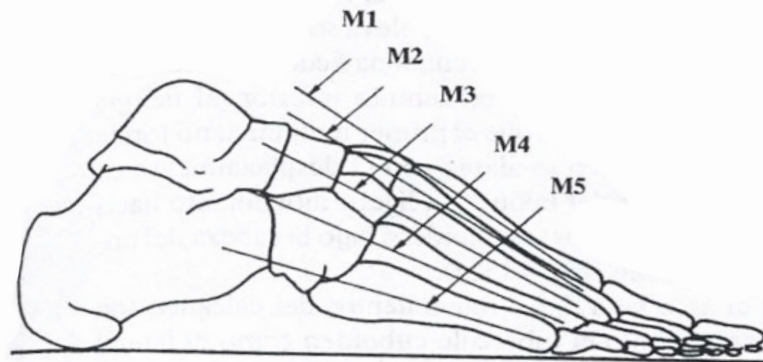
*Función.-* Este arco es estabilizador, funcionalmente equilibra el centro de gravedad, del pie y del cuerpo, apoyan esta función los músculos del primer orjejo, los peroneos laterales anterior.

Este arco poco profundo, descansa en el suelo sobre tejidos blandos, la cabeza del segundo metatarsiano es el más alto, es la pieza clave del arco, las cabezas del tercer y cuarto metatarsianos ocupan posiciones intermedias por encima del suelo; mientras que la primera y la quinta se hallan aproximadamente al mismo nivel del suelo.

Por la naturaleza de éste arco, comprende los huesos cuneiformes y el cuboides, cada metatarsiano forma un ángulo con el suelo, al extenderse hacia delante (Figura 15).

El primer radio es el más alto, y forma un ángulo de entre 18° y 25° con el suelo, lateralmente el ángulo, disminuye de forma gradual y es

aproximadamente de 15° para el segundo radio, 10° para el tercero, 8° para el cuarto y sólo 5° para el quinto radio.



*Figura15. Angulación de cada metatarsiano respecto a la horizontal (Niguel Palastanga, 2000)*

## **2.10 Distribución de la tensión, al soportar una carga estática.**

(Niguel Palastanga, 2000)

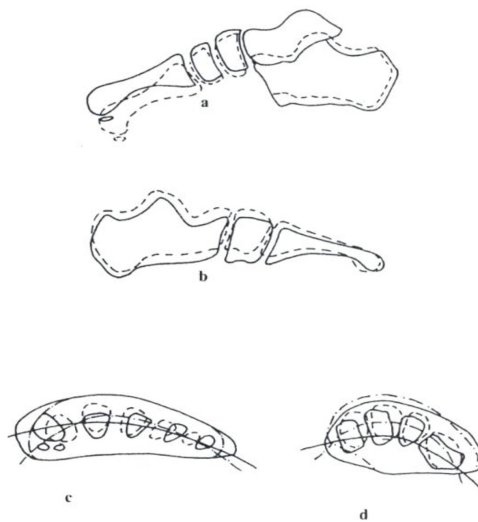
Al soportar el peso del cuerpo, las fuerzas se distribuyen, en tres direcciones hacia los sustentos de la bóveda plantar, dando por resultado que cada uno de los arcos del pie se aplanen y alarguen.

En el arco medial, el tejido blando, bajo el tubérculo posterior del calcáneo, se comprime y se acerca al suelo, el sustento del astrágalo desciende, y el astrágalo se mueve hacia atrás, sobre el calcáneo, las articulaciones cuneoescafoidea y tarsometatarsiana medial, se abren en sentido inferior y al mismo tiempo se reduce el ángulo, que el primer metatarsiano forma con el suelo.

El arco se alarga, con el desplazamiento en sentido posterior del talón, y un leve movimiento hacia delante de los huesos sesamoideos, que se encuentran bajo la cabeza (epífisis distal), del primer metatarsiano (Figura 16a). En el arco lateral externo, los movimientos del calcáneo son los mismos; las articulaciones calcaneocuboidea y tarsometatarsiana lateral, se abren en sentido inferior de modo, que la cabeza (epífisis distal), del quinto metatarsiano se desplaza en sentido anterior, lo cual junto con la recesión del calcáneo, alarga el arco lateral externo(Figura 16b).

El arco anterior, se aplana de manera que el pie, se achata a ambos lados del segundo metatarsiano (Figura 16c), el arco transverso formado, por los huesos cuneiformes y el cuboides también, se

aplana; el resultado del aplanamiento de estos distintos arcos, es que la cabeza del astrágalo y el tubérculo lateral del calcáneo se desplazan medialmente, lo que provoca el giro del pie en la articulación mediotarsiana (Figura 16d).

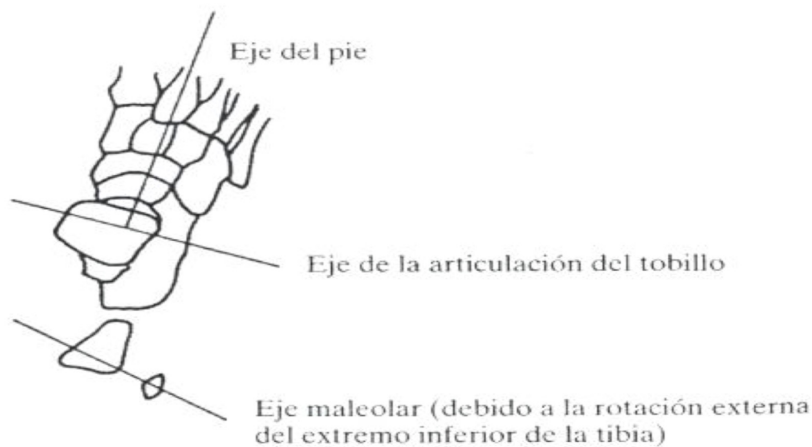


*Figura 16. Efectos del peso del cuerpo sobre: a) el arco longitudinal medial; b) el arco longitudinal lateral; c) el arco transverso anterior; d) el arco transverso del ante-pie. La línea continua representa, la relación entre los segmentos, al soportar el peso del cuerpo, la línea punteada muestra la relación cuando no soportan peso del cuerpo. (Niguel Palastanga, 2000)*

El retropié, se mueve ligeramente en aducción, pronación y extensión mientras, que el antepié experimenta un movimiento relativo de flexión, abducción, y supinación; como los talones soportan la mitad del peso del cuerpo, al estar de pie en posición erguida, y de forma más momentánea al caminar. Llevar zapatos, con un área de tacón pequeña, provoca alteraciones (desgastes), en las suelas con cubierta de plástico.

## 2.11 Ejes del pie.

El eje del pie, va desde el punto medio del espacio intermaleolar, por el segundo metatarsiano al segundo dedo, los ejes de ambos pies deben unirse por detrás del talón, y para mantener el equilibrio en la bipedestación, la línea de gravedad, visto lateralmente, desciende desde la bóveda craneal, pasa por delante del raquis cervical y dorsal, a la altura del hombro, cruza la región dorsal y lumbar, pasa por las articulaciones coxofemorales, pasa por la mitad de las rodillas y termina en el talón, debe caer dentro del área de sustentación, que es el espacio comprendido entre ambos pies. (Figura 17)



EJES DEL PIE.

*Figura 17. Ejes del pie. (Niguel Palastanga, 2000)*

(Levay, 1999) Menciona, que el eje del pie como punto de referencia, para los movimientos de abducción y aducción de los dedos, lo forma el segundo metatarsiano, a diferencia del dedo medio de la mano.

El eje de Henke, va desde la parte superior interna, del cuello del astrágalo, a la tuberosidad externa del calcáneo, determina los movimientos de torsión hacia dentro o hacia fuera.

El eje de Hendrix, entre el calcáneo, y el segundo metatarsiano, se considera un punto de unión funcional, de referencia para la mecánica global del pie.

## 2.12 Desviaciones angulares.

El pie es un complejo “osteomusculoligamentoso”, está constituido por una serie de arcos, ejes y ángulos, que al alterarse originan diversas consecuencias graves en el apoyo plantar.

En la bipedestación, el hombre mantiene sus pies en eversión o rotación externa, el eje de la pierna se encuentra, por dentro del primer ortéjo; en muchos casos durante la de ambulación, el

individuo desvía el pie hacia adentro, realizando una marcha en rotación interna de carácter compensador. (Figura 18)

(Hernández Regina), refiere en su estudio, que de las deformidades angulares de las extremidades, se ha encontrado que el ángulo tibio femoral varía según la edad, a los 3 o 4 años de vida, llega al máximo de valgo con  $18^\circ$ , para llegar de  $5^\circ$  a  $7^\circ$  a la edad de 7 años.

Constituyen motivo de consulta frecuente, al inicio de la postura bípeda del ser humano; están relacionados con la laxitud, de los ligamentos laterales de la rodilla y se manifiestan por alguna alteración postural en el plano frontal (Genu valgum/ genu varum) (Arce, 2005)

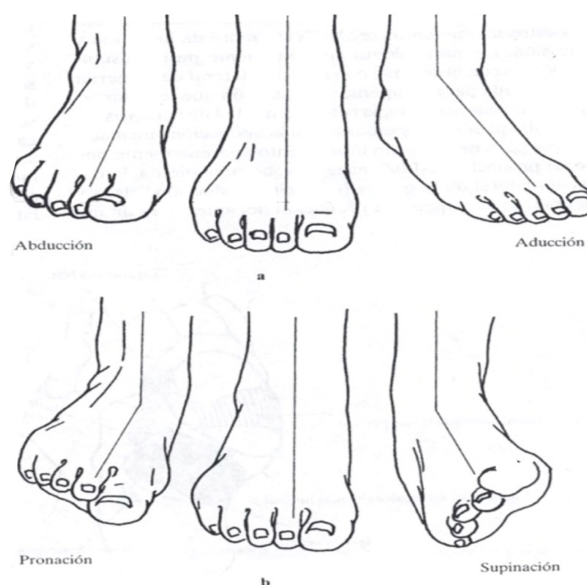
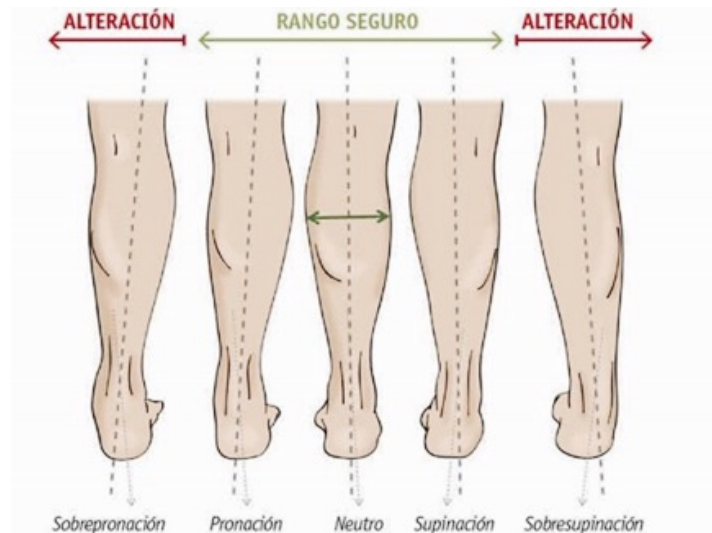


Figura 18. Ejes del pie (Niguel Palastanga, 2000)

Allan M. Spencer citado por (Robbins, 1995), propone el trazado de líneas, para observar los movimientos anormales llevándolo a cabo de la siguiente manera: “Se divide el calcáneo en dos mitades iguales, con un lápiz dermatográfico, la pierna se divide a nivel poplíteo y la parte inferior de ella entre los maléolos medial y lateral; luego se unen los puntos entre el hueco poplíteo y el área posterior del tobillo, se invierte y evierte el calcáneo en la articulación subastragalina y se registra el punto de rotación”. (Figura 19)



*Figura 19. Trazado de líneas propuesto por Allan M. Spencer; también denominada línea de Helbing. (Arce, 2005)*

La línea tibioaquileocalcánea, es descrita por (Arce, 2005) como una línea imaginaria, que desciende desde el hueco poplíteo (corva), discurre a lo largo de la parte central de la pierna, tendón de Aquiles y desciende hasta el talón. Se denomina línea de Helbing (talo valgo, neutro o varo).

## CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO Y COMPARATIVA

### 3.1 Método de investigación

Para el estudio cuantitativo y cualitativo cúpulo-plantar, se puede emplear la plantografía, unos de los métodos que se puede utilizar, es el de Hernández Corvo, con el cual podemos tener, no solo el tipo de pie, también nos aporta medidas, respecto al ancho de la huella y la altura del arco.

Existen otros autores con índices, que nos aportan algunas otras medidas, como lo son las medidas angulares del arco *Ángulo de Carke-Carckle HH (1933)*, la desviación pronadora o supinadora del pie *FICK R. - Handbuch des anatomie und mechanik . Alemania léna Gelenk 1911*, entre otras, que, aunque se pueden llegar a emplear, y ser útiles en el análisis podológico, son métodos que nos proporcionan un solo dato, mientras que el método de Hernández Corvo nos proporcionara más de uno. Un dato importante es mencionar que no existen métodos de origen Mexicano, por lo que la propuesta del método de medición angular, abre las puertas a nuevas ideas.

El método de Hernández Corvo, nos muestra datos importantes de la huella plantar como lo son el tipo de pie, el ancho del talón, ancho del medio pie y metatarsos, entre otros.

**Aparte del método de Hernández Corvo, algunos modelos plantograficos existentes son:**

- Angulo de frick
- Indice de chippaux-smirak
- Indice de arco de cavanagh y ecuación de rogers
- Indice de arco de staheli
- Angulo de carckle
- Indice de gamcra's contract
- Indice de longitud de arco
- Metodo Derks
- Indice de arco arch index
- Índices de anchura de Hernández Corvo

Estos índices y ángulos nos aportan características del pie, algunos diferentes a Hernández Corvo, se pueden llegar a ocupar como complemento, para el estudio plantográfico como *FICK R. - Handbuch des anatomie und mechanik . Alemania Léna Gelenk 1911*, y aunque algunos nos dan la característica cupulo-plantar, podemos ver esa característica podal, y compararla desde otra perspectiva *R.MAES, S.DOJINOVIC, Y.ANDRIANNE, F.BURNY, Étude rétrospective sur les corrélations des paramètres podométriques.*

## **3.2 Universo y muestra**

Se tomó una muestra de huellas plantares, de 50 alumnos primer cuatrimestre de edades entre 17 y 20 años, de la Facultad de Cultura Física. En el siguiente vínculo veremos la tabla con los resultados de las muestras.

## **3.3 Método para la evaluación del apoyo plantar**

Una vez tomado el entintado de la huella, se fotocopiaron los pares de huellas muestra, para aplicar ambos métodos de evaluación del apoyo plantar, el de Hernández Corvo. y el método de Reyes Guzmán.

### **3.3.2 Materiales e instrumentos de la evaluación**

Se utilizó tinta de sello, hojas de papel, lápiz, pluma, goniómetro, escuadra y regla.

### 3.3.1 Metodología (del método Reyes Guzmán)

Más que hacer referencia de las líneas verticales, que delimitan las partes laterales de la huella plantar en el método Hernandez C. *Hernandez.C 1989 - Morfología funcional*, en ambos métodos como en general, son necesarias marcar líneas que delimiten el espacio ocupado por la huella.

1.-Se inicia la toma con la persona a evaluar, en posición sedente, se hace el entintado (tinta de sello) de ambas plantas de los pies, previamente se colocan dos hojas de papel en el suelo, se le pide incorporarse y apoyar ambos pies sobre las hojas de papel, se recomienda evitar movimientos para tener nitidez de la huella, en seguida regresa a la persona a la posición sedente, para la limpieza de los pies, recomendando para ello el uso de alcohol líquido.

2.-Una vez secas las huellas tomadas, se trazan sobre ellas, dos líneas marginales laterales, sobre los márgenes, una interna y otra externa, ambas unen, los márgenes laterales, anterior y posterior. (Figura 1)



(Figura 1)

3.- Se coloca una regla, sobre la línea lateral interna de la huella, luego sobre la regla se coloca una escuadra se trazan líneas sobre todo el metatarso, esta línea determina la medida del diámetro del metatarso. Luego se realiza un trazo de una línea transversal, similar se realiza sobre el talón, que también nos dará el diámetro de él. Una vez teniendo las medidas del diámetro del metatarso (ante-pie), y del talón (post-pie), se saca la media distancia, en la que será colocado un punto tanto en metatarso como en talón. (figura 2)

(figura 2)



4.- Sobre los puntos medios de los diámetros de la región anterior y posterior de la huella, se traza una línea longitudinal medial, llamada de orientación, esta une los dos puntos antes citados, de los diámetros. (figura 3)

(figura 3)



4.- Sobre la línea medial o de orientación, coloca un punto medio. En ese punto se traza una nueva línea que se dirige y termine hacia el centro del segundo ortéjo. Una vez hecho esas líneas, puede suceder que la línea siga exactamente hacia el centro del segundo ortéjo, o no coincide.

Si eso sucede, se traza una nueva línea, esta se debe hacer sobre el centro del segundo ortéjo, esto nos dará, con la anterior no coincidente, la formación entre las dos líneas, de un ángulo, el cual nos da la oportunidad de valorar, si hubo rotación del ante-pie, lo que puede interpretar como, pronación o supinación. Es decir que el ante-pié rotó, internamente (varo), hacia el primer

ortético, o externamente (valgo), hacia el tercer ortético. Este ángulo es posible medirlo, (Figura 4).



(Figura 4)

5.-Se trazan líneas perpendiculares, a la línea marginal interna, sobre los límites anterior y posterior de de la huella. Por esta forma es posible hacer la medición exacta de la longitud del pie. (Figura 4). Son los puntos más sobresalientes por la parte proximal y distal de la huella plantar (punta de los dedos del pie y base del talón).



(Figura 4)

6.-Se trazan líneas, sobre el espacio no entintado, que corresponden a los arcos longitudinales mayor interno y menor externo, esas líneas siguen, los mayores puntos de contacto en la región anterior y posterior de la huella, son de dirección oblicua, y confluyen en un punto de unión central, hecho el trazado de estas líneas, y nos muestran la presencia de tres ángulos, uno anterior, otro medio y uno posterior. (figura 5).

El perímetro entintado de la parte interna y externa de la huella, nos delimitan las curvaturas de los arcos longitudinales.

A partir de las diferentes líneas trazadas se generan, los ángulos del pie, y se trazan los vectores angulares, que forman líneas convergentes.



(figura 5)

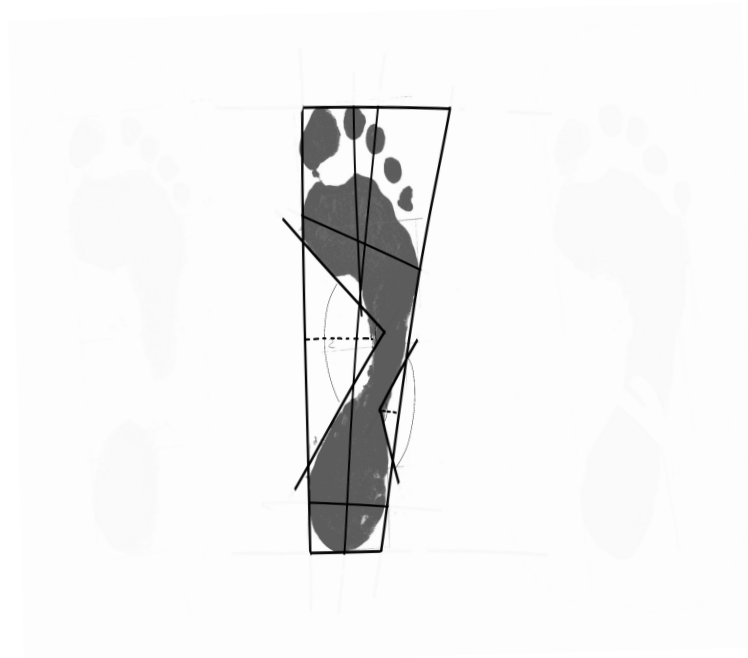
Es importante mencionar, que debe tomarse para el trazo de la líneas, sobre el mayor número de contactos sobre las huellas, que no nos confunda, alguna mancha de tinta provocada por un resbalón, del sujeto estudiado en el momento de tomar las huellas; esto a fin de lograr una correcta valoración de los ángulos resultantes del trazo. En algunos casos se podrán, trazar ángulos en el arco menor externo, sin embargo en otros no, será posible hacerlo por la ausencia de dicho arco.

7.- Sobre traza la línea marginal interna, se puede medir la altura del arco mayor (DAM), la cual parte desde el fondo de la huella, hacia la línea marginal interna a la altura del punto medio de esta (Figura 5).

La huella plantar completa con todos lo trazos hechos se muestra en la imagen anterior. (Figura 6).



(Figura 6).



La huella plantar completa con todos lo trazos hechos se muestra en la imagen anterior.

### 3.3.3 Analisis del Método Hernández Corvo.

Una de las razones, por la que cualquier método propuesto, debería compararse con el método Hernández Corvo, es por su relación entre sus trazos con sus resultados, esto significa que utiliza una fórmula, donde el resultado es directamente proporcional, a los diámetros del ancho del talón y del medio-pie, si el diámetro es mínimo, el porcentaje será elevado, una relación lógica, si el diámetro ocupa más espacio como ocurre en los pies planos, el porcentaje será menor como vemos en la siguiente imagen, donde los últimos cuatro puntos al no tener diámetro, su porcentaje estará es del 100%.



Esto es una descripción, dando una idea de que en el método que se proponga, se realiza un modelo lógico, utilizando los ángulos, líneas, etc, así como Hernández Corvo lo hace con los diámetros, se puede hacer un parámetro, sin tener una referencia o algún otro método con el que nos estemos comparando (Hernández, 1989). De esta manera se podrá, realizar una comparativa específica, para poder sustituir el método HC por uno más sofisticado.

## CAPÍTULO 4. MUESTRAS

### Método y análisis de resultados.

En el método comparativo, se utilizaron tablas de caracterización, donde se muestran los datos que arroja cada método. Únicamente se comparo la información que nos proporcionan, por la diferencia con respecto a la información principal que nos brinda, uno nos proporciona un porcentaje, que define el tipo de pie de la persona, mientras el otro, solo nos da ángulos pero no un parámetro de medición.

Nomenclatura	
APNI / APNID	Angulo Pie normal izquierdo / Angulo Pie normal derecho
APP	Angulo Pie plano
APC	Angulo Pie cavo
PPNI / D	Porcentaje Pie normal Izquierdo / Porcentaje Pie normal derecho
PPP	Porcentaje Pie plano
PPC	Porcentaje Pie cavo
HC	Hernandez C
MA	Método de Ángulos
AAM	Altura del arco medial
AMP	Ancho del medio pie
AT	Ancho de talón
L	Longitud del pie
AAL	Altura del arco lateral
AA	Angulo del arco medial
AMT	Ancho del metatarso
ALL	Angulo longitudinal lateral
AP/S	Angulo de pronacion o supinación
✓	Exacto
IN	Inexacto
COM	Complicado

## Comparativa

Gráfica comparativa del método Hernández Corvo y el método de ángulos. Temendo en cuenta que los métodos fueron aplicados sobre el mismo par de huellas plantares, con el fin de tener una comparativa mas exacta.

Los resultados de la primera tabla son los porcentajes de tipo de pie más cercanos a plano, cavo y normal de todas las muestras en el método de HC y los ángulos con el método de Ángulos que le corresponde a la copia del par de huellas correspondiente.

Se muestra color rosa, la equivalente de porcentaje en el método Hernández Corvo (HC) con el ángulo (MA).

De lado izquierdo el número de la muestra.

Sus resultados complementarios que nos proporciona cada método con iconos de acierto.

HC	PPNI	PPND	PPPI	PPPD	PPCI	PPCD	AAP	AAM	AT	L	AMT
01	51	51					✓	✓	✓	✓	✓
02					65	79					
03			27	22							

MA	APNI	APND	APPI	APPD	APCI	APCD	AA	AAM	ALL	AAL	L	AT	AMT	AP/S
01	98	105					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02					40	42								
03			165	151										

*Tablas 1.0, Aclarar que los ángulos que se muestran en la tabla de Método Angular, no suponen ninguna relación con el tipo de pie de la persona, aunque provenga de la misma muestra, son datos independientes.*

Las siguientes tablas nos muestran los resultados de manera desglosada, no se utilizaron gráficas ni se clasificaron los tipos de pie, ya que solo se realizó un análisis de características.

HG	PPND	PPPD	PPCD	AMP	AAM	AT	L	AMT
01	51			4.5	3.4	5.4	25	9.2
1.1	52.9			4	3.7	5.9	24.5	8.5
1.2	41			5	2.7	6	25.4	8.5
1.3	53			4.2	3.9	6.1	25	9
1.4	50			4.1	3	5.4	23.5	8.2
1.5	52.9			4	3.8	5.8	23.2	8.5
1.6	56			4.2	3.9	5.6	23.5	9.6
1.7	57.9			4	3.5	6	22	8.5
1.8	45.9			5.3	3	5.2	24.7	9.8
1.9	51			4	3.3	5.9	22.5	8.2
02			79	2	5.6	5.5	25.3	9.6
2.1	48			4.5	3.5	5.5	23.5	8.8
2.2	51.2			4	3.2	6	21.4	8.2
2.3		38		4.8	2.2	5.8	25.3	7.8
2.4			66	2.5	3.8	4.8	20.7	7.4
2.5			72	2	4	5.2	21	7.4
2.6			71	2.5	4.3	5	23.5	8.5
2.7	54.6			3.9	4.5	5.8	24.4	8.6
2.8	49.4			4.8	4	6.6	26.4	9.5
2.9			71	2.5	4.6	5.5	23.3	8.8
2.10	52			3.6	3.6	5.6	20.1	7.6
2.11			75	2.1	4.5	5.4	22.8	8.4
2.12			68	2.8	4.1	5.6	26.2	9
2.13	55.5			4.1	4.3	6.5	24	9.2
2.14			69	2.5	3.8	4.7	22.5	8
2.15			71	2.4	4.5	5	21.9	8.4
2.16			64	3	4.5	5.4	23.2	8.4
2.17	52			3.5	4	5.2	23.4	7.4
2.18			64	3	4.3	5.1	24.2	8.4
2.19			73	2	4.5	4.2	23	7.6
2.20			68	3	4	5.1	24.2	8
2.21	50			4.3	3.2	5.3	23.4	8.6
2.22			75	1.9	4.5	4.9	20.6	7.5
2.23			81	1.5	4.6	5	22.3	8
2.24			67	2.7	4.2	5.5	21.9	8.1
2.25			62	3	3.9	5.5	23.5	7.9
2.26			60	3.5	4.4	6	21.7	8.8
2.27	57.5			3.4	3.6	5.2	22.5	8
2.28	57.3			3.5	3.4	4.9	22.1	8.2
2.29			65	3.4	3.9	5	24.3	9.1
2.30			70	2.5	4.4	5.6	24	8.2
2.31			64	2.8	4	5	21.5	7.7
2.32			74	2.1	4.5	5	21.9	8
2.33			69	2.7	4.6	5.7	23.5	8.8
2.34			64	3.3	4.5	4.2	24	9.2
2.35			60	3.2	3.9	5.1	22.5	8
2.36			68	2.6	4.7	5.8	25.5	8.8
2.37			64	2.9	4.2	4.4	25.4	8.1
2.38		22.4		6.9	1.1	6.2	26.1	8.9
3		22		7	.9	5.4	23.4	7.9

HC	PPNI	PPPI	PPCI	AMP	AAM	AT	L	AMT
01	51			4.5	3.4	5.9	24.5	9.2
1.1	42			4.9	2.6	5.9	24.5	8.5
1.2	54			4.1	3.4	5.9	25.1	9
1.3	55.8			3.8	4.7	6.1	25.3	8.6
1.4			61	3.3	4	5.5	23.5	8.5
1.5	53			4.1	3.5	5.7	23.7	8.8
1.6	55			4.1	3.4	5.3	23.7	9.2
1.7	58.8			3.5	4	5.7	21.7	8.5
1.8	52			3.5	4.2	4.4	25	9
1.9	54			3.7	3.4	5.4	21.8	8.1
02			65	3.6	4.3	5	25.7	10.3
2.1	42			5.2	3	6.3	23.6	8.7
2.2	47.6			4.4	3	5.7	21.7	8.4
2.3	43			4.5	2.4	5.5	25.2	7.9
2.4			61	2.8	3.5	4.5	21.1	7.3
2.5			62	2.8	3.6	5.3	23.3	7.4
2.6			71	2.2	4	4.5	23.5	7.7
2.7			60	3.4	4.5	5.5	23.9	8.6
2.8	57.7			4.1	4.5	6.6	26.5	9.7
2.9	56			3.7	3.3	6.2	22.9	7.8
2.10			60	2.8	3.2	4.4	20.1	7
2.11	58			3.3	4.6	5.6	22.3	7.9
2.12			64	3.2	4.5	5.5	25.6	9
2.13	56.4			4	4.2	6.6	24.8	9.1
2.14			64	2.3	4	5.1	22	7.5
2.15			64	3	4	5.2	21.5	8.5
2.16	59			3.3	4	5.2	22.1	8.1
2.17			62	2.5	3.8	4.7	22.8	7
2.18			68	2.6	4.8	5.2	24.6	8.2
2.19			62	2.9	4	5.5	23.2	7.7
2.20			62	3	4.1	5.5	24.7	7.9
2.21			68	2.8	4.9	5.7	22.6	8.7
2.22			67	2.5	3.9	4.5	20.5	7.5
2.23			68	2.5	4.3	4.9	22	7.7
2.24	54			3.4	3.7	5.6	20.4	7.4
2.25			64	2.9	4.1	5	23.7	8
2.26			64	3.2	4.4	5.7	22.5	8.8
2.27	56.4			3.4	3.2	5	22.5	7.8
2.28	58.5			3.4	3.8	5	23	8.2
2.29			64	3.3	4	4.9	24.2	9.2
2.30			75	2.1	4.6	5.4	23.7	8.3
2.31			64	2.6	4.3	4.8	20.8	7.2
2.32			67	2.7	4.3	5.2	22.3	8.2
2.33			71	2.5	4.7	5.5	23.5	8.5
2.34			62	3.5	4.5	6.1	24.3	9.2
2.35	58			3.5	4.4	5.8	22.9	8.5
2.36			74	2.5	5	5.6	25.8	8.7
2.37			76	2	5	4.2	25	8.5
2.38		27		6.5	1.7	6.3	25.7	9
3		23		7	1.5	6	22.3	8.2

MA	APNI	APPI	APCI	AA	AAM	ALL	AAL	L	AT	AMT	AP/S
01	98			98	4.3	180	0	24.5	5.5	9.5	0.8
1.1	140			140	2.6	160	0.5	24.5	5.6	9	0.2
1.2	110			110	3.7	155	0.5	25.7	5.2	9.8	0.5
1.3	90			90	5	164	0.5	25.7	5.7	9.8	1
1.4			85	85	4	135	.7	23.2	5.1	9	0
1.5	72			72	3.5	160	.3	23.7	5.4	9	.5
1.6	78			78	4	173	.2	23.9	5	9.6	1
1.7	72			72	4	162	.3	21.3	5.2	9	1
1.8	125			125	4.2	155	.4	25	4.4	9	0
1.9	69			69	3.5	180	0	21.6	5	8.9	.1
02			40	40	4.8	155	.7	25.3	5.3	10.8	0
2.1	139			139	2.9	180	0	23.7	5	9.5	0.2
2.2	103			103	2.7	180	0	21.7	5.1	8.8	0
2.3	127			127	3.2	180	0	24.8	5.1	8.4	.2
2.4			45	45	4	162	.4	21.1	4.4	8	2
2.5			75	75	3.7	152	.6	21.4	4.6	8	0
2.6			67	67	4.4	156	0.6	23.5	4.4	8	1
2.7			73	73	4.7	141	.5	23.9	4.5	9	.5
2.8	81			81	4.5	111	1.6	25.6	6	9.3	1
2.9	69			69	3.5	180	0	22.8	5.3	8.3	0.2
2.10			79	79	3.3	180	0	19.9	4.2	7.6	.5
2.11	60			60	4.5	170	0.2	22.1	5	7.9	0
2.12			118	118	4	155	0.5	25.1	5.7	9	0.3
2.13	70			70	4	180	0	24	5.8	9.2	.2
2.14			71	71	4.2	180	0	21.9	4.9	7.5	0.3
2.15			118	118	4.2	154	.5	21.5	4.7	8.7	.6
2.16			95	95	3.9	161	.3	23	4.7	8.7	.5
2.17			80	80	3.8	132	0.6	22.7	4.2	9.1	0.3
2.18			108	108	4.7	160	0.6	21.4	5	8.4	2
2.19			69	69	3.9	178	0.1	22.7	4.9	8.5	0.5
2.20			85	85	4.4	180	0	24.3	5	8.5	0
2.21			79	79	5	150	0.7	23	4.2	9.3	0.2
2.22			29	29	3.9	162	0.7	19.7	4	8	0.5
2.23			85	85	4.3	137	1.1	21.3	4.8	8.7	0.1
2.24	120			120	3.6	177	0.1	20.1	4.6	8.3	0.5
2.25			95	95	4.3	159	0.7	22.3	4.5	8.2	0.8
2.26			69	69	4.6	180	0	22	5.2	9.2	0.5
2.27	132			132	3.5	155	0.5	22.5	4.5	8.2	0.1
2.28	129			129	4	147	0.9	22.1	4.8	9	0.3
2.29			56	56	4.7	175	0.2	24.2	4.5	9.3	0.2
2.30			112	112	4.5	163	0.4	23.7	4.8	8.9	0.1
2.31			59	59	4.2	142	0.9	21	4.2	7.2	0
2.32			125	125	3.5	158	0.5	22.4	5	8.5	0
2.33			51	51	5.2	153	0.7	22.7	5.3	9	0.2
2.34			82	82	0.7	162	0.3	24.3	5.7	9.8	0.1
2.35	76			76	4.8	180	0	22.6	4.7	8.5	0.1
2.36			115	115	3.7	155	0.4	24	4	8	0.2
2.37			121	121	5	140	1.2	24.5	3.2	7.5	0.3
2.38		165		165	1.9	165	0.4	25.6	5.5	10	0.5
3		170		170	1.5	175	0.1	23.3	4.7	9.5	0.5

MA	APND	APPD	APCD	AA	AAM	ALL	AAL	L	AT	AMT	AP/S
01	105			105	4.1	180	0	24.8	5.5	9.4	0.6
1.1	69			69	4	150	0.7	24.3	5.7	9.2	0
1.2	140			140	2.4	141	0.6	25.6	5.5	10	0.6
1.3	90			90	4.7	163	.4	25.2	6	9.7	.5
1.4	90			90	3.1	159	.5	23.7	5.4	9	1
1.5	53			53	3.7	173	.2	23	5	9.2	.3
1.6	82			82	4.2	145	.7	23.6	5.2	10	2.5
1.7	92			92	3.4	177	.1	21.4	5.2	9	2
1.8	119			119	3	165	.3	24.9	4.7	10.1	.2
1.9	108			108	3.5	180	0	22.3	5.2	8.5	.2
02			42	42	5.6	130	1.4	25.9	5.1	10	.7
2.1	135			135	3.5	161	.3	23.2	4.8	9.1	.3
2.2	81			81	3.5	180	0	21.4	4.8	7.9	.1
2.3		127		127	3.2	180	0	24.7	5.1	8.4	.2
2.4			96	96	3.9	180	0	23	4	7.7	1.5
2.5			73	73	4	149	.9	20.9	4.7	8	0
2.6			85	85	4.3	158	.9	23.4	4.6	8.8	0
2.7	102			102	4.5	163	.5	23.9	5.5	9	.2
2.8	59			59	4.3	180	0	25.7	5.5	9.8	.2
2.9			73	73	4.5	180	0	23.3	4.6	8.6	4
2.10	139			139	3.5	175	.1	19.9	4.3	8.2	.2
2.11			95	95	4.4	161	0.7	22.9	6	9.7	0.1
2.12			139	139	2.7	180	0	25	5.5	9.5	.1
2.13	90			90	4.5	176	.1	25	6	9.8	.3
2.14			70	70	4.2	158	.6	22.2	4.5	8.2	1.5
2.15			97	97	4.3	159	.5	21.8	4.6	8.4	3
2.16			103	103	4.2	159	.6	23.2	4.9	9	1
2.17	81			81	4	159	0.5	22.8	4.6	9	0.1
2.18			92	92	4.3	152	0.6	24.2	4.8	8.6	0
2.19			131	131	4.5	149	0.7	23.2	4.5	9.5	0.3
2.20			49	49	4.3	180	0	23.9	4.6	8.2	0.5
2.21	95			95	3.6	129	1.2	23.2	5.4	9	0.3
2.22			79	79	4.4	155	0.6	19.7	4.5	9	0.2
2.23			65	65	4.7	145	1.2	21.8	4.5	9.2	0
2.24			60	60	4.5	163	0.6	20.6	4.7	8.5	0.1
2.25			88	88	4.5	166	0.6	22.2	4.5	9	0.5
2.26			68	68	4.3	180	0	22.3	4	9.5	0.5
2.27	1.9			109	3.9	140	0.8	22.6	5	8.4	0.1
2.28	129			125	4	140	0.8	22	4.7	9	0.1
2.29			57	57	4.5	163	0.4	23.7	5.2	10	0.2
2.30			124	124	4.5	155	0.6	24	5	9	0.2
2.31			75	75	4.1	145	0.9	21.2	4.3	8.2	0
2.32			100	100	4.1	151	0.4	22	4.7	8.3	0
2.33			65	65	4.7	162	0.4	23.2	5.4	9.2	0
2.34			72	72	4.6	155	0.3	24	5.5	9.5	0.3
2.35			51	51	4.7	180	0	22.6	4.9	8.5	0.1
2.36			129	129	3.2	152	0.7	23.7	5.1	8	0.2
2.37			100	100	4.5	138	1.9	25.2	4.2	8.5	0
2.38		150		150	1.5	173	0.1	26.7	5.4	9.8	0.2
3		157		157	1.3	180	0	24	4.5	9	0.2

*Tablas 2.0*

## **CAPÍTULO 5. ANALISIS DE RESULTADOS.**

### **5.1 Análisis comparativo de resultados**

Se observan en las tablas 1.0, que se tienen datos iguales arrojados por ambos métodos, como lo son la longitud del pie, el ancho del talón y metatarso, así como la altura del arco media. Aunque la metodología es diferente, los resultados que arrojan, muestran una diferencia de 1 a 3 mm de diferencia, entre datos iguales de los métodos. Se podría comparar mediante desviación típica, pero no están justificados los datos que proporciona el método de Ángulos.

Como se observa en las tablas 1.0 comparativas, el método de Ángulos arroja más datos, que el método Hernández Corvo, el problema, es que no están justificados con estudios, se necesita respaldar su utilidad con investigaciones, esto para poder determinar, qué método arroja los datos complementarios que se parecen, más exactos. Las características de cada uno de los datos será descrita a continuación.

Por el momento solo se puede realizar una comparativa de caracterización, esto quiere decir que sólo se compararon las características o datos que nos ofrece cada método y su análisis, a partir de ello analizar que tan confiable puede ser el método de ángulos, y proponer en qué situaciones se podría usar.

Se necesita definir un parámetro claro en el método propuesto, que nos arroje datos iguales con el método con el que se pretende comparar, para que se pueda realizar una comparativa donde se haga un análisis comparativo más detallado, con el uso de ANOVA o Test T, para el análisis de un mayor número de métodos con respecto al propuesto o Desviación típica, entre otros métodos para comparar un resultado de variabilidad de muestras de un método con otro.

## 5.2 Comparación descriptiva

### **Método HC.**

En el método Hernandez C. las aplicaciones más relevantes son, su determinación en el tipo de huella plantar como lo mencionan *F Zurita Ortega a, A Martínez Martínez a, A Zurita Ortega - It influences of Tipología of the Foot in the Sport Activity Physique - Dpto. de Expresión Corporal. Universidad de Granada*, entre otros estudios que lo ocupan para lo antes mencionado, no se encontraron referencias con respecto a su utilización en la fabricación de ortesis, aunque esta última si se utiliza a quedado obsoleta gracias a la llegada de nuevos equipos tecnológicos y otros estudios como el fotopodogtama, el escáner podal en 3D, la digitalización con láser, entre otros tal como lo realizan en *SIRONA-CAD-CAM Sistem*, entre otros softwares *INSTITUTO VALENCIANO DEL PIE - España*. Aparte de obtener el tipo de pie, proporciona datos como altura del arco lateral, ancho de talón, ancho del metatarso, ancho del medio pie y altura de la huella (*Hernández, 1989*).

Durante la realización de los trazos, surge una duda con respecto a la veracidad de sus resultados, lo que se observa, es que al momento de realizar las divisiones con respecto a la medida fundamental, puede que los resultados no sean tan precisos en algunos casos clínicos agravados mencionados en *PODOLOGIA DEPORTIVA EN EL FÚTBOL-Real Federación Española de Fútbol*. Es el método que suele emplearse con más frecuencia para determinar el tipo de pie, ya que nos brinda más información, como observamos en las comparativas de los demás modelos plantograficos *R.Maes, S.Dojcinovic, Y.Andrienne et F.Burny - Eute de la vouête plantaire*.

Con respecto a lo anterior dicho, se observa que en una huella plantar, donde el exceso de arco hizo que desapareciera la porción media de la huella, se supone debería ser un pie cavo agresivo (*PODOLOGIA DEPORTIVA EN EL FÚTBOL-Real Federación Española de Fútbol*), pero por la medida de la "medida fundamental", las líneas que se trazaron no caen en el lado desaparecido de la huella, entonces el resultado sale igual al de una huella normal cuando debería salir un porcentaje más alto (figura 23).



*Figura 23. Observaciones del método Hernandez Corvo por Jonathan Hernández*

Probablemente sea una desventaja en algunos casos la línea fundamental, para tener datos de la progresión de un tratamiento la pregunta es ¿Se debería usar el método HC?, existe características diferenciales en pies cavos, por ejemplo; un pie cavo pero con máxima presión en el arco externo y pie cavo con máxima presión en metatarso y talón por que no existen ni uno de los dos arcos. (Figura 24)



*Figura 24 Observación de la clasificación plantar Jonathan Hernández*

### ***Método de Ángulos de Reyes Guzmán.***

El método propuesto, por el momento sólo nos ayuda a determinar, el ángulo de desviación en el ante-pie, aunque nos arroja ángulos de los arcos laterales de la huella, no se puede determinar qué tipo de pie tiene la persona, ya que no se ha determinado un parámetro de medición. Una propuesta para el uso de los ángulos

laterales, es durante la progresión a un tratamiento específico, ya que no arroja el tipo podal, esto provoca que no se pueda realizar una comparativa apropiadamente ya que no existe un parámetro claro en el método propuesto de cuantos grados tendrían que corresponder a un pie normal, plano y cavo *Reyes Guzmán Gerardo*.

#### *Línea vertical (línea media).*

Esta línea, que marca la mitad de la huella, por la unión de los puntos medios de la parte tarsiana y metatarsiana, tal vez poniendo al descubierto la aparición de alguna desviación de las falanges en prono o supino.

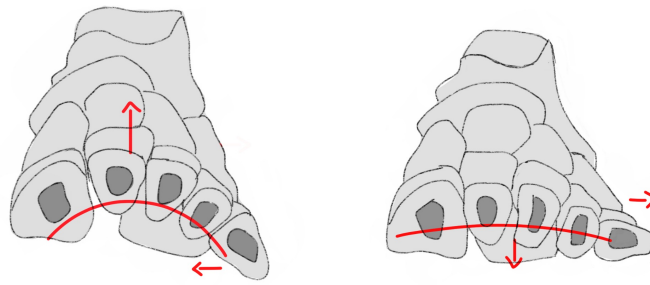
Esta desviación de las articulaciones metatarso-falangiscas, se podría deber a las modificaciones óseas generadas por el sistema cupulo-plantar.

Cuando el metatarso es empujado en dirección al suelo y de manera diagonal, por acción del aumento en los arcos, o es elevado, esto genera, que las partes distales de las falanges cambien su dirección de recta a lateral o medial. (Figura 26).

Esto solo es una hipótesis, ya que habría de estudiar el comportamiento del arco transversal con respecto al aumento o disminución de los arcos laterales y viceversa, ya que si aumentan estos, puede que el metatarso caiga, pero el arco transversal se comporte retrayéndose o cayendo hacia el suelo.

Se tendría que realizar un análisis sobre estas modificaciones a este nivel del tarso y metatarso con respecto al sistema muscular y tendinoso que compone el sistema cupulo-plantar, tanto sin apoyo plantar como con los cambios de presión ejercida, ya que imaginando que los dos arcos laterales

estén aumentados no existiría pronación ni supinación del antepie, aparte de un arco transversal caído, así como lo anterior dicho existen diferentes variables y probabilidades que necesitan comprobarse.



*Figura 26. Arco transversal y su relación con pronación y supinación del antepie. Observamos que cuando el arco T. está más pronunciado el metatarso se eleva y hace una pronación, cuando el arco cae, se genera una supinación.*

Esto genera, que se tome un punto medio de la línea longitudinal, y que a partir de esa línea se trace una más que se pase, por donde debería caer en un pie normal (dividiendo a la mitad del segundo orjejo), formando una angulación de pronación o supinación del antepie, pero solo en relación con el tarso o retropie y no con la tibia.

El nivel de prono o supino del antepie, nos puede indicar el punto de máxima presión, o apoyo.



*Ángulos ALM Y ALL (ángulo longitudinal medial y ángulo longitudinal lateral)*

En la metodología del trazado, las líneas de los ángulos ALM y ALL son convergentes, esto nos arrojará el vértice en puntos inespecíficos de la parte medial del pie, lo cual no hace del todo exacta la amplitud que debería tener el ángulo, con relación al contorno de la huella. Esto se debe, a que en la metodología del trazado de las primeras líneas marginales se tienen que trazar guiándonos de los bordes con mayor contorno recto abarcado.

*Línea AA (altura del arco)*

En el método de Hernández Corvo, la altura del arco se obtiene a partir de los trazos de la medida fundamental. Esto podría tener un cierto grado de error, ya que por la medida fundamental la altura real del arco no surge a partir de la parte más profunda del arco plantar, como ya se explicó anteriormente.

En el método de ángulos, al tomarse la altura del arco desde la parte más profunda del contorno del entintado, nos arroja la altura real del arco.

Con esta información, se puede afirmar que el método Hernández corvo es el ideal para utilizar, ya que cuenta con respaldo bibliográfico. No conocemos la exactitud del método de Ángulos aún.

### 5.3 Antecedentes de Utilización

El método de Ángulos ha sido usado por Reyes Guzmán, nos arrojará datos como ángulo del ALM y ALL, desviación en prono o supino del antepie, altura del AM y AL, ancho del talón y metatarso.

Por lo comentado en apartados anteriores con respecto a las posibles desventajas que presenta Hernández Corvo al momento de seguir la evolución de la huella plantar en tratamientos ortopédicos o de fisioterapia, el método propuesto puede ser una opción, tal como lo usa Reyes Guzmán, aunque esto es hipotético aún, ya que se necesita realizar estudios con muestras grandes de población, aparte de sustentar, justificar o corregir su metodología.

En una observación hecha, es la razón por la que el método Hernández corvo, puede ser más eficiente al momento de realizar ortesis, puede deberse a que parte de un modelo uniforme, con medidas que delimitan la posición del pie, sin necesidad de tener tantos referencias. Es decir que uno toma de referencia, la primera línea marginal interna, del método Hernández Corvo como referencia. En cambio el otro método propuesto, parte de un modelo que no tiene una base establecida, si, no que es un modelo dimensional aleatorio, del cual podemos tomar datos para la fabricación de una ortesis, pero se necesita una cantidad enorme de resultados de medición, lo que lo hace tedioso y más complicado.

Una Fórmula matemática sería lo ideal, así como determinar un parámetro de medición para el obtener el tipo de huella

- Por la falta de tipificación clara en él método propuesto, para determinar el tipo de huella plantar se utilizará el método Hernández Corvo o algún método ya existente.
- Para la fabricación de una ortésis, el método HC, como otros ya mencionados, pero se podría agregar la tomar ángulos del método propuesto, como la pronación o supinación del retro-pie, así como el ángulo y altura del arco del ángulo lateral.



- Durante el tratamiento, podríamos usar el método propuesto, una vez que tenga mejor sustento, ya que en el método Hernández Corvo, existe la posibilidad de que solo aumente el grosor de la segunda línea con respecto a la fundamental, esto significa que el método no puede, medir con exactitud el tipo de pie en ciertas ocasiones, ya que la segunda línea transversal con respecto a la fundamental, en ocasiones cae en una zona donde existe entintado teniendo en cuenta que es esa huella plantar ya no aparece entintada la parte media del pie.



## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 5.1 CONCLUSIONES**

### **6.1 CONCLUSION**

La hipótesis se rechaza ya que el método propuesto de Reyes Guzmán, presenta poca información de respaldo así como algunos resultados que necesitan ser justificados y analizados a profundidad. Respecto a los trazos que componen al método angular, no son mencionadas en otras investigaciones o hacen referencia a otros autores a excepción de las líneas marginales.

Por el momento, en la observación de los resultados y metodología arrojan, un grado de error en ambos métodos, se necesitan analizar minuciosamente y ser justificadas algunas de las interrogantes generadas con el método existente Hernández Corvo.

El general, el método Hernández Corvo, nos determina el tipo de pie, con algunos datos complementarios, mientras el método de Reyes Guzmán, nos da el ángulo de pronación y supinación del ante-pie y otros datos complementarios que se tendría que dar a conocer su aplicación y utilizarla en distintas investigaciones así como su nivel de confiabilidad obtenida con más estudios.

Teniendo las correcciones correspondientes, en el método de Reyes Guzmán, se podrá realizar un análisis comparativo más detallado, como el uso de ANOVA o Test T, para el análisis de un mayor número de métodos, con respecto al propuesto y Score Z, Desviación típica, entre otros métodos para comparacion detallada de cada resultado, de un método con otro. De esta manera se puede pensar en la implementación de un nuevo método más sofisticado, revolucionando el campo de investigación y estudio en diferentes disciplinas.

## 6.2 DISCUSIÓN

Aunque es poca la información y estudios, que sustenten el método de Reyes Guzmán y existan partes en la metodología que nos hagan cuestionarnos su utilidad o la validez de resultados, el trabajo realizado pone al descubierto, que se puede llegar a justificar, modificar hasta generar un método realmente eficiente, que nos pueda dar información específica, tanto en el ámbito clínico, como en el deporte o conductas psicomotoras. Es importante mencionar que se realiza por un mexicano, ya que los estudios citados son autores de otros países, así que se debería seguir con el estudio y la modificación del método.

Es necesario que se den a conocer los artículos que sustentan métodos conocidos, ya que al no poder proporcionarlos de manera pública, cualquier persona con justo derecho puede dudar de su validez, el hecho de que existe un organismo que regule y brinde respaldo, para dar a conocer de manera pública algún método, etc, no significa que sea real para un investigador que desea citar cierto estudio, ya que no puede tenerlo o verlo de manera física.

Al tener este tipo de restricciones en las citas de algunas investigaciones y con lo analizado del método Hernández Corvo en este estudio, podemos cuestionarnos sobre su grado de confiabilidad, así como, las utilidades de dicho método.

Durante la investigación, de ambos métodos, es claro que el método Hernández Corvo, arroja un resultado fundamental, para poder determinar la característica podal, con algunos datos complementarios como; ancho de talón, ancho del metatarso, ancho de la base media del pie y altura del arco, pero en el análisis de un tipo específico de pie, que en este caso se pondrá de ejemplo el pie cavo, no solo existe un solo tipo de pie cavo y aunque ya han sido descritos los grados de severidad en *PODOLOGIA DEPORTIVA EN EL FÚTBOL-Real Federación Española de Fútbol*, incluso en los pies cavos existen diferentes características que podrían clasificar y describir (figura 20).



*Figura 20. Diferencias entre pies cavos (Observación de Jonathan Hernández).*

También existen pies cavos, que el ALM y ALL están aumentados, pero se tienen caso diferentes en los que el ALM, está aumentado mientras que el ALL no existe y en algunos otros caso es todo lo contrario, se presenta una superficie convexa donde debería ir el ALL como vemos en la figura 21.

Esta es la clasificación que debería realizarse, teniendo en cuenta que, cada modificación en los AL se derivará de un problema en específico, una vez teniendo la lista de clasificaciones patológicas y posturales de los miembros inferiores.

Lo ideal sería, realizar estudios del tipo de huella y los problemas que pueden estar ocasionando cambios morfológicos cupulo-plantares.

Las investigaciones existentes con respecto a las alteraciones morfológicas, por el tipo de huella, son varias, más no involucran la caracterización plantografica, algunos estudios con respecto a las alteraciones morfológicas por la tipología del pie, indican que los sujetos con pies más planos presentan una tendencia a producir ángulos de pronación mayores (Williams, 2001), siendo un factor de riesgo ya que puede acarrear lesiones del tren inferior (Coplan, 1989; Hinterman y Nigg, 1998). Por otro lado, el mecanismo de transferencia del movimiento de eversión del tobillo a rotación interna de tibia se ven incrementados en los sujetos

con pies cavos, aumentando la propensión a padecer síndrome femoropatelar (Williams, 2001; Boozer, 2002).

Las patologías asociadas a la tipología de los pies son fundamentadas principalmente por tres aspectos, como son: el índice de masa corporal, el sexo y los patrones mecánicos alterados.

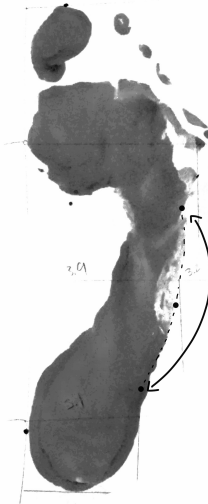
Sin embargo, podemos encontrar referencias a otras alteraciones como el síndrome del estrés tibial medial (Sharma, 2011), afectaciones en el tendón del tibial posterior (Xu, 2015), lesiones por sobrecarga en la musculatura de la cadera y el muslo (Gross, 2007; Scattone, 2014), en la rodilla (Lun, 2004; Noehren, 2007) e incluso, afectaciones en la zona lumbar (Rothbart, 1995; Menz, 2013).

Por otro lado, las presiones plantares se reparten de forma distinta en los pies cavos (mayor presión en la parte externa del retropié) y en los pies planos (mayor presión en la parte interna del mediopie), variando de esta forma los patrones normales de la carrera (Elvira, 2006). Este punto se desarrollará en el siguiente apartado (biomecánica del tobillo), dejando el análisis pormenorizado de la técnica de carrera para una futura entrada.

Hernández Corvo ya hablaba de las posibles alteraciones que se pueden generar, a partir de las modificaciones plantares, en el libro *Clinica Observacional*, donde se menciona la importancia de estudiar las modificaciones corporales, por las alteraciones plantares, con el uso de equipo tecnológico, también se mencionan algunos estudios que ya se habían realizado con respecto a este tema. Esto corrobora la importancia realizar estudios, ya sea las modificaciones en las huellas plantares, por causa de patologías o modificaciones morfológicas de origen biomecánico, o viceversa.

Ejemplo hipotético, de lo anterior dicho es que en algunos casos, de pie valgo idopático, con aumento del arco trasversal, las huellas plantares presentarían el ALM aumentado y por el contorno lateral de la huella, presentaría una convexidad anormal (figura 21), a partir de un ejemplo como este podemos empezar a generarnos preguntas de, ¿cómo modifican, distintos problemas ortopédicos la plantografía?, si el caso fuera, miembros inferiores en genu valgo, ¿qué modificaciones en la plantografía se arrojaría, con respecto a las modificaciones

anatómicas, que conlleva este problema?, Sería bueno realizar alguna investigación, que señale la relación de la huella plantar con modificaciones estructurales en determinadas problemas en podología.



*Figura 21. Clasificación de pies cavos, Observación de Jonathan Hernández.*

En el libro de Observacion en clínica-Roberto Hernández Corvo, se tiene un ejemplo más claro, como las modificaciones de las articulaciones coxofemorales, donde una depresión de uno de los huesos femorales, de pacientes que presentaron unas modificaciones en la huella plantar, usando el fotopodogtama, se observó un mismo patrón en varios casos similares. Para comprobarlo, se utilizaron las líneas de orientación, como en el caso anterior, la línea de orientación en los surcos de los glúteos, por la region posterior del muslo femoral, puso al descubierto, la depresión de uno de los miembros inferiores.

Se podrían clasificar estas modificaciones, que se generan en las plantas del pie, así entender mejor la morfología y biomecánica de pacientes, a partir de una hoja de papel y tinta.

Esta es la razón por la que el método de Ángulos, nos abre la posibilidad de generar un nuevo método completo, con el cual se pueda clasificar el tipo de pie, así como los problemas biomecánico y estructurales del paciente, y poder medir la progresión a tratamientos.

## 6.3 RECOMENDACIONES

Actualmente contamos, con una diversidad de aparatos tecnológicos, que nos facilita el estudio biomecánico y podal.

Se puede sacar provecho, involucrando esos equipos, para hacer estudios de laboratorio, así contribuir al método propuesto, haciéndolo más sofisticado.

En ambos métodos, existe dentro de la metodología, un grado de error o resultados que necesitan ser analizados y corregidos así como una serie de pasos que son inespecíficos, que conllevan a diferentes alteraciones en las mediciones y resultados, por ejemplo:

- Analizar y formular correcciones, a partir de las posibles modificaciones, de las cuales se habló en el capítulo anterior.
- Cuestionarnos la influencia del porcentaje graso, sabiendo que los músculos son los que generan, la forma real de la huella, que, aunque mínimo, puede llevar a ciertos grados de modificaciones en el perímetro de la huella, pudiendo hacer uso de la antropometría.
- Se debería tener en cuenta, el índice de volumen diurno y nocturno del pie, para tener un tiempo específico al realizar cualquier método plantográfico.
- El tipo de tinta, si influye en el contorno de la huella plantar, ya que existen tintas que tienden a expandirse con respecto al tipo de papel utilizado. Sería conveniente determinar la utilización de una tinta y un papel en especial.
- A partir de la modificación del tipo de tinta, y teniendo una metodología más específica de los pasos a seguir para realizar el plasmado de la huella, se tienen que delimitar tiempos y técnica de plasmado, así prevenir el cambio del contorno por movimiento de la persona, expansión de pintura etc.
- La observación sobre el comportamiento diferente o igual en un par de huellas plantares, en la misma persona, puede sustentar la idea de que en el par de huellas que tienen la misma modificación nos proporcionaría la patología ortopédica de las personas o, en el caso de ser diferentes, revelar alguna compensación biomecánica por alguna lesión o problema.
- Se tendría que analizar el comportamiento de diferentes plantografías en las diferentes patologías ortopédicas, para generar un registro, que pueda ayudar a realizar diagnósticos finales de manera más sencilla. De esta manera, al tener un

nuevo método plantografico seria mas sencillo diagnosticar y aportar beneficios a determinadas patologías. Hipotéticamente se reducirían estudios tan caros y tediosos a una hoja de papel y tinta, con el fin de ayudar donde no se cuenta con la tecnología. Sabemos que se han hecho estudios de cómo modifican el sistema músculoesquelético diferentes alteraciones podales, más no se tienen registrados esos comportamientos en plantografías.

## **BIBLIOGRAFIA**

*Anatomía y fisiología humana. David Levay Editorial Paidotribo primera edición: ISBN 84-8019-413-8*

*Anatomía aplicada a la actividad física y deportiva. Extremidad inferior / estudio óseo, articular y muscular del pie. Mario Loret Riera Editorial Paidotribo 2000 primera edición (116,127 / 141-146)*

*Biomecánica dentro y fuera del laboratorio. X Aguado Jódar, M. Izquierdo, J.L. González Montesinos. Universidad de León Secretario de Publicaciones 1997. (Valoración del contorno de impresión plantar, págs. (82-93 / 302-309)*

*Ortopedia, serie Mosby de enfermería clínica. Leona A. Mourad primera edición española de la tercera edición inglesa. 1994.*

*Podología, atención primaria. Jeffrey Robbins, editorial médica panamericana 1995. Plas F. "La marcha humana" Asson España 1975 Anatomía de Last.*

*Fisiopatología del tarso posterior. Podología 1963 A. Viladot, Roing J, Escarpenter J.*

*Lesiones producidas por la inversión forzada del pie. Zona de inversión; "Cirugía del piede" 1983. Miralles Marrero R.C.*

*Tratamiento quirúrgico de las inestabilidades crónicas del complejo periastragalino. Nuñez Samper M, Palacios Pérez L, Camacho Nuñez M, López Sánchez V, Nidhal Kubba M. 1995*

*Podología general y Biomecánica. José Luis Moreno de la Fuente.*

*Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor. Rodrigo C. Miralles Marrero, Iris Miralles Rull. Editorial Masson 2007.*

*Patología del pie. J. Lelievre, J. F. Lelievre. Cuarta edición 1993*

*Podología A. Goldcher. Adaptación de la edición española.*

*Fisioterapia del pie. Podología física-Google Libros*

*Ortopedia y traumatología. Fernando S. Silberman, Oscar Varaona. Segunda edición 2003. Quince lecciones sobre patologías del pie.*

*Morfología Funcional de la Actividad Física. Reyes Guzmán Gerardo 2009.*

*Tesis de licenciatura. "Epidemiología del pie plano en Guatemala" Rita María Tobia Cruz, Guatemala 1992.*

*Tesis Doctoral. "Screening y prevalencia de las alteraciones raquídeas (escoliosis e hiperCIFosis) en una población escolar de 8 a 12 años de Granada y Provincia" Félix Zurita Ortega 2007 Universidad de Granada.*

*Podología Deportiva en el Fútbol. Real Federal Española de Fútbol - Publicaciones del Centro de Estudios, Desarrollo e Investigación del Fútbol*

*Etude de la voûte plantaire : correlations entre des paramètres podométriques et radiologiques. - ff. Maes<sup>1</sup>, S. Dojcinovic<sup>2</sup>, Y. Andrienne<sup>3</sup> et F. Burny<sup>3</sup>  
Services de Chirurgie Orthopedique. 'R.H.M.S. Baudour, 2C.H.U. Lausanne,  
3Hopital Erasme*

*Foot ArchJCharacterization*

*A Review, a New Metric, and a Comparison - Shuping Xiong, PhD - Ravindra S. Goonetilleke, Ph - DChanna P. Witana, PhD - Thilina W. Weerasinghe, BSc - Emily Yim Lee Au, PhD*

*A protocol for classifyig normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements • S Murley, Hyhon B Menz<sup>2</sup> and Karl B Landor<sup>F 1,2</sup>*

*Etude retrospective sur les correlations entre des paramètres podométriques et l'angle de Djian-Annonier dans L'etude de la voûte plantaire. Resultáis d'une serie de 158 cas - R. MAESL S. DOJCINOVIC2, Y. ANDRIANNE3, F. BURNY3 1 CHU Charlero!, Belgique; 2 CHU Lausanne, Suisse; 3 Hopital Universitaire Erasme, Bruxelles, Belgique*

*Parametric Design of Custom Foot Orthotic Model Samuel J. Lochner', Jan P. Huissoon2 and Sanjeev S. Bedi'*

*Plantar arch type and strength profile of the major ankle muscle groups: A morphometric-isokinetic study - Sibel Cubukcu a"\*, M. Kemal Alimoglu, Nilufer Balci and Mehmet Beyazovac*

*Oz.Icm El • Omer Akcali • Can Kosav - Burcu Kaner • Yasemin Arslan • Ertan Sagol - Serdar - Soylev • Dursun Iyidogan • Nuray Cinar - Ozlen Peker - Flexible flatfoot and related factors in primary school children: a report of a screening study*

*Foot structure in overweight and obese children - M. ADORACIÓN VILLARROYA1, J. MANUEL - ESQUIVEL2, CONCEPCIÓN - ANA BUENAFÉ2 & LUIS MORENO3*

*Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions - Honnir Yuk San Isung, MPhil; Ming Zhang, PhD; Yu Bo Fan, PhD; David Alan Boone, CP, MPhil*

*Linear and Angular Mleasureinents of the Foot of Modern Humans: A Test of Mortons Foot Types - STEVEN G. LAUTZENHEISER1 AND PATRÍCIA ANN KRAMERIt2\**

*Ángulo de Carke-Carckle HH (1933)*

*FICK R. - Handbuch des anatomie und mechanik . Alemania léna Gelenk 1911*

*R.MAES, S.DOJINOVIC, Y.ANDRIANNE, F.BURNY, Étude réstrospective sur les corréations des paramètres podométriques.*

*Hernandez.C 1989 - Morfología funcional*

*F Zurita Ortega a, A Martínez Martínez a, A Zurita Ortega - It influences of Tipología of the Foot in the Sport Activity Physique - Dpto. de Expresión Corporal. Universidad de Granada*

*SIRONA-CAD-CAM Sistem*

*INSTITUTO VALENCIANO DEL PIE - España*

*Descripción De un sistema para la medición De las presiones plantares por medio Del procesamiento De imágenes - Christian andrés díaz<sup>1</sup> andrés torres<sup>2</sup> José ignacio ramírez<sup>3</sup> Luisa Fernanda garcía<sup>4</sup> natalia Álvarez<sup>5</sup>*

*Relación entre diferentes parámetros radiológicos de la huella plantar en el pie - C. DANCLOFF; F. FORRIOL; L. GÓMEZ PELLICO*

*Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar Analysis of different methods to evaluate the footprint - Silvia Lara Diéguez, Amador Jesús Lara Sánchez, María Luisa Zagalaz Sánchez, Emilio J. Martínez-López Universidad de Jaén*

*Pie plano espástico, J Gustavo Legorreta Cuevas*

*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 - RAFAEL ENRIQUE LOZANO ZAPATA - Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. - Profesor Universidad de Pamplona. - Grupo de Investigación: Ciencias del Movimiento Humano Universidad de Pamplona*

*Berdejo del Fresno D, Lara Sánchez, AJ, Martínez López EJ, Cachón Zagalaz J, y Lara Diéguez S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. Footprint modifications according to the physical activity practised.*

*Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 2013, 13(49):19-39.*

*26. López Elvira JL, Vera García FJ, Meana M, y García JA. Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. Cultura, Ciencia y Deporte, 2006, 2(4):21-26.*

*27. López Elvira JL, Vera García FJ, Meana M, y García JA. Análisis biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. Relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantares. European Journal of Human Movement, 2008, 20:41-60.*

*21. Hernández-Corvo, R. Morfología funcional deportiva: sistema locomotor. Barcelona: Editorial Paidotribo, 1989.*

*Clínica observacional-Temas especializados Roberto Hernández Corvo*