



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Maestría en Investigación Médica línea terminal en Geriatría

“Alteraciones biomecánicas de tobillo/pie y su relación con las caídas en el adulto mayor”

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
Maestría en Investigación Médica línea terminal  
en Geriatría

**Presenta:**

LTf. María Eustolia Pedroza Vargas

Dirigido por:

Med. Esp. Guillermo Antonio Lazcano Botello

Med. Esp. Guillermo Antonio Lazcano Botello  
Presidente



Firma

Dr. Carlos Francisco Sosa Ferreyra  
Secretario



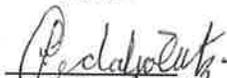
Firma

M en G. Ajendo Guevara Álvarez  
Vocal



Firma

Dra. Sandra Margarita Hidalgo Martínez  
Suplente



Firma

Dr. Miguel Francisco Javier Lloret Rivas  
Suplente



Firma

\_\_\_\_\_  
Dr. Javier Ávila Morales  
Director de la Facultad

\_\_\_\_\_  
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Director de Investigación y  
Posgrado



Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Diciembre 2016

## RESUMEN

**Introducción:** Uno de los síndromes geriátricos con mayor prevalencia es el de inestabilidad y caída, cuyo origen es multifactorial ambientales y propio del cuerpo humano como consecuencia de los cambios fisiológicos y patológicos del adulto mayor, entre ellos los relacionados la fuerza, el rango de movimiento, la postura y la deformidad ósea del tobillo/pie. **Objetivo:** Estimar en una población de adultos mayores de 65 años la prevalencia y el tipo de alteraciones biomecánicas de tobillo/pie y su relación con la génesis de las caídas. **Material y método:** Se realizó un estudio observacional, transversal y descriptivo. Muestreo no probabilístico por conveniencia en 72 adultos mayores de 65 años; en el Centro de Día para el adulto mayor, DIF Estatal Querétaro. Se realizó un diagnóstico de alteraciones biomecánicas e historial de caída, a través de la historia clínica y escala de valoración de la fuerza muscular, goniometría y pruebas radiográficas. Se utilizó el coeficiente de Cramer con un nivel de significancia de 0.05 el programa estadístico SPSS V22. **Resultados:** El 56% de los adultos mayores presentó una caída. Las mayores alteraciones biomecánicas fueron la limitación de la movilidad en la dorsiflexión de tobillo y la extensión de hallux con el 97.2% y el 72.2% con hallux valgus. Sólo se obtuvo relación con significancia estadística antecedentes de caída con fuerza muscular de flexión y extensión de dedos ( $p < .001$ ). **Conclusiones:** De las alteraciones biomecánicas la fuerza muscular para la flexión y extensión de dedos se relacionan con el síndrome de caída.

**Palabras clave:** síndrome de caídas, adulto mayor, alteraciones biomecánicas.

## SUMMARY

**Introduction:** One of the geriatric syndromes with the largest prevalence is the instability and falls, whose origin is multifactorial environmental and typical of the human body as a consequence of the physiological and pathological changes of the elderly, and the strength, range of motion, the posture and the osseous malformation of the ankle / foot are all related. **Objective:** To estimate the prevalence and the type of biomechanical alterations in ankle / foot and the relation with the genesis in falls within a population over the age of 65. **Material and method:** an observational, transversal and descriptive research was achieved. Non-probabilistic sampling by convenience in 72 adults over the age of 65; in the "Centro de día para el adulto mayor," DIF Estatal Querétaro. A diagnosis of biomechanical alterations and fall history was done through medical history and rating scale of the muscle strength, direction finding and radiographic evidence. Cramer coefficient with a significance level of 0.05 and the statistical program SPSS V22 was used. **Results:** the 56% of the elderly presented a fall. The largest biomechanical alterations were limited movement in the ankle dorsiflexion and extension of hallux with 97.2% and 72.2% with hallux valgus. Only statistically significant relationship history of muscle strength fall with flexion and extension of fingers ( $p = <.001$ ) was obtained. **Conclusions:** The biomechanical alterations of muscle strength for finger flexion and extension to correlate with the falls syndrome.

**Keywords:** falls syndrome, elderly, biomechanical alterations.

## DEDICATORIAS

A mi papá que siempre vio por mí y que lo extraño tanto,  
A mis queridos hermanos, Carlos, Nacho, Lulú, Cuca y Rocío que siempre  
están a mi lado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro que me arropó y donde pase momentos muy emocionantes.

Al Centro de día Plan vida y sus usuarios quienes me brindaron su ayuda al participar en el estudio.

A todos y cada uno de mis Maestros,

Al Dr. Lazcano quien estuvo presente con su conocimiento y paciencia

A mis compañeros de la maestría con los que compartí una experiencia como sin igual.

A mis amigas y seres queridos que me aguantaron mis ausencias y mis malos ratos.

## TABLA DE CONTENIDOS

### Contenido

RESUMEN.....	2
SUMMARY .....	3
DEDICATORIAS.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
TABLA DE CONTENIDOS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISION LITERARIA.....	12
Anatomía de tobillo y pie.....	12
Estructura ósea del tobillo y pie.....	12
Estructuras ligamentosas.....	13
Articulaciones de tobillo y pie.....	14
Bóveda plantar.....	16
Talón o apoyo posterior.....	16
El antepié o apoyo anterior.....	17
Arcos del pie.....	18
Biomecánica tobillo y pie.....	19
Aspectos cinemáticos del pie y tobillo.....	19
Articulación del tobillo.....	20
Articulación subastragalina.....	20
Articulación tarsiana.....	20

Articulaciones intertarsianas y tarsometarsianas.....	21
Articulación metatarsofalángica.....	21
Articulación interfalángica.....	21
Pie dinámico y estático.....	21
El ciclo de la marcha.....	26
Acción muscular en la marcha.....	27
Envejecimiento y adulto mayor.....	29
Envejecimiento demográfico.....	29
Cambios en el envejecimiento.....	30
Envejecimiento y enfermedad.....	31
Inestabilidad y Caída.....	32
Alteraciones biomecánicas del tobillo-pie.....	34
III.    METODOLOGÍA.....	39
IV.    RESULTADOS.....	41
IV DISCUSIÓN.....	55
V.    CONCLUSIÓN.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Los Principales Movimientos De Las Articulaciones Del Tobillo Y Pie</i>	23
<i>Tabla 2. Los Músculos Según La Acción Del Movimiento</i>	24
<i>Tabla 3. Localizaciones De Hiperqueratosis En El Pie</i>	36
<i>Tabla 4. Características Sociodemográficas</i>	43
<i>Tabla 5. Comorbilidades</i>	44
<i>Tabla 6. Frecuencia De Caídas</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Tabla 7 Salud Actual</i>	50
<i>Tabla 8. Frecuencia De Adultos Mayores Con Limitación De La Movilidad De Tobillo Y Pie</i>	49
<i>Tabla 9 Frecuencia De Adultos Mayores Con Diferentes Grados De Fuerza Muscular</i>	50
<i>Tabla 10 Frecuencia Caídas De Adultos Mayores Con Alteraciones Biomecánicas</i>	52
<i>Tabla 11 Frecuencia Asociación Caídas Y Extensión De Dedos</i>	54
<i>Tabla 12 Frecuencia Asociación Caídas Y Flexión De Dedos</i>	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras óseas del pie .....	13
Figura 2. Estructuras ligamentosas de tobillo y pie.....	14
Figura 3. Articulaciones de tobillo y pie.....	15
Figura 4. Bóveda plantar del pie .....	16
Figura 5. Tipos de antepié .....	17
Figura 6. Movimientos del tobillo .....	19
Figura 7. Movimiento del tobillo en la marcha.....	26
Figura 8. Fases de la marcha .....	28
Figura 9. Gráfica poblacional de México.....	29
Figura 10 Distribución por género de la muestra estudiada.....	41
Figura 11. Distribución por grupos de edad y género de la muestra .....	42
Figura 12. Presentación del porcentaje de caídas en los últimos 6 meses.	45

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos de los gobiernos de los países en desarrollo es el incremento acelerado de la población mayor de 60 años, que se calcula rebasa ya los 600 millones de personas en el mundo y que, en los próximos 15 años, se duplicará hasta alcanzar 2 mil millones para el año 2050. En México, la población total en el año 2010 fue de 112 millones de habitantes, incluyendo 10 millones de personas mayores de 60 años (OMS, 2015; INEGI, 2010).

La transición no sólo ha ocurrido en el ámbito demográfico sino también en el epidemiológico, pues el adulto mayor constituye un grupo de riesgo para diversas enfermedades y disfunciones orgánicas derivadas del proceso natural del envejecimiento. Entre los síndromes geriátricos más frecuentes está el de inestabilidad y caídas, que se define como; la presencia de acontecimientos involuntarios que hacen perder el equilibrio y dar con el cuerpo en tierra u otra superficie firme que lo detenga. Muy a menudo, es un problema de salud frecuentemente ignorado por los adultos mayores, los familiares y el personal de salud. Las caídas, tienen en México una prevalencia de 31.2% con una tendencia a incrementarse con la edad (OMS, 2015; CENAPRECE Y SECRETARIA DE SALUD, 2013)

Las caídas tienen un origen multifactorial que incluye componentes intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos como la pérdida del equilibrio y la alteración de la marcha, aunados a la presencia de enfermedades crónicas y a la polifarmacia suponen un aumento potencial del riesgo. Entre los eventos intrínsecos se encuentran también la hipotensión ortostática cuya prevalencia en ancianos varía del 5% al 25%; las alteraciones visuales que se relacionan con el 25% al 50% de las caídas; la osteoartritis que afecta a un 50% de los adultos mayores de 65 años y al 80% de los mayores de 75 años; así como la disminución de la fuerza muscular que ocurre en un 25 a 30% de los casos (Villar, 2010; Carulla, 2004)

En lo referente al aparato locomotor el envejecimiento puede provocar rigidez articular, disminución de la movilidad, así como reducción de la fuerza muscular principalmente de los músculos antigravitatorios como el cuádriceps, los extensores de cadera, los dorsiflexores de tobillo y el tríceps sural; deterioro de los propioceptores, aumento de la cifosis dorsal lo que provoca que el centro de gravedad se desplace en forma anterior, mientras en las articulaciones de cadera, rodilla y pie pueden encontrarse osteoartrosis con degeneración, pérdida del cartílago articular y alteración del hueso subcondral que disminuye la capacidad de transmitir o absorber adecuadamente las fuerzas mecánicas, derivando en trastornos de la marcha y el equilibrio (Villar, 2010).

Tomando en cuenta todo lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es estimar en una población de adultos mayores de 65 años la prevalencia y el tipo de alteraciones biomecánicas de tobillo/pie y su relación con la génesis de las caídas.

## II. REVISION LITERARIA

Las estructuras responsables del movimiento humano que determinan desde el punto de vista mecánico son el hueso, músculos, tendones y ligamentos, pero otras estructuras corporales protegen, nutren, regulan y apoyan la función como la piel, los vasos sanguíneos, ganglios linfáticos y los nervios.

### **Anatomía de tobillo y pie.**

El tobillo y el pie son la parte más distal de la extremidad inferior que permiten una interrelación con el ambiente a través de brindar soporte, estabilidad, transporte, amortiguamiento y adaptabilidad a diferentes superficies.

### ***Estructura ósea del tobillo y pie.***

Como se puede apreciar en la figura 1; el tobillo y el pie conforman una estructura compleja integrada por diferentes huesos y ligamentos, de los cuales a continuación se refieren los más importantes:

El tobillo compuesto por la tibia, el peroné y el astrágalo; además de la unión de éste último con el calcáneo.

Tarso constituido por calcáneo, astrágalo, escafoides y tres cuñas (cuneiforme externo, intermedio e interno)

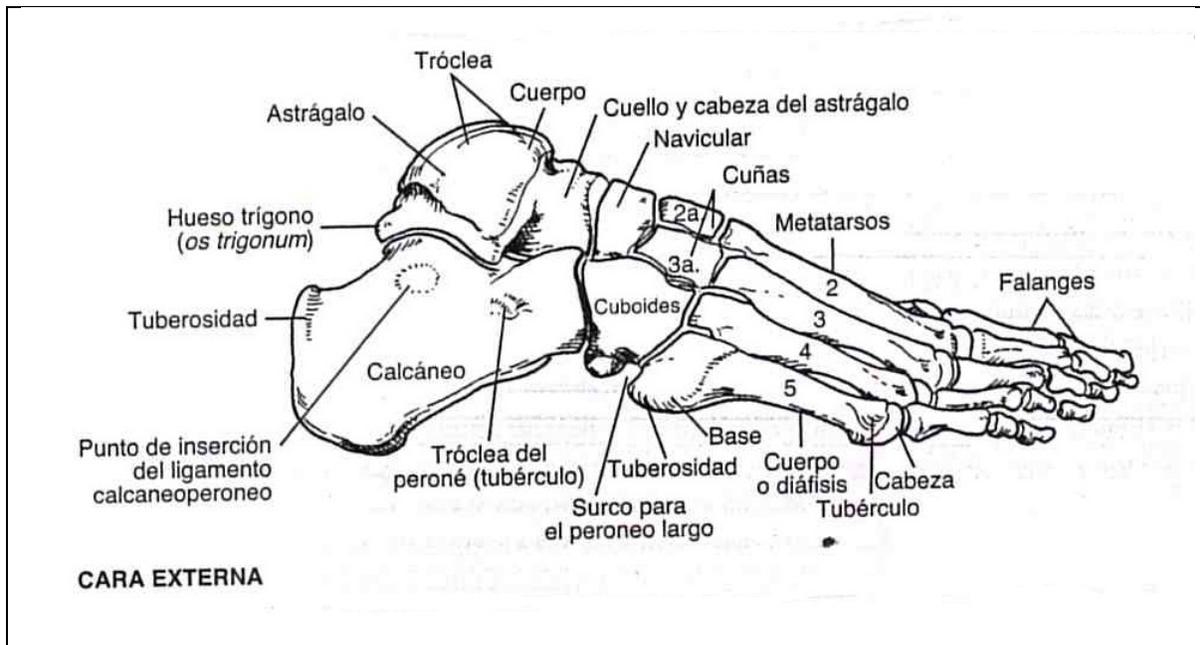
Metatarso formado por 5 huesos metatarsianos.

Los dedos de los pies están integrados por 14 huesos. El primer dedo: cuenta con una falange proximal y una distal, del segundo al quinto dedos cuentan con falanges proximal, media y distal.

El escafoides se sitúa entre el astrágalo y las cuñas. Estas últimas articulan con el cuboides formando la fila distal del tarso, el cual articula con los metatarsianos.

El metatarso está compuesto por 5 huesos largos que se articulan desde el tarso hasta las falanges del pie. Estas últimas son los huesos que conforman los dedos del pie (Sánchez, 2000).

**FIGURA 1. ESTRUCTURAS ÓSEAS DEL PIE**



Fuente: (Sánchez, 2000).

### ***Estructuras ligamentosas.***

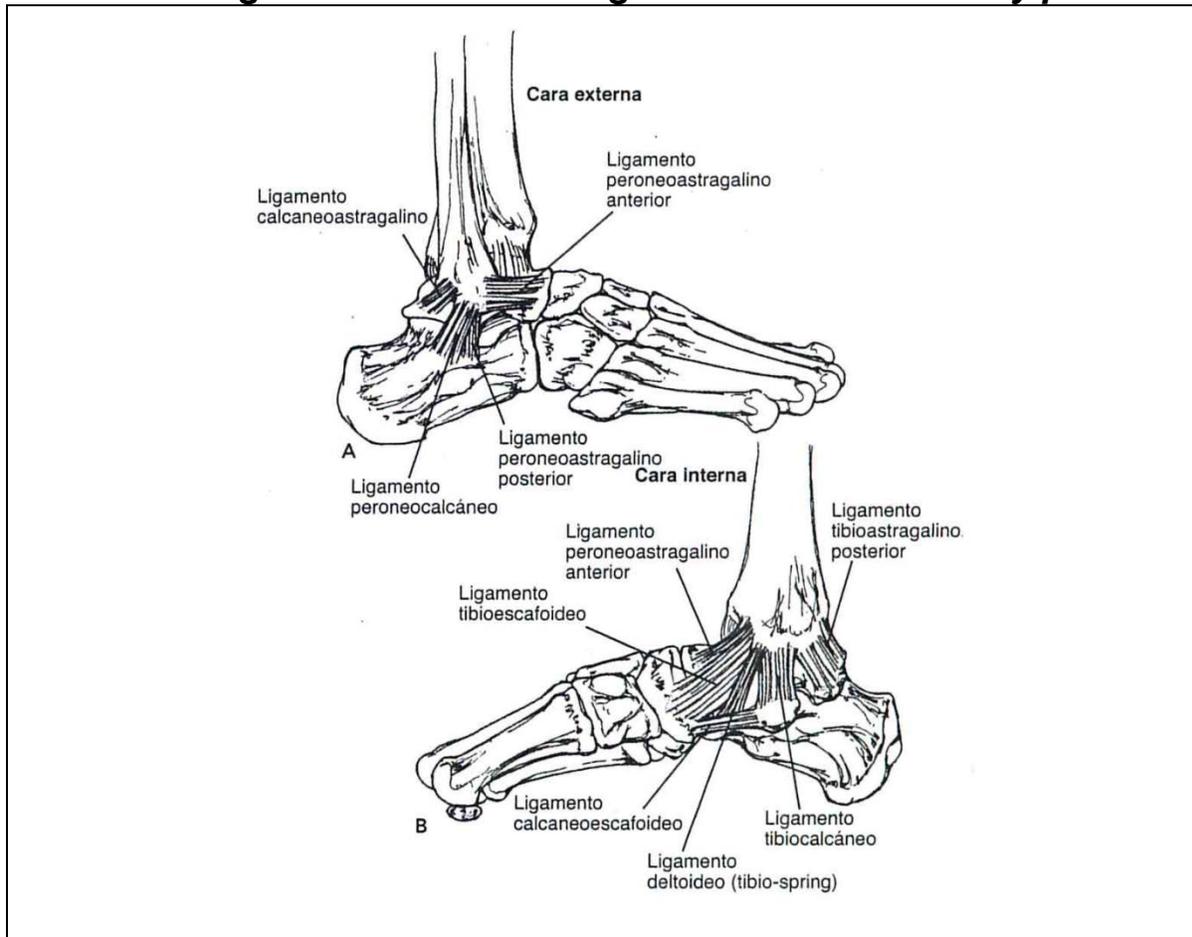
Los movimientos realizados por las articulaciones del tobillo y pie son provocados por los músculos y controlados por los ligamentos que a continuación se mencionan (figura 2).

Ligamento lateral externo, cuenta con tres fascículos: peroneoastragalino posterior, peroneocalcáneo y peroneoastragalino anterior. Estos ligamentos se originan desde el maléolo externo sujetando lateralmente al tobillo y limitan los movimientos exagerados de la inversión.

El ligamento deltoideo se encuentra en la cara interna a partir del maléolo interno. Los ligamentos que unen la tibia y el peroné en la parte distal son el tibioperoneo posterior, el ligamento transverso y la unión tibioastragalina.

Los ligamentos interóseos subastragalinos impiden el desplazamiento del astrágalo sobre el calcáneo. El ligamento de Lisfranc conecta el segundo metatarsiano con la primera cuña. Y el ligamento calcáneo cuboideo refuerza el arco longitudinal externo del pie (figura 2).

**Figura 2. Estructuras ligamentosas de tobillo y pie**



Fuente: (Hagins, 2012).

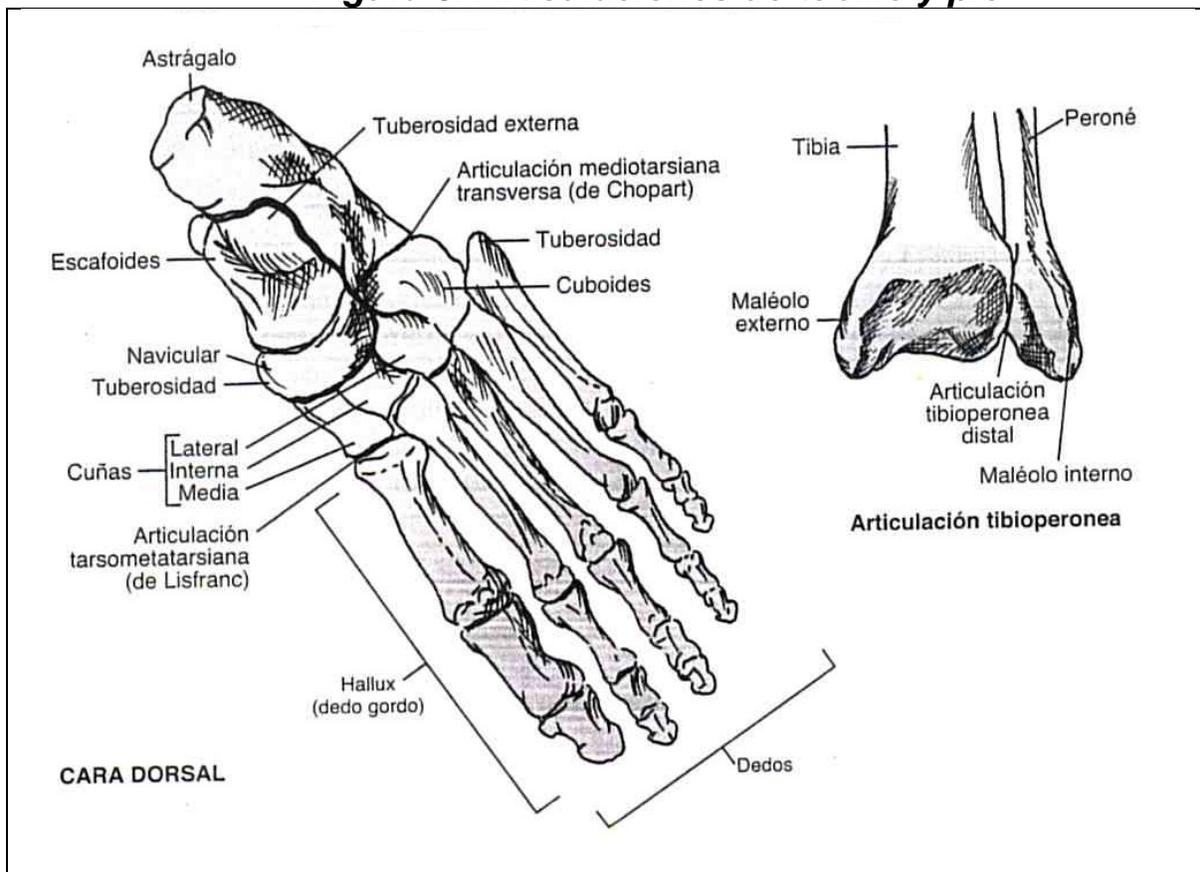
### **Articulaciones de tobillo y pie**

El tobillo está conformado por la tróclea astragalina y la mortaja tibioperonea. La primera tiene forma de segmento cilíndrico siendo más ancha por delante que por detrás, en un plano horizontal. Vista desde arriba, la tróclea es acanalada lo que permite la estabilidad dentro de la mortaja. Los movimientos que permite son la flexión y extensión en el plano longitudinal y la abducción y aducción en el plano transversal.

En cuanto a la mortaja tibioperonea está formada por dos superficies articulares tibiales: cara inferior de la extremidad distal, cara externa del maléolo tibial articulado con la cara interna del astrágalo, junto a la parte interna del maléolo interno del peroné que se articula con la carilla correspondiente del astrágalo. Mientras el maléolo externo es más potente, distal y encaja con una mayor superficie del astrágalo, tiene forma de semicilindro y cubre la mitad de la superficie troclear.

El pie está compuesto por unidades funcionales como son: retropié (articulación subastragalina), medio-pie (articulación transversa) y antepié (articulaciones tarsometatarsianas). El retropié se compone del astrágalo y el calcáneo, el mediopié del escafoides, tres cuñas; el cuboides y el antepié lo integran los metatarsos y las falanges (Hagins, 2012).

**Figura 3. Articulaciones de tobillo y pie**



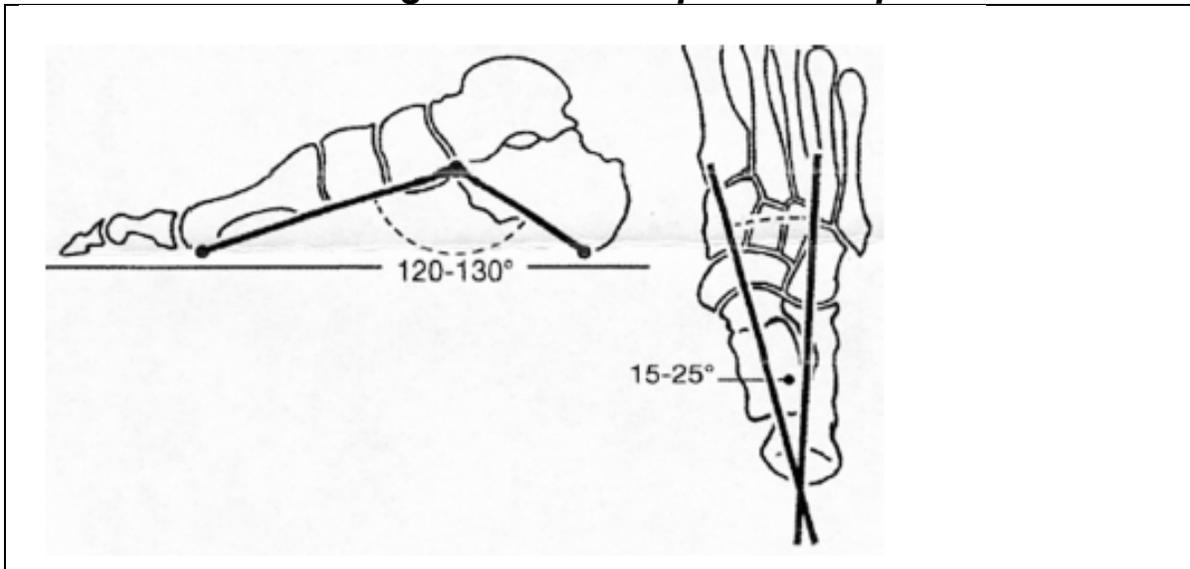
Fuente: (Hagins, 2012).

El pie presenta tres elementos funcionales: bóveda plantar, talón o apoyo posterior y antepié o apoyo anterior:

### ***Bóveda plantar***

La bóveda plantar es un elemento semiesférico, en cuya parte superior las estructuras óseas soportan la compresión y en la parte inferior los ligamentos y músculos cortos resisten los esfuerzos de tracción y, con el apoyo posterior en el talón, permite la bipedestación y la marcha (Larrosa Padró, Alteraciones de la bóveda plantar, 2003).

***Figura 4. Bóveda plantar del pie***



Fuente: (Larrosa Padró, Alteraciones de la bóveda plantar, 2003).

### ***Talón o apoyo posterior***

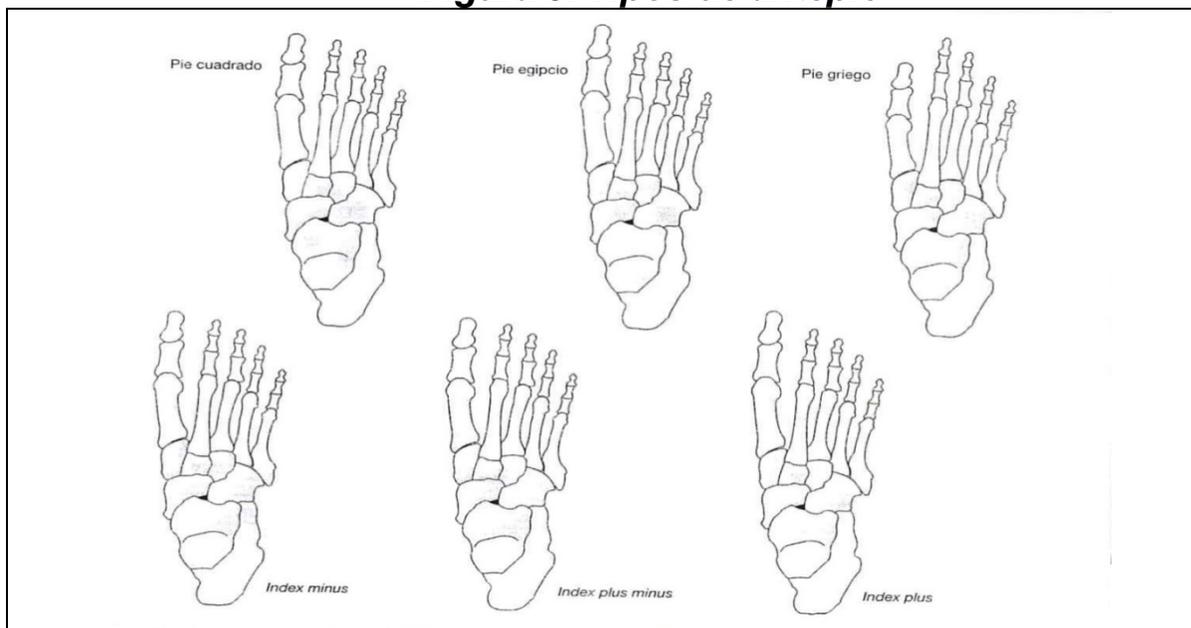
En la parte posterior se encuentra el talón forma un ángulo de 5 a 15° con la vertical y un ángulo sagital de 45° para mantener ese ángulo contribuyen el maléolo externo, el sustentaculum talis, el ligamento deltoideo, el ligamento astragalocalcaneo y los tendones del tibial posterior, flexor común y flexor propio del primer dedo. Al mantenimiento del ángulo sagital colaboran el ligamento interóseo subastragalino y el sistema formado por el tendón del tríceps sural, la epífisis del calcáneo y el tendón del flexor corto y el abductor del primer dedo (importante para la fase despegue de la marcha).

El astrágalo funciona como distribuidor de las fuerzas de la tibia, las cuales se proyectan en dirección posterior de la articulación subastragalina y a la tuberosidad del calcáneo y en dirección anterior hacia el escafoides, las cuñas y los tres metatarsianos. Además, en su trayectoria transversa, las fuerzas se reparten en dirección del medio y retropié que se encuentra determinada por la forma de los huesos y los ligamentos interóseos (Larrosa Padró, Alteraciones de la bóveda plantar, 2003).

### ***El antepié o apoyo anterior.***

El antepié presenta tres variantes. El pie cuadrado, donde el 1º y 2º dedos tienen la misma longitud distal y los demás decrecen. El pie griego, el cual tiene el 2º dedo más largo que el 1º y, finalmente, el pie egipcio en donde el 1er dedo es el mayor. Según la distancia de los metatarsianos los pies pueden ser: *índex minus* (si el más grande es el 2º), *índex minus plus* (si el 1º y 2º son igual de largos), *índex plus* (si el 1º es más largo), la combinación de estos pueden generar cambios degenerativos (figura 5) (Sánchez, 2000)

**Figura 5. Tipos de antepié**



Fuente: (Sánchez, 2000)

### ***Arcos del pie***

Existen 5 arcos longitudinales desde al calcáneo a cada dedo. Los tres primeros son flexibles y altos que comprende los tres primeros rayos conformado por las cuñas el escafoides, el astrágalo y el calcáneo nombrándosele como pie dinámico, mientras que el pie estático es lateral y rígido formado por los dos últimos rayos, el cuboides y el calcáneo, su función es soportar la carga.

Además hay cuatro arcos transversos primer arco (astrágalo y calcáneo) segundo arco (escafoides y cuboides), tercer arco (cuñas y cuboides) y cuarto arco (metatarsianos) (Sánchez, 2000)

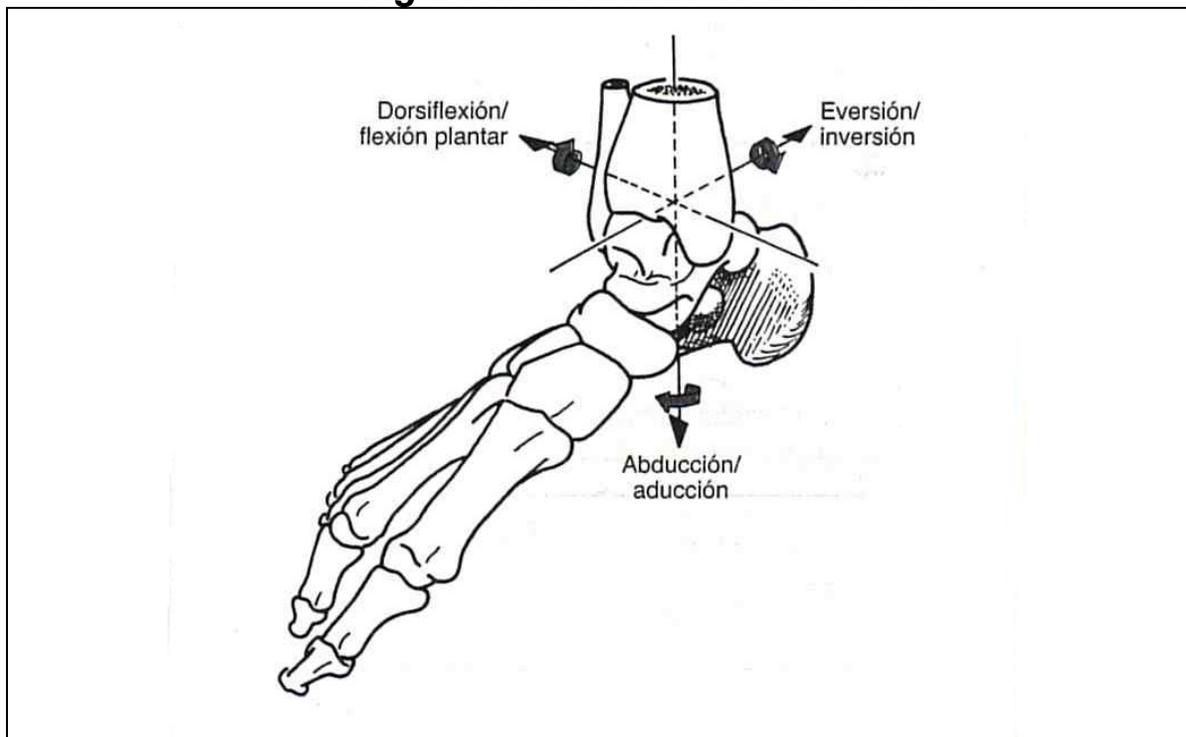
## Biomecánica tobillo y pie.

### ***Aspectos cinemáticos del pie y tobillo.***

En cuanto a la descripción del movimiento del pie y tobillo con respecto al resto del cuerpo la abducción y aducción ocurren en un eje vertical se presenta en las articulaciones subastragalina y mediotarsiana y están limitadas. Después la inversión y eversión se representan en el plano coronal, en el eje antero posterior, ocurre en las articulaciones subastragalina y mediotarsiana, finalmente la dorsiflexión y flexión plantar ocurren en el eje transversal en el plano sagital participa la articulación supraastragalina.

Las articulaciones antes mencionadas tienen ejes de movimiento oblicuos a los ejes ortogonales estándar del sistema de coordenadas cartesianas, por tal motivo se habla de un movimiento de supinación y pronación donde actúan los tres movimientos en conjunto supinación: flexor plantar, aducción e inversión y la pronación flexión plantar, abducción y eversión (Hagins, 2012).

***Figura 6. Movimientos del tobillo***



Fuente: (Hagins, 2012).

### *Articulación del tobillo.*

El tobillo es una articulación en bisagra formada por el astrágalo, el maléolo interno, el plafón tibial y el maléolo externo, los cuales crean una articulación en forma “de muesca” con la cúpula del astrágalo que genera una congruencia ósea. Los movimientos se producen en el plano sagital, la dorsiflexión con un rango de movimiento de 10° a 20° y la plantiflexión de 40° a 55° (Hagins, 2012).

Los ligamentos externos peroneoastragalino anterior, el peroneocalcáneo y el peroneoastragalino posterior, evitan la inversión y la rotación interna y los ligamentos deltoideos hacen resistencia para la eversión y la rotación externa.

### *Articulación subastragalina*

Esta articulación se forma por tres uniones anatómicas entre la porción inferior del astrágalo y la superior del calcáneo que se mueven simultáneamente alrededor del mismo eje denominado de “Henke”, el cual sigue una dirección oblicua con un ángulo de 42° y con el plano transversal y de 16° con plano sagital, generando movimiento de inversión con 22.6° y eversión con 12.5°. Cuando la articulación soporta peso el calcáneo se mantiene inmóvil y el astrágalo es el que se desplaza sobre el calcáneo (Hagins, 2012).

La estabilidad de la articulación se la brindan los ligamentos interóseo y cervical en las superficies anterior y superior media; así como los ligamentos deltoideo y externos de la articulación del tobillo.

### *Articulación tarsiana.*

Está formada por la articulación astrágaloescafoidea y la calcaneocuboidea con dos ejes que dan como resultado un movimiento en los tres planos. Hay una relación entre la articulación subastragalina donde ésta dirige el movimiento de la articulación mediotarsiana en la continuidad de la pronación y supinación creando un “mecanismo tarsiano”. La pronación en la articulación subastragalina tiende a crear flexibilidad y la supinación, rigidez en la articulación tarsiana transversa. Lo anterior es importante en el periodo de apoyo plantar hasta el despegue del pie, así el pie se transforma en una palanca rígida.

### *Articulaciones intertarsianas y tarsometarsianas.*

Las articulaciones intertarsianas presentan una congruencia y un mínimo de deslizamiento entre ellas. En tanto que las articulaciones metatarsianas muestran al ligamento de Lisfranc que mantiene la relación del segundo metatarsiano y la segunda cuña, así como su relación con el tercero funciona como la estructura rígida central del arco longitudinal, que permite empujar y despegar con mayor resistencia desde el borde interno del pie en la etapa final de la fase de apoyo en la marcha, aporta 10 ° de flexión plantar en ésta etapa.

Las articulaciones tarsometatarsianas crean en el pie un movimiento de inversión y eversión independiente del retropié generando un mecanismo de torsiones con la finalidad de acomodar y adaptarse mejor a terrenos irregulares.

### *Articulación metatarsofalángica.*

Las articulaciones metatarsofalangicas llevan a cabo los movimientos de dorsiflexión con 65° y plantiflexión 40° de amplitud y una mayor dorsiflexión en la primera articulación que puede ser de 85°. Los ligamentos que colaboran son los colaterales externos e internos, además de los ligamentos metatarsianos transversos. El primer dedo da estabilidad a la cara interna del pie a través del arco longitudinal. Durante la fase de despegue de los dedos, la cabeza del metatarsiano se presiona contra el piso por la acción del peroneo lateral largo.

### *Articulación interfalángica.*

El primer orjejo tiene una articulación interfalángica mientras los otros cuatro dedos presentan articulaciones proximales y distales y realizan movimientos en el plano sagital de dorsiflexión y plantiflexión (Hagins, 2013).

### *Pie dinámico y estático*

Cuando se analizan las fuerzas en el plano sagital empleando un baropodometro se observa que el 60% de las fuerzas se dirigen al calcáneo y el 40% al antepié. En el plano transversal el astrágalo distribuye las cargas, hacia atrás, transmite la mayor parte de la carga al suelo por medio del calcáneo, hacia delante a través de la cabeza del astrágalo, las cuñas y los tres primeros

metatarsianos. A esta distribución se le ha llamado “pie dinámico”. En el lado externo las fuerzas llegan al suelo por el calcáneo, cuboides y metatarsianos nombrado “pie estático”. En el antepié la carga se distribuye a través de los metatarsianos, tomando en cuenta que el primero absorbe el doble de la fuerza de cada uno de los restantes (Viladot, 2003)

La arquitectura del pie permite que los elementos musculoesqueléticos desarrollen funciones dinámicas y estáticas a la vez, así tenemos músculos extrínsecos e intrínsecos. Los músculos extrínsecos son los más fuertes en el control activo durante la marcha así observamos al tríceps sural que se inserta como tendón de Aquiles que se inserta en la parte posterointerna del calcáneo y es el flexor plantar más importante; mientras que el dorsiflexor más potente es el tibial anterior y para la inversión se presenta el tibial posterior y los principales para la eversión son el peroneo lateral largo y el peroneo corto. En las siguientes tablas 1 y 2 se describen los principales movimientos realizados por las articulaciones del tobillo y el pie.

**TABLA. 1 Principales movimientos de las articulaciones del tobillo y el pie**

ARTICULACIÓN	MOVIMIENTO	GRADO
Tobillo	Flexión dorsal	10° a 20°
	Flexión plantar	40° a 55°
Subastragalina	Inversión	22.6°
	Eversión	12.5°
Mediotarsiana	Supinación	
	Pronación	
1ª articulación metatarsifalángica	Flexión dorsal	65°
	Flexión plantar	40°
Interfalángica del 1er dedo	Flexión plantar	
Interfalángica proximal del 2° al 4° dedo	Flexión dorsal	
	Flexión plantar	
Interfalángica distal del 2° al 4° dedo	Flexión dorsal	
	Flexión plantar	

Fuente: Elaboración propia (2016).

**Tabla 2. Los músculos según la acción del movimiento**

<b>MOVIMIENTO</b>	<b>MÚSCULOS</b>	<b>INERVACIÓN</b>
Flexión plantar	Tríceps sural	N. Tibial posterior
	Peroneo lateral largo	N. Peroneo superficial
	Flexor largo común de los dedos	N. Tibial posterior
Dorsiflexión e inversión	Tibial anterior	N. Tibial anterior
	Extensor común de los dedos	
	Extensor largo del dedo gordo.	
	Peroneo anterior	
Inversión	Tibial posterior	N. Tibial posterior
	Flexor común de los dedos	
	Flexor largo del dedo gordo	
	Gemelo interno	
Eversión	Peroneo lateral largo	N. Peroneo superficial
	Peroneo lateral corto	N. Peroneo superficial
	Extensor común de los dedos	N. Tibial anterior
Flexión metatarsfalángica	Lumbricales	N. Plantar externo
	Flexor corto del 1er dedo	N. Plantar interno
	Interóseos	N. Plantar externo
	Flexor corto de dedos	
	Flexor largo de los dedos	N. Plantar externo
	Flexor corto plantar	N. Plantar interno
Flexión interfalángica	Flexor largo común	N. Tibial posterior

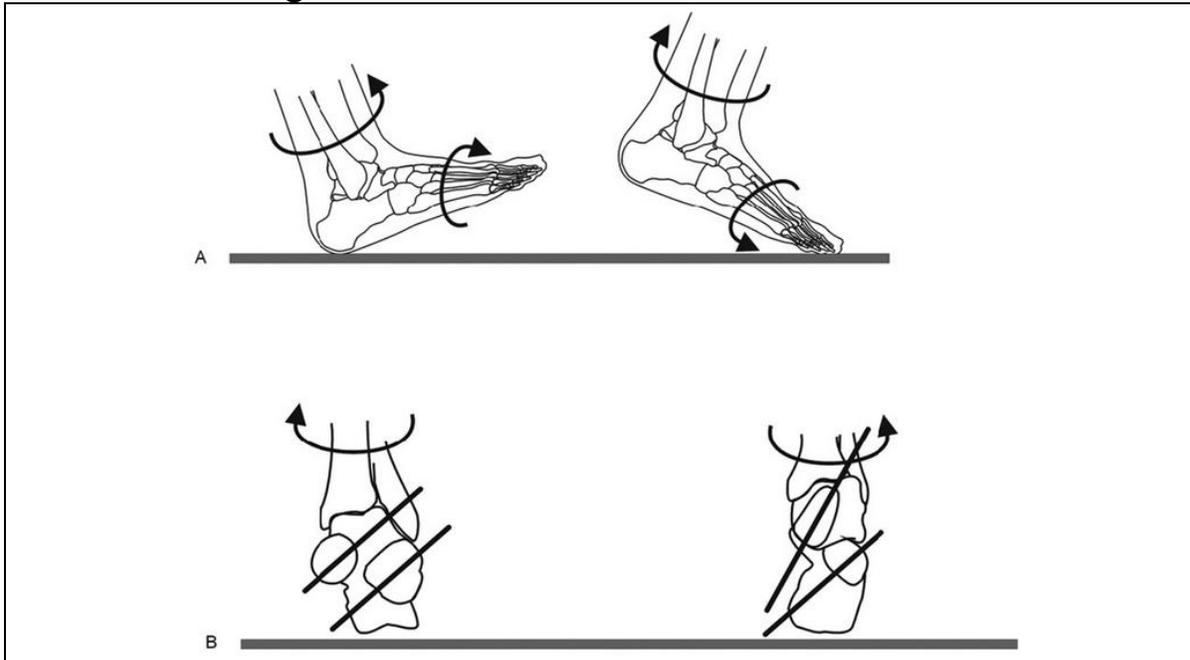
Extensión metatarso falángica	Extensor común de los dedos Pedio	N. Tibial anterior
Suspensión de la bóveda	Tibial anterior Tercer peroneo	N. Tibial anterior
Sujeción de la bóveda	Tibial posterior Peroneo lateral largo Peroneo lateral corto	N. Tibial posterior N. Peroneo superficial N. Peroneo superficial

Fuente: Elaboración propia 2016

### *El ciclo de la marcha.*

La marcha es el modo de locomoción más empleado por el ser humano para desplazarse. Siendo una actividad cíclica durante la cual los movimientos se reproducen en etapas regulares.

**Figura 7. Movimiento del tobillo en la marcha**



Fuente: (Haguins, 2012).

El ciclo de la marcha abarca desde el apoyo del talón hasta el apoyo del talón contralateral. El ciclo es simétrico; consta de una fase de apoyo y otra de balanceo. La primera abarca 62% del ciclo, en tanto la segunda un 38%; con una velocidad de un ciclo cada 2 segundos. La fase de apoyo comprende choque de talón, apoyo plantar, apoyo medio, elevación del talón y despegue de los dedos. La fase de balanceo incluye la aceleración, la separación del pie y la desaceleración (Willems, 2012).

Igualmente, durante la marcha normal, la extremidad inferior gira en sentido interno en el primer 15% del ciclo, con el choque de talón se observa eversión de la articulación subastragalina y la pronación del pie, además de la flexibilidad del antepié que le permite absorber el impacto contra el suelo y sus

irregularidades; subsecuentemente, en la mitad de la fase de apoyo y cuando se presenta elevación del talón, la extremidad gira en sentido contrario colocando a la articulación subastraglina en inversión y al pie en supinación convirtiéndolo en una estructura rígida para la propulsión.

El movimiento del tobillo durante el ciclo de la marcha inicia con una flexión plantar en el choque de talón y pasa a una dorsiflexión cuando hay apoyo plantar y continúa a una máxima flexión plantar en el despegue de dedos (Hagins, 2012)

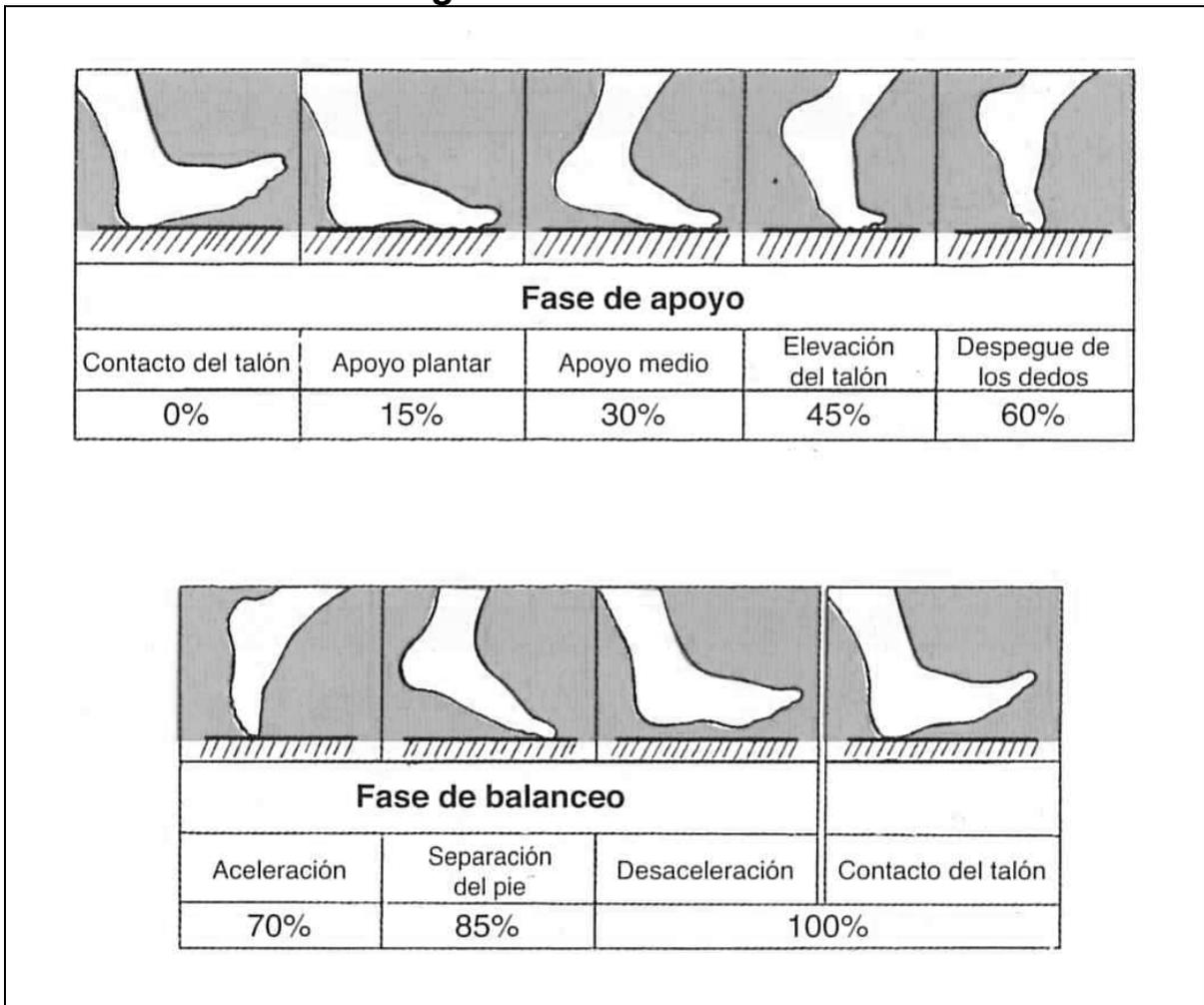
### ***Acción muscular en la marcha.***

En el ciclo de la marcha los movimientos del tobillo y pie se dan a través de las articulaciones, limitados por los ligamentos y el trabajo muscular. En el choque de talón (0-15%) actúan el tibial anterior, el extensor común de los dedos, el extensor del primer dedo de manera excéntrica para reducir la velocidad de descenso del antepié y evitar que el pie se arrastre, mientras el peroneo largo controla los movimientos en el plano frontal (Hagins, 2012)

Durante el apoyo plantar (15-40%) el tríceps sural y el tibial posterior controlan el movimiento conforme el cuerpo pasa por el pie. Simultáneamente, el tibial posterior y el peroneo largo controlan el equilibrio lateral y el tibial anterior inicia la flexión sobre el pie. En la fase de preoscilación (50--65%) el tríceps sural y el tibial posterior extienden el tobillo y levantan el talón del suelo, el peroneo largo y el tibial posterior actúan sobre los movimientos de pronación- supinación; y el extensor común de los dedos y extensor del primer dedo provocan el despegue del talón.

La fase de balanceo (65 - 100%) inicia cuando el tibial anterior, el extensor común de los dedos y el extensor del primer dedo levantan el pie y continúan con la contracción hasta que la pierna oscilante se extiende y nuevamente hay choque de talón (figura 8) (Willems, 2012).

**Figura 8. Fases de la marcha**



Fuente: (Hagins, 2012).

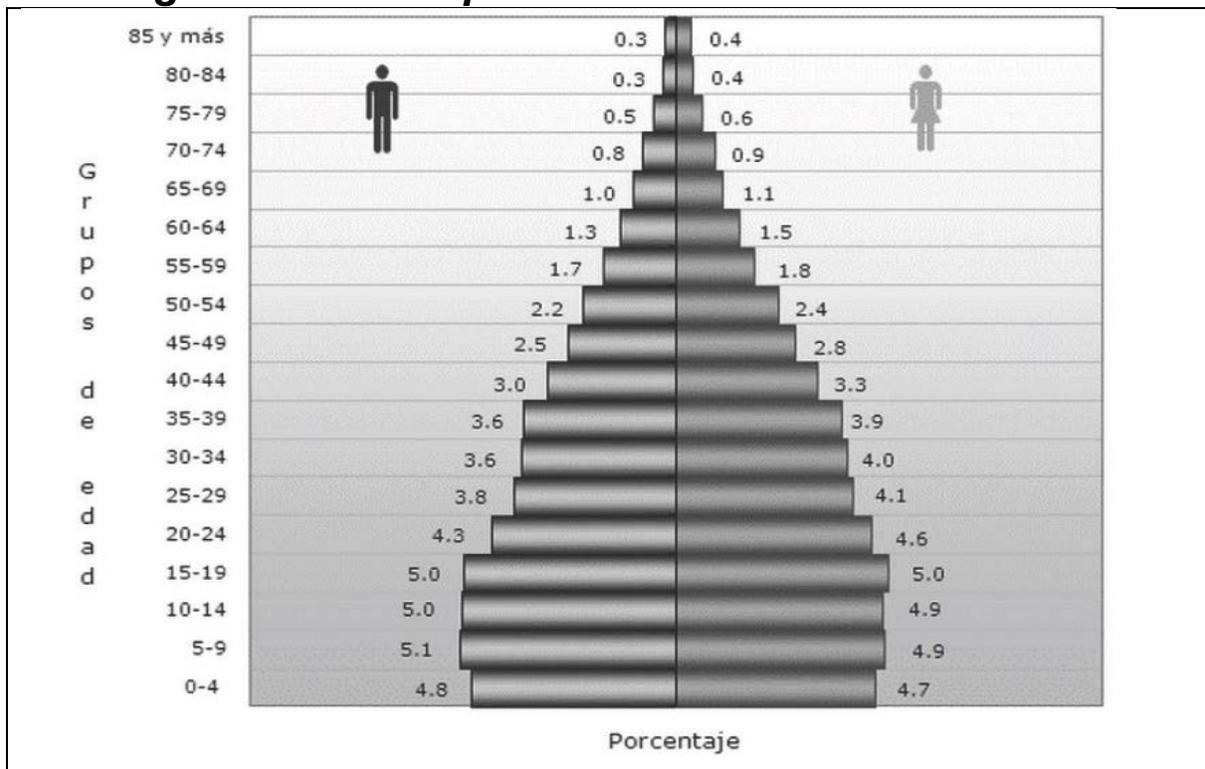
## Envejecimiento y adulto mayor

### *Envejecimiento demográfico*

El envejecimiento poblacional, se encuentra en vías de convertirse en una de las transformaciones sociales más significativas del siglo XXI con implicaciones en todos los sectores de la sociedad, incluyendo los mercados laboral y financiero, la demanda de bienes y servicios, tales como la vivienda, transporte y protección social, así como estructuras familiares y relaciones intergeneracionales (United Nations, 2015).

Como ya se mencionó en la introducción de éste trabajo y se puede apreciar en la figura 9, la población mexicana total en el año 2010 fue de 112 millones de habitantes, incluyendo 10 millones de personas mayores de 60 años (INEGI, 2012).

**Figura 9. Gráfica poblacional de México**



Fuente: (INEGI, 2012).

Por otro lado, la esperanza actual de vida se estima en 78 años para la población mexicana. Este escenario demográfico y el acelerado envejecimiento de la población mexicana con una población de 10, 055, 379 millones de adultos mayores obliga a vigilar las condiciones de salud que presentan los adultos mayores con respecto a las enfermedades crónicas: cardiovasculares, pulmonares, cáncer y diabetes; así como su relación con los diferentes grados de discapacidad en las actividades cotidianas, creando una necesidad de ayuda para su realización, y el apoyo para ajustarse a su medio e interactuar con él. (INEGI, 2012; SABE, 2013).

Se considera al adulto mayor en los países en vías de desarrollo a partir de los 60 años y más, en tanto, en los países desarrollados es a partir de los 65 años. (Lozano, 1998).

### ***Cambios en el envejecimiento***

“El envejecimiento es un proceso fisiológico genéticamente modulado, que ocurre de manera continua y progresiva desde el nacimiento hasta la muerte de cada ser vivo. En el hombre se traduce en alteraciones moleculares, genéticas, celulares y orgánicas que afectan su morfología, fisiología y comportamiento” (Cano, 2004).

Al igual que ocurre con las personas, los diversos órganos y sistemas del organismo envejecen de manera distinta y en variados ritmos. Por eso, el proceso de envejecimiento distingue entre envejecimiento fisiológico y patológico. El primero es el resultado de los cambios relacionados con el paso del tiempo y tiene una relación importante con la genética. El segundo, es el envejecimiento patológico que se presenta como resultado de la acción de agentes externos como la enfermedad o los accidentes sobre el sujeto (Milan, 2011).

Aguerre (2008) define el envejecimiento exitoso como: “la ausencia o la probabilidad reducida de enfermedad y discapacidad relacionada a enfermedad, así como la preservación de la capacidad cognitiva y funcional y un activo compromiso con la vida de prevención y promoción de la salud”.

Entonces, se habla del envejecimiento como un proceso irreversible, continuo y progresivo que concluye con la muerte del individuo. Lleva al organismo a una disminución de la reserva funcional lo que aumenta su labilidad ante situaciones de estrés. La evolución de la pérdida funcional puede ser repentina o progresiva. La primera está dada por el recrudecimiento (exacerbación) de enfermedades crónicas y su incidencia disminuye con la edad. Por el contrario, la segunda es la pérdida funcional y es insidiosa. Su ocurrencia aumenta con la edad.

La severidad que alcance el deterioro funcional es importante, pues existe una disminución exponencial en la probabilidad de recuperación a medida que avanza la intensidad de la discapacidad.

Los cambios en el envejecimiento se presentan por la pérdida de las funciones, cambios funcionales secundarios a otros estructurales, pérdida o limitaciones sin alteraciones estructurales y cambios secundarios a alteraciones en el mecanismo de control.

### ***Envejecimiento y enfermedad***

El modelo que se refiere al *continuum* envejecimiento-enfermedad habla de dos tipos: enfermedades dependientes de la edad, son aquellas que están relacionadas con el proceso de envejecimiento y el deterioro de la homeostasis, por ejemplo la enfermedad de Alzheimer, la osteoporosis, la fractura de cadera y la enfermedad articular degenerativa, etcétera. También se encuentran las enfermedades relacionadas con la edad que tienen una mayor prevalencia en grupos mayores, pero no son producto del proceso de envejecimiento; sino del cúmulo de factores de riesgo y diversas enfermedades crónicas sobre órganos blanco (López, 2012).

Entre las dificultades más frecuentes reportadas para los adultos mayores, sobresale la limitación en la movilidad (72.9%); le siguen la dificultad para ver (27%) y la limitación para escuchar (18.1%); Las tres discapacidades son los principales factores de riesgo de caídas. Los adultos mayores son quienes tienen

mayor probabilidad de morir o de tener una lesión grave por el traumatismo y este riesgo aumenta con la edad. Anualmente se producen 37,3 millones de caídas cuya gravedad requiere atención médica. Las lesiones relacionadas con la caída pueden ser mortales, aunque la mayoría de ellas no lo son. Por tal motivo, el adulto mayor es quien corre mayor riesgo de muerte o lesión grave por caídas, y el riesgo aumenta con la edad. Las lesiones relacionadas con éstas tienen un costo económico considerable según el tipo de lesión y su gravedad. La mayor morbilidad corresponde a las personas de más de 65 años (INEGI, 2012; OMS, 2012).

### **Inestabilidad y Caída**

El síndrome geriátrico de inestabilidad y caída es importante por la morbimortalidad que puede ocasionar al adulto mayor, convirtiéndose en un grave problema de salud. De hecho, los accidentes son la quinta causa de muerte en el mundo y de ellos el 66% corresponde a las caídas. De ese total, el 75% ocurren en pacientes de 65 años o mayores (d'Hyver, 2009).

La caída puede ser causada por factores extrínsecos (ambientales) como pisos irregulares, poca luz, objetos en el suelo que estorben el transitar de las personas, etcétera. El 50% de las caídas tienen causas puramente mecánicas como tropezar, chocar, mala pisada, etcétera y un 80% se producen en el domicilio (Leyva, 2008).

Entre los eventos intrínsecos se encuentran la hipotensión ortostática que en ancianos tiene una prevalencia del 5% al 25%; las alteraciones visuales que se relacionan con las caídas en un 25% a 50%; la osteoartritis que afecta a un 50% de los adultos mayores de 65 años y al 80% de los mayores de 75 años; así como la disminución de la fuerza muscular que se reduce entre un 25 a 30%. Por lo tanto, la disminución de la agudeza visual, la capacidad de acomodación de la visión cercana de la nocturna y de la periférica, disminución a la tolerancia de la luz brillante, así como los cambios vestibulares, la pérdida de los cilios, angioesclerosis y alteraciones bioeléctricas éstas van a provocar una modificación

en la capacidad de orientación de las personas con respecto a los objetos del entorno, contribuyendo en las caídas (Rose, 2005; Villar, 2005).

Finalmente los trastornos de la marcha afectan a un 15% de las personas mayores de 60 años y el 80% de los mayores de 85 años. Además, un 17% de las caídas puede ser atribuido al equilibrio o a la marcha como causa primaria (Villar, 2005).

Las alteraciones estructurales y funcionales (debilidad muscular, disminución de la movilidad articular del tobillo y del pie) son las principales causas de un desajuste en el balance locomotor y de eventos repetitivos de traspies, del riesgo a caída en la población geriátrica, esto condiciona su morbilidad y el incremento del costo en salud.

Como se puede apreciar la mayoría de las caídas están determinadas por defectos estructurales y/o funcionales del sistema musculoesquelético que se acentúan por complicaciones de enfermedades no transmisibles que afectan a los adultos mayores. Por ejemplo, en instituciones asistenciales como el IMSS, se identifica que uno de cada tres adultos mayores padece de hipertensión arterial y uno de cada cinco es diabético (IMSS, 2012).

Pese a que la caída y las alteraciones de la marcha son dos condiciones (síndromes geriátricos) muy frecuentes en el adulto mayor, el problema es un evento frecuentemente ignorado por los adultos mayores, los familiares y el personal de salud (IMMS, 2012; Calleja, 2010).

Los cambios que se observan en el adulto mayor son reveladores de los atributos del movimiento debido al deterioro del sistema nervioso y muscular. Ocurre una pérdida natural en la cantidad de neuronas haciendo que la velocidad de la transmisión neuromuscular sea más lenta. Igualmente, en el sistema músculo esquelético ocurre sarcopenia, es decir, la masa muscular disminuye 1% por año entre los 20 y 30 años, acelerándose hacia los 50 años particularmente en

los miembros inferiores viéndose alterado el equilibrio, lo cual conlleva un riesgo de caer (Montero y Serra, 2013).

Ahora bien, el movimiento corporal humano tiene sus componentes: equilibrio y estabilidad postural, desempeño muscular, resistencia cardiorespiratoria, movilidad/flexibilidad y control motor. De ahí lo significativo del equilibrio como una dinámica de la postura del cuerpo relacionado con las fuerzas que actúan sobre él, así como las características inerciales de los segmentos corporales. La estabilidad articular plantea el mantenimiento de la alineación correcta de los extremos óseos de la articulación por medio de los componentes activos y pasivos (Izquierdo 2008; Kisner, 2010).

El rendimiento muscular nos habla de la capacidad del músculo para producir tensión y realizar trabajo físico; exige fuerza, potencia y resistencia Otro componente es la movilidad articular que se define como el recorrido máximo de los elementos óseos implicados en un determinada articulación (Kisner, 2010; Diéguez, 2007).

### **Alteraciones biomecánicas del tobillo-pie**

La función de ser un elemento sometido durante largos periodos de tiempo a factores como el peso, la compensación de deformidades, la actividad aunado al proceso de envejecimiento presenta un sobre uso de las estructuras óseas y de los tejidos blandos.

A nivel de la piel se adelgaza el estrato corneo, disminuye la secreción de las glándulas sebáceas, hay pérdida del tejido adiposo subcutáneo, del tejido conectivo y disminución del colágeno; con implicaciones en los sistemas de amortiguación incrementando las fuerzas resultantes y por lo tanto, la aparición de queratopatías mecánicas asociadas (Tajes, 2007).

En las afecciones vasculares se habla de un edema del pie que aparece al final del día y remite durante la noche y que nos sugiere insuficiencia venosa. El

pie varicoso a la palpación presenta temperatura elevada, las flebectasias se ubican en las regiones maleolares pueden encontrarse trastornos tróficos cutáneos como el eccema, la dermatitis ocre, la atrofia blanca o una cicatriz de úlcera, que puede orientar a una insuficiencia crónica venosa (Larroche, 2007).

Los cambios en el sistema muscular, articular y ligamentoso tiene que ver con el decremento de la fuerza, flexibilidad, movilidad y cambios en la alineación con la consecuente aparición de alteraciones en el contorno del pie, dedos y articulaciones.

Nolan et al (2010) estudiaron en 106 hombres de 30 a 80 años y con el objetivo de determinar los cambios que se dan con la edad en los indicadores de función músculo esquelética, balance y movilidad, observaron que a partir de los 60 años ocurre una reducción en el balance, movilidad y la fuerza del tobillo, la cual se incrementa al llegar a los 70 años.

Por lo anterior, la conservación de la masa y fuerza muscular representan un factor importante en el mantenimiento de la postura, el equilibrio y la marcha junto con una adecuada estructura ósea previenen del riesgo de caídas.

Spink et al. (2011), llevaron a cabo una investigación para determinar el grado de la fuerza, el rango de movimiento, la postura y la deformidad, asociados con el rendimiento y la funcionalidad con respecto al riesgo de caída en el adulto mayor; en 365 personas de 65 a 93 años. Puntualizándose que la fuerza del músculo flexor plantar del hallux, así como la amplitud de la inversión y la eversión del movimiento del tobillo y el pie son determinantes en el equilibrio y capacidad funcional.

En la arquitectura del tobillo y el pie se identifican alteraciones como la laxitud del arco medial con tendencia al valgo de la parte posterior del pie, disminución del cavo y una pronación de la parte media del pie mostrándose un ensanchamiento de la huella podoscópica, También se puede presentar el metatarso varo y la distensión capsular medial metatarsfalángica del hallux (Laffenetre, 2007).

En la Universidad Nacional de Medicina de Chungnam de Corea, estudiaron los cambios en la fuerza y la movilidad en el adulto mayor, así como su contribución al balance, en 24 mujeres y 36 hombres clasificados en tres grupos de edades (20-40, 40-65, más de 65 años). Sus resultados mostraron que el índice de estabilidad y balance postural disminuye significativamente con el envejecimiento, reflejado en la reducción de la fuerza del músculo flexor plantar del tobillo y del rango de movimiento de la eversión.

Teniendo una correlación, entre la fuerza de flexión plantar con la estabilidad anteroposterior y el rango de movimiento de tobillo con un balance lateromedial; afectando a la marcha en la fase de balanceo en el levantamiento del miembro inferior, generando el tropiezo constante y el riesgo de caídas del adulto mayor (Boks, 2013).

Una manera de identificar los cambios biomecánicos es a través de la piel, como hiperqueratosis que se presenta como el aumento del grosor de la capa cornea en zonas sometidas a presión y/o rozamiento con aumento de queratina, de color parduzco, se localiza con mayor frecuencia en las cabezas metatarsiales segunda, tercera y cuarta, las cuales se observan en la tabla 3 (Prados, 2010).

**Tabla 3. Localizaciones de hiperqueratosis en el pie**

REGIÓN DEL PIE	
Cara plantar	Metatarsianos centrales 2°, 3° y 4°. Causada por el hundimiento del arco anterior. Cabezas metatarsales del 1° y 5° radios. Debida a la elevación del arco anterior o transverso Pulpejos de los dedos, sobre todo 2°, 3° y 4°. Por aplastamiento del arco anterior y alargamiento de los mismos.
Dorso del pie	Dorso de los dedos – dedos en garra – Empeine del pie, 2ª cuña – pie cavo

Zona interna	Articulación metatarsofalángica - "juanete"- Escafoides, Maléolo interno
Talón	Zonas laterales del talón. Provocadas por calzado estrecho o por zapato abierto por la parte posterior, con el tacón del zapato inferior al del pie Inserción del tendón de Aquiles Haglund: exostosis de la zona posterior del calcáneo
Zona externa	Apófisis estiloides Cabeza 5º metatarsiano Maléolo externo
Dedos	Espacios interdigitales – lesiones "en beso" – Periungueales

Fuente: (Prados 2010)

Diversos estudios apoyan el mayor riesgo de presentación de alteraciones biomecánicas y vasculares del pie en pacientes con neuropatía diabética, cuyo cuadro clínico es hipoestesia o anestesia en la parte distal de la extremidad en forma de calcetín. Generalmente está afectada la sensibilidad táctil superficial, profunda y vibratoria. Otros síntomas frecuentes son la sensación de quemazón, calambres musculares, disestesia o hiperalgesia cutánea.

Como consecuencia de la neuropatía diabética las alteraciones biomecánicas causan desequilibrio muscular con atrofas y deformidades estructurales secundarias del pie, como la neuroartropatia de Charcot. Además la limitación del movimiento articular actúa sobre el aumento de la presión del apoyo plantar y mayor rigidez con presencia de patrones de marcha compensatorios (Rivera, 2013).

Con respecto a las alteraciones osteoarticulares se estudian de acuerdo a su ubicación: el antepié (dedos), mediopié (arco plantar) y el retropié.

En el antepié se menciona el hallux valgus, desviación lateral del primer dedo, estudios han tratado de establecer su prevalencia la cual va del 4% al 44%

en mujeres y del 2 al 22% en hombres. El primer ortejo se angula a un lado en dirección al segundo dedo, la porción medial de la cabeza metatarsiana aumenta de tamaño, y la bolsa serosa se inflama y su pared endurece (Ferrari, 2013)

En los dedos también se presentan deformidades en garra con la primera falange en hiperextensión y la segunda en flexión forzada, causada por la atrofia de los lumbricales e interóseos y no permiten la flexión de la articulación metatarsofalangica y de extender las interfalangicas provocando una deformidad en flexión, creando zonas protuberantes donde se forman hiperqueratosis. Además, con el tiempo, los dedos se desvían ocupando el espacio dejado por el dedo luxado lo que disminuye la capacidad funcional y provoca dolor (Goldcher, 2007).

Las alteraciones de los dedos son secundarias a cambios en la bóveda plantar como son el pie cavo o plano. En el pie cavo hay una altura excesiva en el arco plantar longitudinal con un aumento de apoyo en las cabezas metatarsales y en el talón. Mientras que el pie plano muestra una disminución del arco plantar longitudinal y la desviación del talón en valgo, se propicia por la falta de sujeción del arco interno, debilidad los músculos tibial posterior, peroneo largo y el alargamiento de los ligamentos y la aponeurosis plantar (Piera, 2007)

Finalmente en el retropié se observa el valgo caracterizado por la desviación hacia dentro respecto del eje sagital del cuerpo, se asocia la aparición del hallux valgus, se hunde el arco interno y hay mucho peso en la cabeza del primer metatarsiano. Además se encuentra el varo de pie con supinación y aducción de la parte posterior que provocan hiperqueratosis en la parte lateral del pie (Goldcher, 2007).

Otro cambio que aparece es el espolón calcáneo, el cual se presenta como una entesopatía mecánica como un dolor en la cara interior del talón en su parte anterior y medial.

### III. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de tipo observacional descriptivo y transversal, en una población total de 700 adultos mayores del Centro de día para el adulto mayor “Plan Vida” DIF Estatal Querétaro. El tamaño de la muestra se calculó empleando el programa estadístico Epi-Info, considerando datos previos para poblaciones equivalentes, con una prevalencia del 30% del síndrome geriátrico de caída relacionado con alteraciones en el tobillo/pie con un nivel de confianza del 95% y un peor resultado esperado del 10%; que generó un tamaño de muestra de 72 personas de 60 años y más, por medio de un muestreo no probabilístico por conveniencia (Vega, 2001).

Empleando pruebas específicas (anexo) a todos los individuos que aceptaron participar en el estudio se les realizó una valoración clínica que incluyó datos demográficos, índice de masa corporal (IMC), comorbilidades, historial de caídas, movilidad, fuerza y alteraciones biomecánicas de tobillo/pie.

Las personas con trastornos musculoesqueléticos, neurológicos y o psiquiátricos graves, deterioro cognitivo moderado y demencia fueron excluidos. También se eliminaron personas con expedientes incompletos.

Los instrumentos utilizados en cada uno de las personas que participaron en la investigación fueron: Historia clínica (anexo 1), alteraciones de tobillo y pie (anexo 2).

A cada individuo participante se le informó de manera precisa sobre el estudio y firmó carta de consentimiento informado (anexo 3).

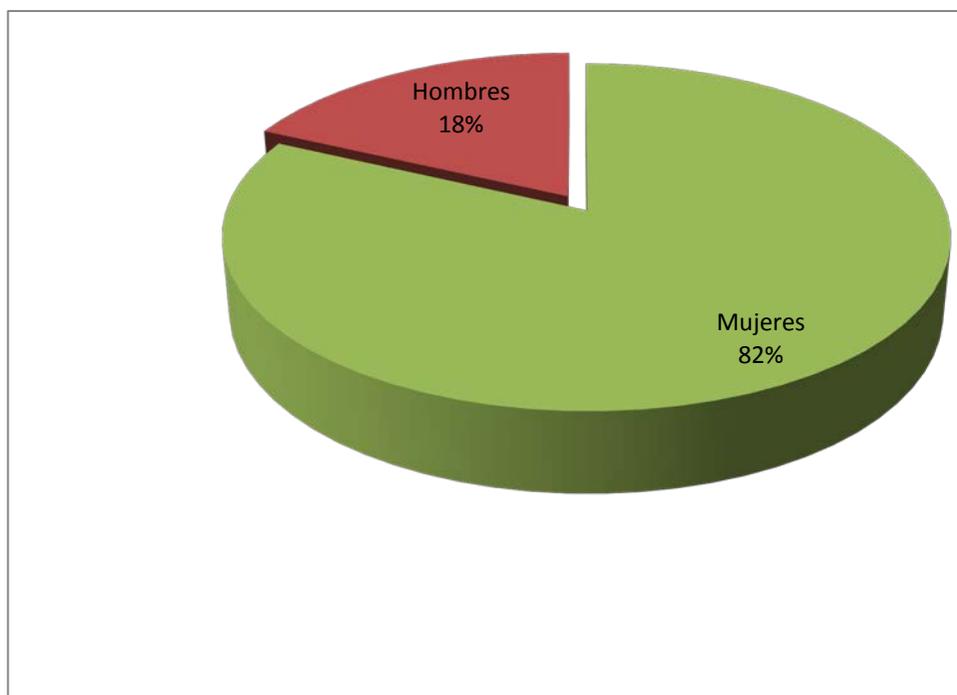
La información obtenida se anotó en una hoja de recolección de datos los cuales posteriormente se capturaron en una base datos de Excel. El análisis estadístico se realizó empleando el programa SPSS 22, utilizando estadística descriptiva con media  $\pm$  DE para variables cuantitativas y frecuencias, porcentajes para variables categóricas, con índice de confianza (IC) de 95%, así como la

prueba de  $X^2$  y el coeficiente de Cramer para establecer la relación de las variables cualitativas.

#### IV. RESULTADOS

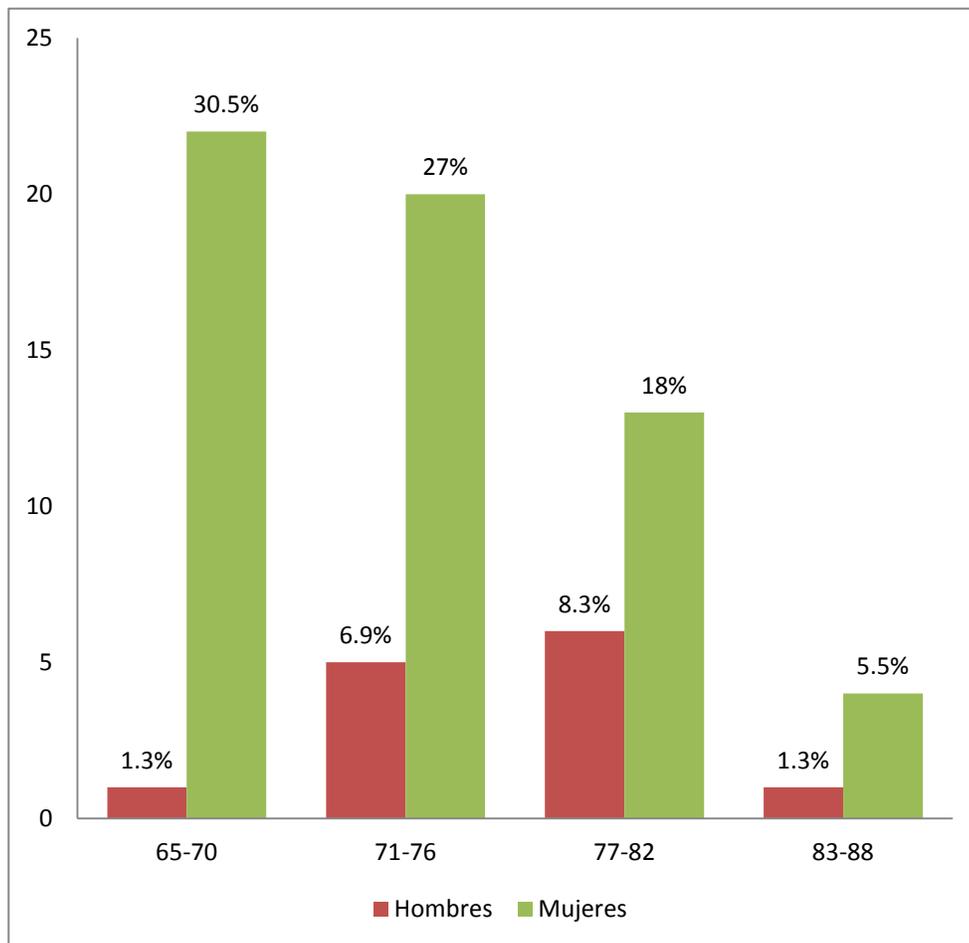
La muestra se compuso de 72 adultos mayores entre los 65 y 87 años de edad, con una media de  $79 \pm 5.7$  años (figura 11). En los aspectos demográficos, como se ilustra en la figura 10, el 82% (59) de los sujetos estudiados fueron mujeres y el 18 % (13) restante hombres.

***Figura 10 Distribución por género de la muestra estudiada***



Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica.

**Figura 11. Distribución por grupos de edad y género de la muestra**



Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica

En cuanto al estado civil se encontró un 41.7% (30) casado y la ocupación más frecuente fue actividades del hogar con un 44.4% (32) (tabla 4).

**Tabla 4. Características sociodemográficas**

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	IC 95%
Sexo	Mujeres	59	82	72.9 – 91.0
	Hombres	13	18	8.94 - 27
Edad por grupos	65-70	23	31.9	20.1 -42.8
	71-76	24	33.3	22.1- 44.4
	77-82	19	26.3	15.9 – 36.6
	83-88	5	6.9	5.8 -7.9
Estado civil	Casado	30	41.7	30 - 53.3
	Viudo	26	36.1	24.7 -47.4
	Soltero	13	18.1	9 -27.1
	Divorciado	3	4.2	3 -5.3
Ocupación	Jubilado	29	40.3	28.7 -51.6
	Hogar	32	44.4	32.3 -55.7
	Empleado	7	9.7	9.2 -10.1 -
	Propio negocio	4	5.6	4.4 – 6.7

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica

Dentro de los antecedentes de salud se encontró a las alteraciones musculoesquelética 48.6% (35) con un IC 36.2-60.3; hipertensión arterial 47.2% (34) con un IC 35.4 - 58.9, osteoartrosis 33.3% (24) con un IC de 22.1 a 44.4; 31.9% tuvo

polifarmacia 31.9% (23) con un IC20.9 - 42.8 y diabetes mellitus 19.4% (14) con un IC de 10 a 28.7 (tabla 5).

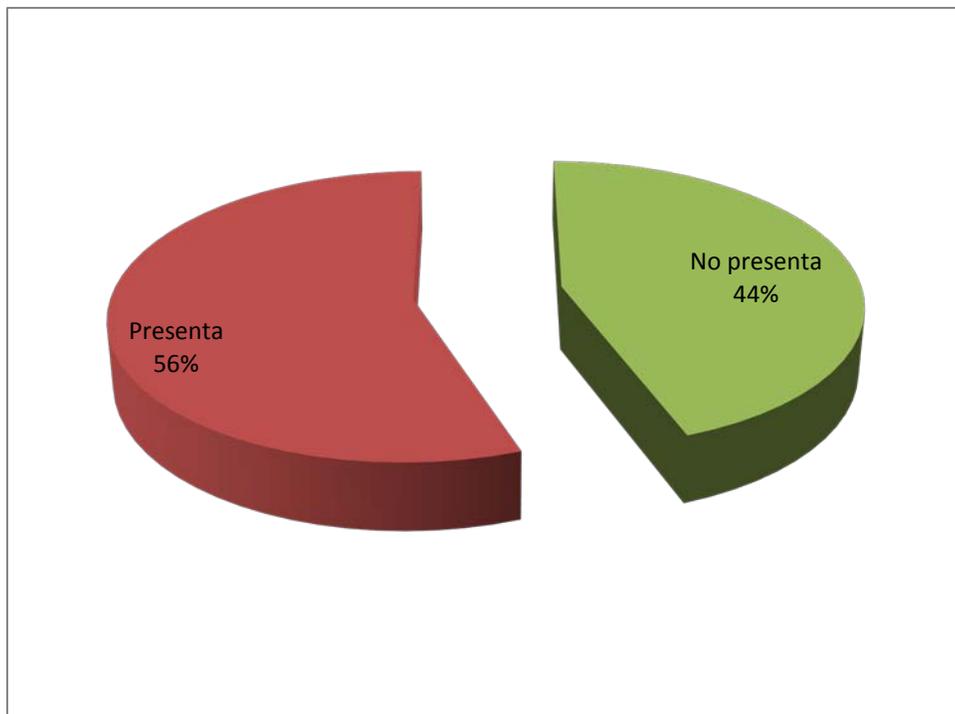
**TABLA 5. COMORBILIDADES**

	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>IC 95%</b>
Musculoesquelética	35	48.6	36.2-60.3
Hipertensión	34	47.2	35.2 – 58.7
Osteoartrosis	24	33	21.9 – 44
Polifarmacia	23	31.9	20.9 - 42.8
Diabetes mellitus	14	19.4	10 -28.72
Metabólica	14	19.4	10 -28.72
Vascular	14	19.4	10 -28.72
Cardiopatía	8	11.1	3.7 -18.5
Neurológico	8	11.1	3.7 -18.5
Metabólico	3	4.2	3 -5.3

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

Como se observa en la figura 12, el 56% (40) de los individuos estudiados sufrieron caídas, con un mínimo de veces de 1, hasta un máximo de 10 caídas por persona y siendo el promedio de  $1.11 \pm 1.17$ .

**Figura 12. Presentación del porcentaje de caídas en los últimos 6 meses**



Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

Entre las causas que originaron las caídas, con mayor frecuencia se encuentra el tropiezo 38.9% (28), y el lugar donde más ocurren es en la calle 22% (16). El mecanismo de caída es hacia delante 33.3% (24) y las consecuencias de mayor prevalencia fueron las contusiones 31.9% (24) (tabla 6).

**TABLA 6 Frecuencia de caídas**

CAÍDA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	n	%
Si	40	55.6
Hombres	6	8.3
Mujeres	34	47.2
<b>Causa de caída</b>		
Ninguna	33	45.8
Tropiezo	28	38.9
Mareo	3	4.2
Resbalo	6	8.3
Accidente	2	2.8
<b>Miedo a caer</b>		
Si	37	51.4
<b>Lugar de caída</b>		
Ninguno	33	45.8
Domicilio interior	9	12.5
Domicilio exterior	1	1.4
Calle	16	22.2
Lugar público interior	2	2.8
Lugar público exterior	11	15.3
<b>Mecanismo de caída</b>		
Ninguno	33	45.8
Hacia delante	24	33.3
Hacia atrás	3	4.2
De lado	6	8.3
Cabeza	1	1.4
Sobre las manos	4	5.6
Sobre los brazos	1	1.4
<b>Consecuencias de caída</b>		
Ninguna	40	55.6
Heridas o contusiones superficiales	23	31.9

Esguince miembro inferior	2	2.8
Traumatismo craneoencefálico	1	1.4
Fracturas y consecuencias graves	6	8.3

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica

Con respecto a la evaluación en el IMC la media fue de  $28.01 \pm 3.74$  Kg/m<sup>2</sup>. El 50% con IC 95% de 38 a 71, (36) presentaban sobrepeso. En el 26.4% con IC 95% de 16 a 36.7 (19) con algún grado de obesidad (tabla 7).

En relación a la salud actual, la actividad física se reportó en un 97.2% (70), siendo el acondicionamiento físico la principal actividad 70.8% (51), seguida de caminata 33.3% con un IC de 22.1 – 44.4 (24) y taichí 24.6% (19) (tabla 7).

Solo el 13% (10) utiliza auxiliares de la marcha, así como el uso de plantillas 15.3% (11) y taloneras 8.3% (6). El tipo de zapato más utilizado es el cerrado 75% (54), deportivo 38.9% (28 sujetos) y sandalias 30% (22) (tabla 7).

**Tabla 7 Salud actual**

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	N	%
<b>IMC</b>		
Sobrepeso	36	50
Obesidad	19	26.4
Peso normal	17	23.6
<b>Uso de auxiliares para la marcha</b>		
	10	13.9
<b>Ortesis</b>		
No utiliza	55	76.4
Utiliza plantillas	11	15.3
Utiliza taloneras	6	8.3
<b>Tipo de zapato</b>		
Cerrado	54	75.0
Semicerrado	16	22.2
Abotinado	7	9.7
Deportivo	28	38.9
Sandalías	22	30.6
<b>Tipo de Actividad Física</b>		
Si	70	97.2
Acondicionamiento	51	70.8
Yoga	12	16.7
Tai-chi	19	26.4
Natación	10	13.9
Cachibol	1	1.4
Caminata	24	33.3
Correr	1	1.4
Ejercicio terapéutico	2	2.8

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

En las diferentes alteraciones de tobillo y pie se documentó restricción de la movilidad en alguna de las diversas articulaciones estudiadas, en la flexión hallux la limitación se presentó en el 56% (41 sujetos), mientras que en la dorsiflexión de tobillo y la extensión de hallux se observó en el 97.2% (70 sujetos), con predominio del lado izquierdo para ambas (tabla 8).

**Tabla 8. Frecuencia de adultos mayores con limitación de la movilidad de tobillo y pie**

MOVIMIENTO	TOBILLO Y PIE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
		n	%
Dorsiflexión	Derecho	67	93.1
	Izquierdo	70	97.2
Plantiflexión	Derecho	59	81.9
	Izquierdo	59	81.9
Inversión	Derecho	61	84.7
	Izquierdo	56	90.3
Eversión	Derecho	50	69.4
	Izquierdo	65	77.8
Flexión MTF Hallux	Derecho	41	56.9
	Izquierdo	48	66.7
Extensión MTF Hallux	Derecho	70	97.2
	Izquierdo	68	94.4
Flexión Interfalangica Hallux	Derecho	56	77.8
	Izquierdo	62	86.0

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

Para la fuerza muscular de tobillo y pie se encontró una mayor frecuencia en los sujetos en el movimiento en contra de la gravedad y con la mínima resistencia; para dorsiflexión y plantiflexión de 62.5% (45); para la inversión y la eversión 54.2% (39); en la flexión y la extensión de dedos se presentó en 47.2% (34) (tabla 9).

**Tabla 9 Frecuencia de adultos mayores con diferentes grados de fuerza muscular**

MOVIMIENTO	EN CONTRA DE LA GRAVEDAD		EN CONTRA DE LA GRAVEDAD CON RESISTENCIA	
	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
	n	%	n	%
Dorsiflexión y Plantiflexión	18	25	45	62.5
Inversión	23	31.9	39	54.2
Eversión	24	33	39	54.
Flexión de dedos	26	36.1	34	47.2
Extensión de dedos	20	27.8	34	47.2

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

La presencia de hiperqueratosis fue de 19.4% (14) en el segundo dedo, 15.3% (11) para el cuarto y 25% (18) en el quinto; así como el 62% (47) en las zonas plantar y talar de ambos pies (tabla 10).

En la evaluación de las alteraciones vasculares se encontró un mínimo de 4 alteraciones hasta un máximo de 10 y un promedio de  $7,1 \pm 1.2$ . El 52.8% (38) de adultos mayores con varices y con edema 9.7% (7) (tabla 10).

Las alteraciones óseas se presentaron con una frecuencia de 4 a 15 y un promedio de  $6.6 \pm 2.7$ . En el 41.7% (30) de la población. El pie varo en el 58.3% (42), dedos en garra en el 44% (32), hipercargas en los metatarsianos en el 21% (15). Se identificó hallux valgus en el 72.2% (52), espolón calcáneo 45.8% (33). Respecto al arco longitudinal en el 20.8%(15) de pie cavo y 25% (18) con pie plano (tabla 10).

En cuanto a lo neurológico, en general se observó alguna alteración en el 45.8%. Se encontró disminución del reflejo rotuliano en el 19.4% (14) y 43.1% (31) en el reflejo Aquileo. En el 77% (56) de los sujetos estudiados se exteriorizó la presencia de dolor, siendo el 66.7% (48) dolor somático, de los cuales 37.5% (27) presentaron dolor con grado moderado, siendo la localización del dolor más frecuente el 22.3% (16) en tobillo-pie (tabla 10).

**Tabla 10 Frecuencia caídas de adultos mayores con alteraciones biomecánicas.**

CAÍDAS	ALTERACIONES BIOMECÁNICAS			
	SI		NO	
	Frecuencia n	Porcentaje %	Frecuencia n	Porcentaje %
<b>Pie normal</b>				
No	13	18	19	26.3
Si	21	29.1	19	26.3
<b>Pie plano</b>				
No	7	9.7	25	34
Si	11	15.2	29	40
<b>Pie cavo</b>				
No	6	8.3	26	36.1
Si	6	8.3	34	47.2
<b>Hallux valgus</b>				
No	19	26.3	13	18
Si	30	41.6%	10	13.7
<b>Espolón calcáneo</b>				
No	15	20.8%	17	23
Si	18	25%	22	30.5
<b>Dedos en garra</b>				
No	15	20.8%	15	20.8
Si	27	37.5%	15	20.8
<b>Valgo</b>				
No	5	6.9%	27	37.5
Si	5	6.9%	34	47.2
<b>Varo</b>				
No	13	18%	18	25%
Si	17	23.6%	15	20.8
<b>Hipercargas metatarsianos</b>				
No	14	19.4	18	25%
Si	18	25	22	30.5
<b>Hiperqueratosis talar</b>				
No	28	38.8	12	16.6
Si	19	26.3	13	18
<b>Hiperqueratosis</b>				

<b>plantar</b>				
No	16	22.2	16	22.2
Si	28	38.8	12	16.6
<b>Edema</b>				
No	5	6.9	30	41.6
Si	2	2.7	35	48.6

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

Los antecedentes de caída y la fuerza muscular de extensión y flexión de dedos presentaron una correlación de Cramer (0.4362) significativamente diferente de 0 ( $X^2=13.7$ ,  $p= <.001$ ).

**Tabla 11 Frecuencia asociación caídas y extensión de dedos**

<b>FUERZA MUSCULAR EXTENSIÓN DE DEDOS</b>	<b>CONTRACCIÓN MUSCULAR VENCE GRAVEDAD</b>	<b>EN NO LA DE LA GRAVEDAD</b>	<b>EN CONTRA DE LA GRAVEDAD CON RESISTENCIA</b>	<b>EN CONTRA DE LA GRAVEDAD CON RESISTENCIA MÁXIMA</b>	<b>TOTAL</b>
No presenta caída	0	9	20	3	32
Presenta caída	13	11	14	2	40
Total	13	20	34	5	72

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica n=72

**Tabla 12 Frecuencia asociación caídas y flexión de dedos**

<b>FUERZA MUSCULAR FLEXIÓN DE DEDOS</b>	<b>CONTRACCIÓN MUSCULAR VENCE GRAVEDAD</b>	<b>EN NO LA DE LA GRAVEDAD</b>	<b>EN CONTRA DE LA GRAVEDAD CON RESISTENCIA</b>	<b>EN CONTRA DE LA GRAVEDAD CON RESISTENCIA MÁXIMA</b>	<b>TOTAL</b>
No presenta caída	0	8	21	3	32
Presenta caída	7	18	13	2	40
Total	7	26	34	5	72

Fuente: Hoja de recolección de datos historia clínica.

## IV DISCUSIÓN

El origen de la caída en los adultos mayores según Villar (2010) es multifactorial, dentro de los cuales se encuentran las patologías de tobillo y pie. Datos expuestos por Cruz (2014) expresan que la prevalencia de caídas en dicha población es del 30 al 50%, por ser una de las principales causas de lesiones accidentales. Otros autores como Vazquez-Navarrete (2016) reporta una prevalencia de 54%; mientras que para el presente estudio se encontró una proporción de 56% en caídas, mostrando una similitud con los resultados anteriores.

De igual manera para el estudio de Trastornos podiátricos de Vazquez-Navarrete, et al. (2016) en relación a comorbilidades el 78% presento enfermedad articular, 43% diabetes mellitus, 69% hipertensión arterial (n=100), así mismo se observó con mayor frecuencia que uno de los trastornos de pie fue el hallux valgus con 54%, en seguida los dedos en garra con 41% y el pie plano 15%. En cuanto al grado de dolor se encontró 36% padecía dolor moderado, mientras en la investigación las comorbilidades, el orden de presentación y las proporciones fueron diferentes 47% hipertensión, 33% osteoartritis y diabetes mellitus 19% (n=72); en cuanto a las alteraciones biomecánicas se identificó un 72% de hallux valgus, 44% dedos en garra y 25% con pie plano.

Otro estudio realizado en México por Castillo, et al (2011) donde se analizaron las alteraciones del equilibrio como predictores de caídas en 101 sujetos del 51% que sufrieron caídas 16% refieren que fueron a consecuencia de tropezar con objetos o desniveles; como consecuencias el 34% tuvieron laceraciones o hematomas, en lo referente al estudio la causa de caída con mayor repetición es el tropiezo con 39%, siendo el lugar donde más ocurren las caídas en la calle 22% y las contusiones fueron la consecuencia más frecuente con 31%.

De ésta manera se establece que el tropiezo tiene una relación con la debilidad muscular y la limitación articular para el movimiento de dorsiflexión que

presentaron las personas del estudio. Nolan et al, (2010), donde se observa que a partir de los 60 años ocurre una reducción en el balance, movilidad y la fuerza del tobillo, la cual se incrementa al llegar a los 70 años.

En el presente estudio se encontró que la mayoría de las variables biomecánicas eran independientes de la caída a excepción de la relación que se mostró entre la disminución de la fuerza muscular para la flexión y la extensión de los dedos y la caídas ( $p=.001$ ); que sugiere una similitud con otros resultados como Menz (2005) quien plantea las características asociadas del pie y el tobillo que contribuyen al equilibrio y la capacidad funcional de los adulto mayores, entre ellas se encuentran la sensibilidad táctil de la superficie plantar del pie, la flexibilidad del tobillo con la oscilación postural y la fuerza del flexor plantar del hallux con el equilibrio.

Menz (2006) en otro estudio resalta la falta de diferencia significativa entre los que sufren o no caídas y las alteraciones del pie sin embargo, las personas que sufren caídas exhiben reducida flexibilidad del tobillo, con mayor severidad en el hallux valgus, acompañada de la reducción de la sensibilidad táctil; además eran más propensos a fallar en la prueba de agarre del papel con los dedos menores ya que presentan dolor en el pie, mostrándose una similitud con los resultados obtenidos en la movilidad con limitación en la dorsiflexión de tobillo y extensión del hallux en un 97% y en la flexión de hallux, además se reveló presencia de dolor en tobillo-pie en 22% de la población

Así mismo, la pérdida de sensibilidad referida puede deberse según Menz (2006), a la presión ejercida con los dedos del pie en el adulto mayor en posición de bipedestación, en comparación con las personas jóvenes, esto como un intento de intensificar la información sensorial para mantener el equilibrio.

En cambio Spink (2011) en su investigación relaciona los hallazgos del pie a la fuerza del tobillo, amplitud, postura y deformidad con el equilibrio, además de la capacidad funcional de los adultos mayores, el estudio lo realiza en 305 personas dentro de los resultados encuentra una asociación entre la fuerza y la

movilidad del pie/tobillo con el equilibrio y la funcionalidad; en cuanto al hallux valgus la relación en la estabilidad lateral así como la fuerza del flexor plantar del hallux, el rango de movimiento de inversión/eversión demuestran ser predictores de caídas.

Por otra parte se observa que la actividad física (actividades de estilo de vida: tareas del hogar, caminar ,jardinería, etcétera) y la función física (equilibrio, velocidad de la marcha y fortalecimiento muscular en miembros inferiores) tiene un papel importante en el riesgo de caídas en un estudio prospectivo a 6 años que incluyó a 1011 personas mayores en una población México-americana los resultados mencionan que los participantes con alta frecuencia de actividad física y baja función física aumentan el riesgo de caída. Las altas tasas de caminar y quehaceres en casa pueden explicar por qué el 40% de los participantes tuvo caídas en el período de estudio (Lewis, 2016).

Los adultos mayores mostraron una alta participación en actividades físicas (97%) en el Centro de Día, sin embargo dentro de sus características presentaron una prevalencia de caída del 56% ,siendo las mujeres quienes presentaron mayor frecuencia con un 82% además se observó que las actividades en el hogar representa la ocupación con mayor porcentaje (44%); aun así por lo que se puede denotar una funcionalidad dentro de su entorno, sin embargo desde el punto vista de los atributos y cualidades del movimiento como: el equilibrio y la estabilidad postural, el desempeño muscular, movilidad/flexibilidad y el control motor del movimiento, no cumplen con las características para el desarrollo de las mismas.

No solo hay que observar los factores biológicos existentes del paciente, también hay que considerar el contexto para evitar las barreras y considerar los facilitadores, instrumentales, familiares psicológicos, sociales, de salud que habría que estudiar.

## V. CONCLUSIÓN

Los adultos mayores del centro de día presentan alteraciones biomecánicas (limitación de la movilidad, cambios morfológicos óseos, fuerza y alteración en la sensibilidad) la relación significativa con respecto a la caída se obtuvo con el movimiento de flexión y extensión de los dedos del pie siendo del ( $p=0.001$ ).

Los participantes del estudio encuentran dentro de un rango de edad entre los 65 y 87, la proporción de mujeres fue mayor 82%, población casada en 41.7%; siendo las actividades del hogar la ocupación más frecuente 32%.

En referencia a las patologías, las lesiones musculoesqueléticas (48.6%), hipertensión (47.2%), la osteoartritis (33%), polifarmacia (31.9%) fueron las más frecuentes y de acuerdo al índice de masa corporal el 50% de la muestra estudiada presenta sobrepeso.

Los adultos mayores presentaron al menos una caída en los últimos 6 meses (56%) y el origen fue el tropiezo (38%), en la calle (22%).

En cuanto a la presencia de alteraciones de movilidad y fuerza las articulaciones con mayor limitación fueron la tibioperoneoastraglina para el movimiento de dorsiflexión y la articulación metatarsofalángica del hallux para la extensión (97.2%). Sin embargo, el número de personas que realizaron el movimiento en contra de la gravedad y con resistencia de tobillo y pie, fue de un 47.2% a 62.5%.

Otras alteraciones biomecánicas que se encontraron con cierta prevalencia fueron el hallux valgus (72.2%), pie varo (58%), espolón calcáneo (45%) y dedos en garra (44%), la hiperqueratosis (62.5%) y varices (52.8%).

Se puede concluir que hay una alta prevalencia de alteraciones en tobillo/pie en la población adulta mayor de ahí la importancia de incluirla dentro de su evaluación. Por otra parte las alteraciones biomecánicas pueden ser independientes del síndrome de caídas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, L. A. (2011). Common nail changes and disorders in older people. *Canadian Family Physician*, 173-185.
- Abdullah, L. A. (Febrero de 2011). Common nail changes and disorders in older people. *Canadian Family Physician*, 57, 173-185.
- Aguerre, C., & Boufard, L. (2008). Envejecimiento exitoso : Teorías, investigaciones y aplicaciones clínicas. *Rev. Asoc. Colomb. Gerontol. Geriat.* 22 (2), 641-647.
- Araiza-Santibañez, J. (2016). Onicomycosis en adultos mayores. Estudio retrospectivo de 138 casos en 2 años. *Revista Médica del Hospital General de México*, 79, 5-10.
- Beltrán-Campos, V. P.-G.-V.-C. (Marzo de 2011). *Revista Digital Universitaria*. Recuperado el 23 de enero de 2016, de <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num3/art30.pdf>
- Caillet, R. (1998). Anatomía estructura funcional. En S. d. pie, *Rene Caillet* (págs. 1-48). D.F.: Manual Moderno.
- Carulla, S. e. (2004). *Longevidad Tratado integral sobre la salud en la segundamidad de la vida*. Madrid: Médica Panamericana.
- CECENAPRECE y Secretaria de Salud. (2013). *Encuesta Salud Bienestar y Envejecimiento SABE, Querétaro*. Querétaro.
- Cruz, E. (2014). Caídas : revisión de nuevos conceptos. *Revista HUPE*, 86-95.
- d'Hyver, D. &. (2009). *Geriatría*. México : Manual Moderno.
- Ferrari, J. (2013). Hallux valgus deformity. UpToDate H7, Clinical Evidence

- Fox, J., Docherty, C., & Applegate, T. (2008). Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability. *J Athl Train Jan-Mar*, 43(1), 51-54.
- García Gonzalez, J. (2009). Problemas Podiátricos. En D. & d'Hyver, *Geriatría* (págs. 649-658). México: Manual Moderno.
- Goldcher, A. (2007). Pie Estático: Especificidades Geriátricas. En I. B. Herbaux, *Podología Geriátrica* (págs. 171-185). Badalona, España : Paidotribo.
- Hagins M., P. E. (2012). Biomecánica del pie y del tobillo. En M. Nordin, *Bases biomecánicas del Sistema Musculoesquelético* (págs. 225-251). Barcelona, España: Wolters Klumer/ Lippincott Williams and Wikins.
- INEGI. (10 de octubre de 2012). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 14 de mayo de 2015, de Estadística a propósito del día internacional de las personas de edad: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/aPropositom.asp?s=inegi&c=2848&ep=103>
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Kisner, J. (2010). *Bases Generales, Ejercicio Terapéutico*. Panamericana.
- Laffenetre, O. (2007). Elementos de anatomía y biomecánica del tobillo y del pie. En I. B. Herbaux, *Podología geriátrica* (págs. 79-110). Badalona: Paidotribo.
- Laroche, J. (2007). El pie vascular en gerontología: enfoque práctico. En I. B. Herbaux, *Podología Geriátrica* (págs. 321-329). Badalona, España: Paidotribo.
- Larrosa Padró, M. y. (2003). Alteraciones de la bóveda plantar. *Rev Esp Reumatol*, 489-498.

- Lewis, Z. . (2016). The role of physical activity and physical function on the risk of falls in older Mexican-Americans. *J Aging Phys Act*, 342-349.
- Leyva, S. (2008). Movilidad, equilibrio y caídas en adultos mayores. *GEROINFO.RNPS.2110*, 1-32.
- López Ramírez, J. (2012). Fisiología del envejecimiento. En J. López Ramírez, & R. Jauregui, *Fisiología del envejecimiento* (págs. 1-9; 37-42 ). Colombia: Celsus.
- Lozano, M. (1998). Programa de atención a la salud del adulto mayor. *Salud comunitaria IMMS*, 29-32.
- Lynn, M. (2002). Principios de las técnicas de evaluación. En M. Lynn, *Fundamentos de las Técnicas de Evaluación Musculoesquelética* (págs. 11-33). Barcelona: Paidotribo.
- Mansfield, A., Peters, A., Liu, B., & Maki, B. (2007). A perturbation-based balance training program for older adults: study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Geriatrics*, 7-12.
- Menz, H. (2006). Foot and Ankle Risk factors for falls in older people: a prospective study. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 866-870.
- Menz, H. (2005). Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 1546-1552.
- Milan Calenti, J. M. (2011). Gerontología y geriatría. En *Gerontología y geriatría* (págs. 1-9). España: Medica Panamericana.
- Montero, F., & Serra, R. (2013). Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 9(3), 1231-143.
- Motoya, H. (2006). Evaluación radiométrica del pie. *Medigraphic*, 2, 248-250.

- Müjdeci, B., Aksoy, S., & Atas, A. (Oct de 2012). Evaluation of balance in fallers and non-fallers elderly. *BrazJ. Otorhinolaryngol*, 78(5), 104-109.
- Nolan, M., Nitz, J., & Choy Illing, S. (2013). Age-related changes in musculoskeletal function, balance and mobility measures in men aged 30-80 years. *Physical Therapy*, 94, 201-207.
- OMS. (13 de junio de 2015). *Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud*. Recuperado el 12 de septiembre de 2015, de Organización Mundial de la Salud: [http://www.who.int/about/licensing/copyright\\_form/en/index.html](http://www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html)
- Piera, J. R.-C. (2007). Pie plano, pie cavo del anciano. En i. B. Herbautz, *Podología Geriátrica* (págs. 189-195). Badalona, España: Paidotribo.
- Prados, C. E. (2010). Actuación podológica en la prevención y tratamiento del pie diabético. En J. e. Escudero, *Tratado del pie diabético* (págs. 109-114). Madrid. , España: Jarpyo Editores.
- Rivera, P. M. (2013). Conocimiento y cuidado de los pies en adultos mayores diabético en una institución de salud pública. *Evidencia Médica y Evidencia en Salud*, 6, 120-124.
- Salud, O. M. (2012). *Caídas*. Recuperado el 14 de Mayo de 2013, de Nota descriptiva n° 344: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs344/es/>
- Sanchez, O., Carranza, A., Rochera, R. (2000). Anatomía clínica y exploración del pie. En L. F. Alcazar, *Monografías médico-quirúrgicas del aparato locomotor : El Pie* (págs. 1-15). Masson.
- Silva Dórame, G. (2008). Caídas. En D. & d'Hyver, *Geriatría* (págs. 561-568). Manual moderno.
- Silva, Z. (2008). Morbilidad, factores de riesgo y consecuencias de las caídas en adultos mayores. *Fisioterapia*, 30, 142-151.

- Spink, M. e. (2011). Foot and ankle, strength, range of motion, posture and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 68-75.
- Sprink, m., Fotoobhandi, M., Wee, E., Lord, S., & Menz, H. (2013). Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Physical Medicine Rehabilitation*, 92(1), 68-75.
- Tajes, F. A. (2007). Ortopodología en el pie Geriátrico. *Revista española de podología*, 282-289.
- Vazquez-Navarrete, I. (2016). Trastornos podiatricos, riesgo de caidas y dolor en adultos mayores. *Aten Fam*, 39-42.
- Viladot, A. (2003). Anatomía funcional del tobillo y el pie. *Revista Española de Reumatología*, 30(9), 469-477.
- Villar, T. (2010). Alteraciones de la marcha, inestabilidad y caidas. En A. P. al, *Tratado de Geriatria para residentes* (págs. 199-209). Madrid: Sociedad Española de Geriatria y Gerontología.
- Willems, P. S. (2012). Marcha normal. En *EMC-Kinesiterapia- Medicina Física* (págs. 1-15). Elsevier Msson.

## ANEXOS

### ANEXO 1 EVALUACIÓN CLÍNICA GERIÁTRICA

#### Datos generales del adulto mayor

Unidad \_\_\_\_\_ Expediente \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
Nombre \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_  
Edad \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento \_\_\_\_\_ Edo. Civil \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_  
Telefono \_\_\_\_\_ Cel \_\_\_\_\_  
Escolaridad \_\_\_\_\_ Ocupación \_\_\_\_\_

#### Antecedentes personales patológicos

Enfermedades patológicas: musculoesqueléticas ( ), reumáticas ( ), neurológicas ( ), metabólicas ( )  
Especificar \_\_\_\_\_  
Intervenciones quirúrgicas \_\_\_\_\_  
Traumatismo \_\_\_\_\_  
Diabetes mellitus tipo 2 ( ) Hipertensión ( ) Cardiopatía ( ) Otra \_\_\_\_\_ ¿Desde cuándo la presenta? \_\_\_\_\_

#### Caídas

¿Se ha caído usted en los últimos seis meses? Si ( ) No ( ) No lo sabe ( )  
Si se ha caído ¿cuántas veces? \_\_\_\_\_  
Explique porqué \_\_\_\_\_  
¿Tiene usted miedo de volverse a caer? Si ( ) No ( ) No lo sabe ( )  
Lugar de la caída: Domicilio interior ( ) Domicilio exterior ( ) Calle ( ) Lugar público interior ( )  
Lugar público exterior ( )  
Mecánica de la caída: hacia delante ( ) hacia atrás ( ) hacia lado ( ) de cabeza ( ) sentado ( ) sobre las manos ( ) sobre los brazos ( )  
Consecuencias inmediatas: ninguna ( ) herida superficial o contusión ( ) fracturas y otras consecuencias graves ( ) traumatismo craneal ( ) esguince ( )

**Toma medicamento** Si ( ) No ( ) ¿Cuántos? 1-4 ( ) 5 o Más ( )  
Psicofarmacos ( ), antiinflamatorios: aines ( ), esteroides ( ), antibióticos ( ) gastrointestinales ( )  
Antihipertensivos ( ) Vitaminas ( )  
¿Cuáles medicamentos? \_\_\_\_\_

#### Salud Actual

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Visión:** Dificultad para enfocar, ver la televisión, leer, otra actividad Si ( ) No ( )  
Se adapta a la oscuridad Si ( ) No ( )  
Utiliza anteojos Si ( ) No ( ) Lo utiliza para caminar Si ( ) No ( )  
Tipo de anteojos bifocal ( ), progresivo ( ), vista cansada ( )

Visión corregida \_\_\_\_\_ Fecha de última revisión ocular \_\_\_\_\_

### Dolor

Presenta dolor: Si ( ) No ( ) Leve ( ) Moderado ( ) Severo ( ).

Tipo de dolor: Agudo ( ) Crónico ( ) Neuropático ( ) Somático ( ) Visceral ( ) Psicológico ( )

Localización de dolor \_\_\_\_\_

### Eliminación urinaria

Frecuencia al día \_\_\_\_\_ Nicturia Si ( ) No ( ) Urgencia para orinar Si ( ) No ( )

Incontinencia: ¿En el último año alguna vez se ha mojado al perder involuntariamente la orina? Si ( ) No ( )

### Movilidad

Realiza actividad física o ejercicio Si ( ) No ( ) Si realiza ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Para caminar utiliza auxiliares. Si ( ) No ( ) ¿Cuáles? Bastón ( ) andadera ( ) muletas ( )

Tipo de calzado: cerrado ( ) semicerrado ( ) abotinado ( ) deportivo ( ) sandalias ( ) botas ( )

Plantillas d ( ) i ( ) taloneras d ( ) i ( )

### Exploración Física

Estatura \_\_\_\_\_ (cm) Peso \_\_\_\_\_ (kg) IMC \_\_\_\_\_ FC \_\_\_\_\_ FR \_\_\_\_\_

Tensión arterial: En decúbito supino I \_\_\_\_\_ D \_\_\_\_\_ De pie \_\_\_\_\_

ITP I \_\_\_\_\_ ITP D \_\_\_\_\_

### Fuerza Muscular

Caminar punta talón Flexoextensores \_\_\_\_\_

Invertores \_\_\_\_\_

Evertores \_\_\_\_\_

Flexión dedos \_\_\_\_\_

Extensión dedos \_\_\_\_\_

Izquierda	Tobillo	Derecha
	Dorsiflexión	0-20°
	Flexión Plantar	0-45°
	Inversión	0-30°
	Eversión	0.25°
	Primer dedo	
	Flexión MTF	0-45°
	Extensión MTF	45°-0
	Flexión IF	0-90°
	Extensión IF	90°-0
	Dedos laterales	
	Flexión MTF	0-40°
	Extensión MTF	40°-0
	Flexión IFP	0-35°
	Extensión IFP	35°-0
	Flexión IFD	0-60°
	Extensión IFD	60°-0

\*MTF metatarsofalángica, IF interfalángica, IFP interfalángica proximal, IFD Interfalángica distal

**ANEXO 2  
ALTERACIONES DE TOBILLO Y PIE**

Alteración Dermatológica	Izq	Der	Alteración Ósea	Izq	Der	Alteración vascular	Izq	Der	Alteración neurológica*	Izq	Der
Hiperqueratosis			Valgo			Sistema arterial			Sistema perceptual		
Dorsal			Varo			Pulso pedio			Sensibilidad táctil		
			Pie normal 			Pulso tibial posterior			Sensibilidad miofilamento		
Plantar			Pie cavo 			Llenado capilar			Sensibilidad vibratoria		
Talar			Pie plano 			Sistema venoso			Sistema motor		
Alteración ósea			Hallux valgus			Varices			Reflejo rotuliano		
Espolón calcáneo			Dedos en garra			Edema			Reflejo Aquileo		
			Hipercargas en metatarsianos						*Ausente, disminuido, normal		

## ANEXO 3

### **Evaluación radiográfica.**

Le evaluación radiológica consiste proyecciones dorsoplantar y lateral del tobillo y pie. La primera evalúa el antepié y el mediopié, se toma con 15 grados de angulación del rayo, la segunda evalúa la anatomía del astrágalo y el calcáneo y su relación con la articulación tibioastragalina. Las radiografías se solicitan con apoyo y comparativas para obtener datos sobre la actividad muscular y capsuloligamentaria para la estabilidad del pie.

El ángulo de Bartani determina la configuración de la bóveda plantar, a través de la altura de los arcos interno y externo. El primero se obtiene trazando una línea del polo inferior del sesamoideo interno al polo más bajo de la cabeza del astrágalo, de este punto se traza otra línea hasta el punto más bajo de la tuberosidad posterior del calcáneo, con una divergencia entre líneas de 145°.

Angulo de apertura del pie se traza una línea que siga los ejes diafisarios de primero y quinto metatarsianos que forman un ángulo con valor normal de 20° a 28° llamado apertura de pie, su utilidad es una patología deformante del retropié con alteraciones en la distribución de las cargas.

El ángulo metatarsofalángico se mide en proyección dorsoplantar con una línea longitudinal de la diáfisis de la falange proximal del primer dedo y del primer metatarsiano, sus valores son de 0 a 15° su uso en la evaluación de la deformidad del hallux.

Finalmente el ángulo metatarsal se determina por los ejes longitudinales diafisarios del primero y segundo metatarsiano, su valor es de 90 o menos y arroja evidencia del grado de la enfermedad del hallux (Motoya, Evaluación radiométrica del pie, 2006)

## **Goniometría**

La goniometría es la técnica utilizada para evaluar la amplitud del movimiento articular, a través del transportador del goniómetro, marcado en aumentos de 1°, 2° o 5°, los grados están marcados en ambas direcciones van de 0 a 180° y de 180° a 0.

En la medición del movimiento pasivo se evalúa la extensión de la limitación estructural de la amplitud del movimiento articular. El brazo fijo del goniómetro está alineado con el segmento fijo del cuerpo, y el brazo móvil con el segmento móvil. Los brazos están unidos por el fulcro, que se coloca en la articulación (Lynn, Principios de las técnicas de evaluación, 2002)

### **Prueba muscular manual.**

Las pruebas musculares manuales se utilizan para medir la los grados debilidad muscular resultantes de la enfermedad, la lesión o desuso. La medición consiste en posicionar el músculo, se palpa y se somete al movimiento en contra de la gravedad y resistencia. El sistema de gradación de la fuerza muscular de Kendall registra la evaluación de acuerdo a los siguientes parámetros: 0 no se palpa ninguna contracción, 1 la contracción se palpa sin movimiento articular, 2 el paciente se mueve a través de pequeños movimientos con una mínima gravedad, el paciente se mueve y mantiene la posición antigraavitatoria, 4 el paciente se mueve y mantiene la posición antigraavitatoria contra una resistencia mínima, 5 el paciente se mueve y mantiene la posición antigraavitatoria contra una resistencia máxima (Lynn, Principios de las técnicas de evaluación, 2002).

## ANEXO 4

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA.

Lugar y fecha: Santiago de Querétaro, marzo- agosto del 2015

Por medio de la presente acepto participar en el proyecto de investigación titulado **Alteraciones biomecánicas de tobillo/pie y su relación con las caídas en el adulto mayor.**

El objetivo del estudio es:

**Estimar en una población de adultos mayores de 65 años la prevalencia y el tipo de alteraciones biomecánicas de tobillo/pie y su relación con la génesis de las caídas.**

Se me ha explicado que mi participación consistirá en:

**Una evaluación fisioterapéutica geriátrica y un estudio radiológico del pie.**

Declaró que se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados del estudio que son los siguientes:

**Tiempo de espera para la evaluación, incomodidad con alguna prueba física; al final de estudio se entregará un reporte general de los resultados del estudio a cada participante, un tríptico informativo referente a los cuidados del tobillo y el pie.**

El investigador principal se ha comprometido a responder cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

Entiendo el derecho de retirarme del estudio cuando lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que recibo en el centro.

El investigador me ha dado la seguridad de que no se me identificara en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial. También se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio.

---

Nombre y firma del paciente

---

**María Eustolia Pedroza Vargas**

---

Testigo