

**PROYECTO DE UN ESTUDIO PILOTO SOBRE LAS LESIONES  
MÁS FRECUENTES DEL PIE EN NIÑOS/AS CON SÍNDROME DE  
DOWN.**

**TRABAJO FIN DE GRADO**



**VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA**

**FACULTAT D'INFERMERIA I PODOLOGIA**

**GRADO EN PODOLOGIA.  
CURSO ACADÉMICO 2018-2022.**

**VALENCIA**  
28 de junio de 2022

**ALUMNA:**  
Ponce Bosch, Raquel

**TUTORA:**  
Alcahuz Griñán, M<sup>o</sup> Montserrat

**PROYECTO DE UN ESTUDIO PILOTO SOBRE LAS LESIONES MÁS  
FRECUENTES DEL PIE EN NIÑOS/AS  
CON SÍNDROME DE DOWN**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO  
PRESENTADO POR:**

Ponce Bosch, Raquel

**TUTOR/A DEL TRABAJO:**

Alcahuz Griñán, M<sup>o</sup> Montserrat

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL:**

**Presidente/a:** Emmanuel Navarro Flores.

**Secretario/a:** Carmen Pascual Bajo.

**Vocal:** Inmaculada Blasco Blasco.

**FACULTAT D'INFERMERIA I PODOLOGIA  
UNIVERSITAT DE VALENCIA**

**Valencia**

28 de junio de 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO

Yo, Raquel Ponce Bosch, con DNI 23849379-N y estudiante del Grado en Podología en la Facultat d'Infermeria i Podologia de l'Universitat de València, declaro:

Que el presente Trabajo de Final de Grado titulado “*Lesiones más frecuentes del pie en niños/as con Síndrome de Down*” y cuya tutora es M<sup>o</sup> Montserrat Alcahuz Griñán, es un documento original y no ha sido presentado previamente con otras finalidades.

Igualmente, certifico que he sido quien ha redactado el documento y que ninguno de los materiales que se adjuntan en el trabajo ha sido escrito por otra persona, citándose debidamente todas las fuentes empleadas para su elaboración.

Valencia, 20 de junio de 2022.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Fdo.: Raquel Ponce Bosch.

## INDICACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUDITORÍA

El presente Trabajo Final de Grado se presenta bajo la licencia “Creative Commons 3.0”, otorgando el reconocimiento de la auditoría (By), reconocimiento no comercial (NC) y sin obra derivada (ND).

Este trabajo se puede copiar, representar y hacer otras obras derivadas siempre que se reconozcan los derechos de auditoría, citando al autor y su obra, sin ningún fin comercial, ni obra original, ni derivaciones de esta.

En caso de se distribuya el trabajo mediante obras derivadas, se realizará bajo la licencia que regula la obra original, *Creative Commons 3.0*.



## RESUMEN

El Síndrome de Down (SD) es la cromosomopatía más común y la causa genética más frecuente de discapacidad intelectual y malformaciones genéticas en el mundo. Los avances en los métodos de diagnóstico y tratamiento de este síndrome están aumentando la esperanza de vida de estas personas, sin embargo, es importante comenzar una valoración podológica para asegurar el desarrollo y crecimiento óptimo de estos niños. Este estudio ha sido diseñado para valorar el tipo de pie que tienen los niños de 0 a 16 años basándose en la evidencia y tratando de facilitar su aplicación en la práctica.

**Material y métodos:** La finalidad es realizar pruebas clínicas y exploratorias para cuantificar la posición que adopta el pie (neutro, pronado o supinado) en posición estática a través del método Foot Posture Index (FPI); realizar pedigrafías que representan el tipo de huella plantar y analizarlas con el método Hernández-Corvo; observar la pisada en una plataforma para examinar la distribución de las presiones plantares; analizar el ciclo de la marcha o gateo para determinar las características típicas de niños/as con Síndrome de Down y valorar si existe relación entre la obesidad, la hiperlaxitud y el tipo de pie que presentan.

**Palabras clave:** Síndrome de Down – Niños/as – Pies – Anomalías

## **ABSTRACT**

Down Syndrome (SD) is the most common chromosopathy and the most frequent genetic cause of intellectual disability and genetic malformations in the world. Advances in the methods of diagnosis and treatment of this syndrome are increasing the life expectancy of these people, however, it's important to start a podiatric evaluation to ensure the optimal development and growth of these children. This study has been designed to assess the type of foot that children between 0 and 16 years of age have base on the evidence and trying to facilitate its application in practice.

Material and methods: The purpose is to carry out clinical and exploratory test to quantify the position adopted by the foot (neutral, pronated or supinated) in a static position through the Foot Posture Index (FPI) method; make pedigraphs that represent the type of footprint and analyze them with Hernández-Corvo method; observe footfall on a platform to examine the distribution of plantar pressures; analyze the gait or crawl cycle to determinate the typical characteristics of children with Down Syndrome and assess whether there is a relationship between obesity, hypermobility and the type of foot they present.

**Keywords:** Down syndrome – Children – Feet- Anomalies

## RESUM

El Síndrome de Down (SD) és la cromosomopatia més comuna i la causa genètica més freqüent de discapacitat intel·lectual i malformacions genètiques en el món. Els avanços en els mètodes de diagnòstic i tractament d'aquest síndrome estan augmentant l'esperança de vida d'aquestes persones, no obstant això, és important començar una valoració podològica per a assegurar el desenvolupament i creixement òptim d'aquests xiquets. Aquest estudi ha sigut dissenyat per a valorar el tipus de peu que tenen els xiquets de 0 a 16 anys basant-se en l'evidència i tractant de facilitar la seua aplicació en la pràctica.

Material i mètodes: La finalitat és realitzar proves clíniques i exploratòries per a quantificar la posició que adopta el peu (neutra, pronada o supinada) en posició estàtica a través del mètode Foot Posture Index (FPI); realitzar pedigrafies que representen el tipus de petjada plantar i analitzar-les amb el mètode Hernández-Corvo; observar la petjada en una plataforma per a examinar la distribució de les pressions plantars; analitzar el cicle de la marxa o gateig per a determinar les característiques típiques de xiquets/es amb Síndrome de Down i valorar si existeix relació entre l'obesitat, l'hiperlaxitud i el tipus de peu que presenten.

**Paraules clau:** Síndrome de Down – Xiquets/as – Peus – Anomalies

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. Introducción.....	12
2. Marco teórico	
2.1. Definición.....	14
2.2. Datos estadísticos .....	18
2.3. Diagnóstico.....	19
2.4. Aspectos biomédicos y generales.....	20
2.5. Características... ..	21
2.6. Descripción general de la marcha .....	24
2.7. Pruebas... ..	33
3. Hipótesis y objetivos de la investigación	
3.1. Hipótesis.....	45
3.2. Objetivos... ..	45
4. Material y métodos	
4.1. Diseño del estudio. ....	46
4.2. Ámbito y población a estudio.....	46
4.3. Criterios de selección... ..	47
4.4. Cuestiones éticas... ..	47
5. Procedimiento del estudio .....	49
5.1. Instrumentos de medición y variables a estudio.....	50
6. Cronograma... ..	53

7. Recursos necesarios	
7.1. Recursos humanos.....	54
7.2. Recursos económicos.....	54
7.3. Recursos materiales.....	54
8. Análisis de datos	
8.1. Análisis descriptivo....	55
8.2. Análisis de las variables asociadas con el tipo de pie.....	55
9. Limitaciones del estudio.....	56
10. Resultados esperados....	57
11. Bibliografía.....	58
12. Anexos	
1. Curvas del Índice de Masa Corporal .....	61
2. Comité de Ética, compromiso de confidencialidad .....	63
3. Consentimiento informado .....	66
4. Dossier informativo.....	68
5. Hoja de registro podológica.....	69

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- **Ilustración 1:** Cariotipo humano normal... 14
- **Ilustración 2:** Cariotipo de una mujer con Síndrome de Down... 15
- **Ilustración 3:** Grados de pie plano... 23
- **Ilustración 4:** Diagramas de apoyo en el ciclo de la marcha... 25
- **Ilustración 5:** Longitud de un paso... 25
- **Ilustración 6:** Ejemplos de estilo de ganeo... 27
- **Ilustración 7:** Fases de la marcha humana ... 28
- **Ilustración 8:** Fase de balanceo u oscilación... 30
- **Ilustración 9:** Ciclo de la marcha en niño ... 31
- **Ilustración 10:** Genu valgo/varo en un niño... 33
- **Ilustración 11:** Protocolo Hernández-Corvo ... 34
- **Ilustración 12:** Protocolo Hernández-Corvo ... 35
- **Ilustración 13:** Variables medidas en huella plantar con el método Hernández-Corvo ... 36
- **Ilustración 14:** Parámetros a medir en Test de Beighton... 39
- **Ilustración 15:** Baropodometría en paciente con pie plano... 41
- **Ilustración 16:** Información obtenida con equipo de presurometría Biofoot... 42

## ÍNDICE DE TABLAS

- **Tabla 1:** Tipo de pie según porcentaje en el método Hernández-Corvo... .....35
- **Tabla 2:** Criterios de valoración método Rosa-Querol..... 40
- **Tabla 3:** Puntos de corte del IMC en adultos..... 43
- **Tabla 4:** Puntos de corte del IMC en niños..... 43
- **Tabla 5:** Cronograma del estudio..... 53

## RELACIÓN DE ABREVIATURAS

- **SD:** Síndrome de Down.
- **Hsa21:** Cromosoma humano 21.
- **EEII:** Extremidades Inferiores.
- **HAV:** Hallux Abductus Valgus.
- **MMSS:** Miembros superiores.
- **FPI:** Foot Posture Index.
- **MMII:** Miembros inferiores.
- **PP:** Pie plano.
- **AP:** Antepié.
- **MP:** Mediopié.
- **RP:** Retropié.
- **TPA:** Tibioperoneastragalina.
- **DDC:** Displasia del desarrollo de la cadera.
- **RI:** Rotación interna.
- **RE:** Rotación externa.
- **IMC:** Índice de masa corporal.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **SNC:** Sistema nervioso central.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Síndrome de Down (SD) o trisomía 21, es un trastorno cromosómico caracterizado por contener material genético extra en el par 21, contiene tres cromosomas en lugar de los dos que existen habitualmente.<sup>3</sup>

El diagnóstico suele darse entre las semanas 14 – 24 de gestación y es importante destacar que durante el embarazo no hay nada que contribuya a que se produzca esta anomalía. Lo más probable es que se desarrolle debido a factores hereditarios, como que la madre esté afectada o que la edad de esta supere los 35 años en el momento del embarazo.<sup>4</sup> Cuanto antes se diagnostique el Síndrome de Down, antes se podrá comenzar a realizar una intervención multidisciplinar.

La trisomía 21 supone una mayor incidencia para la aparición de un conjunto de enfermedades y desarrollan un proceso de envejecimiento acelerado.<sup>11</sup> Además, presentan características fisiológicas, conductuales y anatómicas particulares.<sup>9</sup>

Este trabajo va orientado a detectar anomalías en los niños/as con Síndrome de Down: generalmente, se caracterizan por presentar pies planos y tenerlos más cortos y anchos y esos factores pueden estar relacionados o ir acompañados de factores etiológicos o relacionados con el género, el peso, la hiperlaxitud articular, hipotonía muscular y/o hipoplasia cerebelosa. Todos ellos, influyen en la adquisición de la motricidad y el control postural.<sup>14</sup>

La adquisición de la marcha depende del grado de hipotonía, hiperlaxitud y alteración neurológica.<sup>17</sup> La hiperlaxitud les altera la capacidad de controlar la postura, el equilibrio y la estabilidad, afectando a la bipedestación, el apoyo y la marcha. Por eso, los niños/as con Síndrome de Down adquieren la alineación postural y la marcha más tarde que los niños/as que no tienen discapacidad intelectual.<sup>14</sup>

Esta revisión y la propuesta de un estudio piloto se ha realizado con la intención de medir las variables del análisis de la marcha, del tipo de pie que presentan y de la huella plantar, de la presencia o no de hiperlaxitud, la distribución de presiones plantares sobre la plataforma y el índice de masa corporal.

La necesidad de crearlo nace de identificar las alteraciones del desarrollo en el pie de niños/as de 0 a 16 años que padecen Síndrome de Down. Es importante la necesidad de

innovación en cuanto a técnicas de aplicación de Atención Temprana en niños/as con Síndrome de Down.

Para evaluar clínicamente el tipo de pisada que tiene el paciente, se lleva a cabo una pedigrafía, donde se proyecta la huella plantar y se identifica el tipo de pie que tiene el paciente; se analiza con el método Hernández–Corvo para poder detectar posibles anomalías, factores de riesgo y/o lesiones en el pie.

Se describen el ciclo de la marcha y el gateo para analizar y determinar los patrones y características típicas que tienen los niños/as con Síndrome de Down.

Se realiza el Foot Posture Index (FPI) con la finalidad de analizar si el niño/a presenta un pie pronado, neutro o supinado. Este método valora 6 ítems y a cada uno de ellos se les da un valor que oscila entre -2 y +2; siendo 0 la posición neutra del pie, -2 la máxima supinación y +2 la máxima pronación.<sup>27,28</sup>

Por otro lado, se debe valorar la presencia o no de hiperlaxitud articular; para ello se describen el test de Beighton y el método de Rotes Querol valorando 9 y 10 criterios respectivamente

Otra herramienta clave en la exploración es el análisis de las presiones plantares sobre una plataforma en la cual se observa la pisada y se examina la distribución de las mismas.

Por último, se describe el Índice de Masa Corporal (IMC) y los percentiles para observar si existe relación con el pie plano y la hiperlaxitud.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Definición.

Los seres humanos contienen 23 pares de cromosomas, es decir, un total de 46 cromosomas.

El cariotipo se divide en 22 pares de cromosomas que van numerados por su tamaño y se denominan pares autosómicos y un único par (el 23) es el cromosoma sexual o heterocromosoma. En él las mujeres contienen dos copias del cromosoma X (XX) y los hombres un cromosoma X y otro Y (XY).

Cada progenitor contribuye con un cromosoma de su par de autosomas y uno del par sexual, de tal forma que la descendencia obtiene la mitad de los cromosomas de su padre y la mitad de la madre.<sup>1</sup>

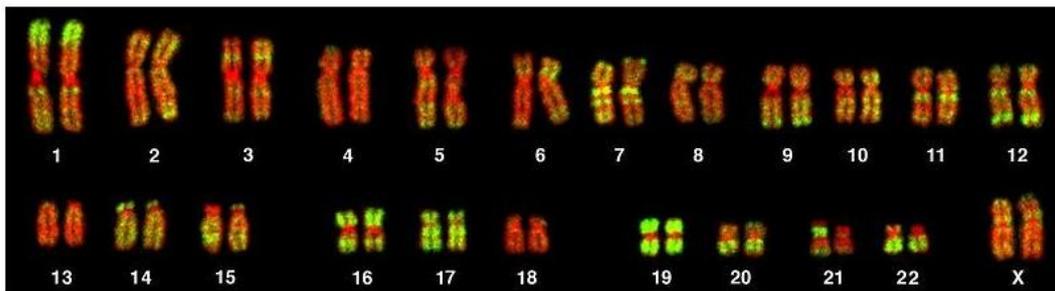


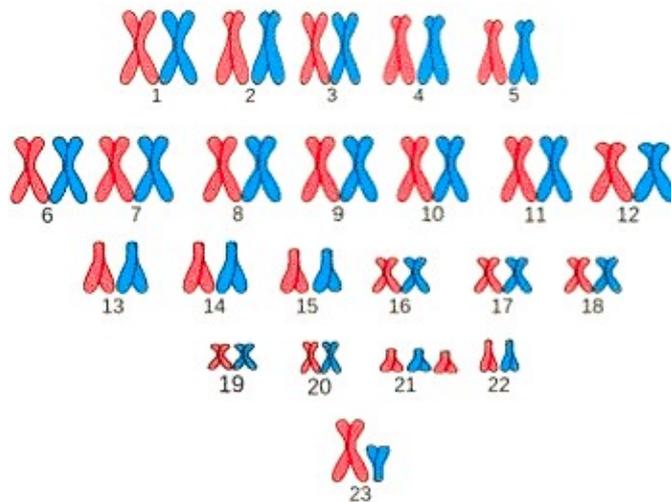
Ilustración 1. Cariotipo humano normal.

Tolosa A. Cromosomas: Qué son los cromosomas y por qué son importantes [Internet].  
El blog de Genopatía; 2021.

Existen alteraciones genéticas que poseen en su núcleo un cromosoma extra, es decir, 47 cromosomas en lugar de 46.<sup>1</sup>

El Síndrome de Down fue descrito por primera vez en 1866 por el Dr. John Langdon Down, que lo identificó y descubrió refiriéndose a él como un determinado tipo de retraso mental o mongolismo; pero no fue hasta el año 1959 que un genetista francés, Jerome Lejeune, descubrió que se trataba de una anomalía congénita en la cual, las personas con Síndrome de Down contenían material genético extra.<sup>2</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el Síndrome de Down (SD) como: “Alteración genética causada por la existencia de material genético extra en el cromosoma 21 que se traduce en discapacidad intelectual”. Es un trastorno cromosómico caracterizado por contener tres cromosomas (totalidad o parte de una tercera copia) en el par 21 en vez de los dos que existen habitualmente; por ello, también esta discapacidad se conoce como trisomía 21.<sup>3</sup>



**Ilustración 2. Cariotipo de una mujer con Síndrome de Down.**

DownCiclopedia. El cromosoma 21. Downciclopedia.org 2010.

Se asocia que el SD puede ser debido a 3 posibles causas:

- Que el cromosoma 21 no se separe durante la gametogénesis (lo que da como resultado un cromosoma adicional).
- Que se produzca un isocromosoma, que se origina cuando los brazos largos del cromosoma se separan juntos en vez de que el brazo corto y largo se separen durante el desarrollo del óvulo y el espermatozoide.
- Que se produzca una translocación Robertsoniana donde el brazo largo se encuentra unido a otro cromosoma (generalmente al 14). Esta última, ocurre solo en el 2-4% de los casos.<sup>3</sup>

Cabe destacar que durante el embarazo no hay nada que favorezca a que se produzca esta anomalía. Podría deberse a factores externos (como procesos infecciosos, exposición a radiaciones, agentes químicos que determinen mutaciones genéticas o a deficiencias vitamínicas, entre otros). Pero lo más probable es que se desarrolle debido a factores hereditarios, como que la madre esté afectada o que la edad de esta supere 35 años en el momento del embarazo.<sup>4</sup>

La trisomía 21 está causada, en un 90% de los casos, por errores de segregación cromosómica (se produce la no disyunción del óvulo en un 93% de los casos, originando un reparto anómalo de los cromosomas durante la meiosis). Una de las dos células recibe un cromosoma extra, y la otra, un cromosoma menos (esto ocurre en el par 21, los demás se distribuyen correctamente).<sup>5</sup> Además, se establece relación directa con la edad materna en el momento de la concepción, el 80% de los casos nacen de madres mayores de 35 años.<sup>6</sup>

Aproximadamente en un 10% de los embarazos se produce una segregación incorrecta de los cromosomas durante las dos divisiones meióticas sucesivas y por tanto, se forman gametos aneuploides (*menor o mayor número de cromosomas debido a la suspensión o duplicación de un cromosoma, respectivamente*) son debido a la no disyunción.

Se estima que alrededor de un 50-80% de estos embarazos se pierden antes de llegar a término. Pero cabe destacar que la trisomía 21 es una de las pocas condiciones aneuploides con supervivencia posnatal.

Si sobreviven, muchos tienen defectos congénitos graves y/o discapacidad intelectual del desarrollo.<sup>7</sup>

Cuanto más temprana es la aparición de la célula trisómica, mayores dificultades presenta el feto. No se habla de grados de Síndrome de Down, sino de clases:

- Trisomía 21: Todas las células tienen 47 cromosomas, contienen un cromosoma de más en el grupo extra, el 21.
- Trisomía 21: Mosaicismo normal, existe una proporción variable de células trisómicas, mientras que son normales las restantes.
- Translocación: El cromosoma 21 se funde con otro cromosoma. Es la más frecuente y se asocia al Síndrome de Down hereditario. <sup>5</sup>

Existen varias hipótesis que plantean cómo la trisomía 21 puede provocar el Síndrome de Down:

La hipótesis principal es “el efecto por dosis génica” que indica la sobreexposición de ciertos genes trisómicos específicos y genes de dosis sensibles en el cromosoma 21 originando de forma directa los rasgos específicos del Síndrome de Down. El nivel de la sobreexposición y el efecto de la misma en un gen pueden variar en función del fondo genético.

Esta hipótesis, se ha ampliado para incluir genes específicos o conjuntos de genes que puedan controlar fenotipos específicos del SD. Lo que conlleva a un desequilibrio genético que proporciona gran impacto en la expresión y regulación de varios genes en todo el genoma, ya que la sobreexposición de genes afecta a niveles de expresión y/o actividad de muchos genes que no pertenecen al cromosoma humano 21 (Hsa21).<sup>4</sup>

La hipótesis de “amplificación de la inestabilidad del desarrollo” expone que el desequilibrio de dosis del cromosoma 21 provoca una perturbación inespecífica de la homeostasis celular. De tal forma que, el grado de disfunción cognitiva guarda relación con el tamaño de la región cromosómica triplicada.

Esta hipótesis produce una disminución de la estabilidad; cuantos más genes estén en trisomía mayor susceptibilidad existe de que se produzcan anomalías en el desarrollo del feto.

Las hipótesis no se excluyen entre ellas y ambas destacan que si un gen está presente en tres copias en lugar de dos, existe un incremento, de un 50% aproximadamente, en la expresión de ese gen; es decir, se produce una sobreexposición.

Hattori et, al en el año 2000 publicó la secuencia prácticamente completa del cromosoma 21 como consecuencia de la investigación del Proyecto Genoma Humano.

Este cromosoma mostró tener una composición de 33,5 millones de pares de bases de ADN en su brazo largo y 285 mil en su brazo corto, siendo ligeramente más largo que el cromosoma 22. Se calcularon la existencia de 225 genes.

En la actualidad, tras realizar una investigación y realizar técnicas con un análisis más preciso, se ha incrementado el cálculo de genes del cromosoma 21; identificándose 364 genes y modelos de genes.<sup>4</sup>

## **2.2 Datos estadísticos.**

Se conoce que el Síndrome de Down es la causa genética más frecuente de discapacidad intelectual y malformaciones genéticas.

La incidencia del Síndrome de Down a nivel mundial es de 1 por cada 1.100 nacidos vivos (World Health Organization- WHO, 2018).

En España, existe una disminución significativa de nacimientos de niños/as con Síndrome de Down, los datos actuales, han pasado a ser de 0,6 por cada 1000 mil nacimientos. (Vargas, Martín, Conmty, & Fernández, 2018; Sánchez, 2011).

Según los datos del National Down Syndrome Cytogenetic Register el 80% de las concepciones con trisomía 21 abortan espontáneamente, entre las 12 semanas de gestación y el término.

El American Congress of Obstetricians and Gynecologist (ACOG) y la Society of Maternal-Fetal Medicine (SMFM) recomiendan la realización de pruebas de cribado y diagnóstico de aneuploidías durante el primer trimestre.<sup>8,9</sup>

Los registros españoles más actualizados se encuentran en el II Plan de Acción para personas con Síndrome de Down en España, realizados por Down España (2009-2013).

En ese plan, se exponen los registros demográficos recogidos en el Estudio Colaborativo Español de Malformaciones Congénitas junto con la Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y Situaciones de dependencia que se realizó en el año 2008.

El aumento de la esperanza de vida en personas con Síndrome de Down. En el año 1999 el 10,8% de la población con SD superaba los 45 años, en el año 2008 un 13,6% la superaba. Este hecho, destaca la integración de las personas con Síndrome de Down, apostando cada vez más por su autonomía e independencia.<sup>8,9</sup>

### 2.3 Diagnóstico.

El diagnóstico de este Síndrome suele darse entre las semanas 14 y 24 de gestación a través de una ecografía. Sin embargo, existen otras herramientas de diagnóstico como la amniocentesis y la muestra de vellosidades coriónicas (CVSO), pero existe entre 0,5-1% de riesgo de abortos espontáneos tras la realización de esas pruebas. Por ello, se han desarrollado otros métodos prenatales como el FISH (hibridación in situ fluorescente) o el QF-PCR (reacción en cadena de la polimerasa de fluorescencia cuantitativa) para la detección rápida de la trisomía 21 durante la vida fetal y tras el nacimiento.

El FISH es método diagnóstico más empleado, consta de núcleos en interfase utilizando sondas específicas de Hsa21 o todo el Hsa21.

En cambio, con el método QF-PCR se determinan la presencia de 3 alelos diferentes mediante el uso de marcadores polimórficos de ADN. Los fragmentos individuales de ADN libre de células circulantes (fetales y maternas) se amplifican en condiciones de dilución limitante y el número total de amplificaciones del cromosoma 21 (contribuciones maternas fetales).

El ADN libre de las células corresponde entre el 5-10% del ADN total en plasma materno, este aumenta durante la gestación y se elimina tras el parto.

Los marcadores informativos y la presencia de ADN determinan el éxito de este método. Se ha identificado que hasta un 86.7% de los casos puede detectar la trisomía.<sup>4,10</sup>

La tasa de test invasivos ha ido disminuyendo desde el año 2012; los investigadores están tratando de desarrollar métodos diagnósticos prenatales no invasivos basados en la genética, los cuales se basan en la existencia de células fetales presentes en sangre materna y presencia de ADN fetal libre de células (también llamado cfDNA: “cell-free DNA”); el test, es apropiado para mujeres embarazadas de un solo feto y que presenten alto riesgo (en la ecografía muestran signos de riesgo de aneuploidía o tiene antecedentes de hijos con trisomía).

Es un test que no está validado pero tiene una excelente sensibilidad, detecta el 98-99% de los embarazos con hijos que presentan SD y menos del 1% da como resultado un test positivo.<sup>9</sup>

#### **2.4 Aspectos biomédicos y generales.**

El Síndrome de Down afecta diferentes sistemas y presenta características fisiológicas, conductuales y anatómicas particulares. La esperanza de vida de las personas con SD ha aumentado, en la actualidad, se aproxima a los 60 años alcanzando mejor estado de salud y mayor autonomía personal.

Las diversas condiciones clínicas asociadas al Síndrome de Down conllevan a problemas fisiológicos y de la salud del individuo; también afectan a la deficiencia mental, acelerando el proceso de envejecimiento e incluso desarrollando demencia.

Las personas que lo padecen presentan rasgos faciales característicos y signos y síntomas muy variados, aunque las características físicas son muy similares o están asociadas, no son iguales en todos. Una de las características distintivas del Síndrome de Down es la variabilidad en la forma en la que la afecta a las personas.<sup>11</sup>

Presentan características físicas típicas de la trisomía 21 como son: cabeza más pequeña, evidenciando la parte trasera de ésta que es prominente, nariz pequeña y con la parte superior aplanada, ojos sesgados, orejas pequeñas y de implantación baja, boca pequeña, manos y pies son pequeños y con los dedos más cortos, entre otras.<sup>9</sup>

Es importante destacar que el Síndrome de Down supone una mayor incidencia para la aparición de un conjunto de enfermedades, pueden sufrir defectos cardíacos (40-50% de los recién nacidos con Síndrome de Down los sufren), convulsiones, alteraciones de la conducta y trastornos psiquiátricos, anomalías del tracto gastrointestinal, trastornos hematológicos, endocrinos, musculoesqueléticos, neurológicos, sensoriales, anomalías visuales y auditivas.

Estas alteraciones se han explicado fundamentalmente por cambios en la forma y cantidad de las neuronas, cambios en el tamaño del cerebro, trastornos de la maduración del sistema nervioso central (SNC), y por procesos fisiopatológicos del sistema nervioso como trastornos en la regulación de la apoptosis neuronal, sobreexpresión de genes que

codifican la proteína precursora beta-amiloide y los procesos que conducen a una disminución en la liberación de neurotransmisores.

Los cambios patológicos en el tamaño del cerebro y en el número de neuronas, los procesos fisiopatológicos y los trastornos de maduración del SNC producen retrasos en el desarrollo motor, mayoritariamente a partir del 6º mes de vida. Por ello, cuanto antes se realice el diagnóstico del Síndrome de Down, antes se podrá comenzar a realizar una intervención multidisciplinar.<sup>11</sup>

## **2.5 Características morfológicas.**

Las personas con SD pueden presentar deformidades ortopédicas tales como la escoliosis toracogénica o inestabilidad atlantoaxoidea (IAA), que consta del incremento de movilidad de 1º y 2º vértebras cervicales.

Es importante destacar las alteraciones que pueden presentar en extremidades inferiores (EEII), a nivel de la cadera-pierna tales como rotación externa de cadera y/o tibia, subluxación o luxación de la cadera, deslizamiento de la epífisis femoral, displasia acetabular (70%) provocando una distribución anormal de la cadera, osteonecrosis, inestabilidad patelar o Enfermedad de Legg-Calvé-Perthes donde existe una necrosis de la cabeza femoral que limita el rango de movimiento de la cadera.

También pueden presentar anomalías en la estructura del pie como: Hallux abductus □algas (HAV), pie plano, Hallux varus, mayor espacio entre 1 y 2º dedo, sindactilia, clinodactilia, supraductus del 5º, metatarso aductus y metatarsianos más cortos.<sup>12,13</sup>

No todos los pacientes con SD presentan las mismas anomalías. Pueden estar relacionadas o ir acompañadas de factores etiológicos o factores como el género, el peso, hiperlaxitud articular, hipotonía muscular y/o hipoplasia cerebelosa.

La hiperlaxitud que presentan afecta a la capacidad de controlar la postura, al equilibrio y la estabilidad, afectando a la bipedestación, la marcha e incluso el apoyo realizando movimientos voluntarios de cabeza, tronco y extremidades. Estas características influyen en la adquisición de la motricidad y el control postural.<sup>14</sup>

La posición del pie implica mecanismos de integración motora y sensorial que garantizan un buen equilibrio en bipedestación y por tanto, también en la deambulacion.<sup>13</sup>

La capacidad de mantenerse erguidos se desarrolla tras adquirir la alineación postural entre cabeza-tronco-cadera; los niños sin ninguna discapacidad la alcanzan a partir de los 9-10 meses, en cambio, los niños/as con Síndrome de Down suelen alcanzarla entre los 3-6 años.

Los niños/as con un desarrollo típico aprenden a caminar durante el primer año de vida. Sin embargo, los niños/as con Síndrome de Down adquieren la marcha a partir de los 2-3 años <sup>15</sup>; mostrando los mismos patrones motores que los niños/as con desarrollo normal, pero tardando más en adquirirlos y los mejorándolos con la práctica. <sup>14</sup>

En niños/as, es fundamental el diagnóstico temprano de la inestabilidad de cadera previo al inicio de la bipedestación para poder realizar el abordaje terapéutico y así evitar la luxación de cadera espontánea, ya que cuando se luxa, existe mayor inestabilidad y suele ser más difícil revertir su evolución y la finalidad del tratamiento es la cirugía.

Si existe inestabilidad, se deben realizar programas de bipedestación que proporcionen una alineación adecuada. Los programas, ayudan a generar actividad muscular en miembros superiores (MMSS) y pelvis, contrarrestan la inestabilidad ligamentosa, promueven la remodelación del fémur y ayudan al desarrollo acetabular, preparando así la deambulacion y facilitando que la cabeza femoral coapte con el acetábulo.

Al ejercitar la verticalidad, el niño es capaz de controlar cabeza y tronco consiguiendo un mejor equilibrio, mejorando la estabilidad de la pelvis y miembros inferiores (MMII); todo eso favorece la disminución de la hipotonía muscular y laxitud articular y mantiene la bipedestación facilitando la marcha autónoma.<sup>16</sup>

En los niños/as, la estructura y forma del pie va variando conforme van creciendo; sus pies presentan una estructura inmadura y se encuentran en fase de desarrollo. El pie de un niño se caracteriza por su tejido blando y la disminución del arco longitudinal interno. Generalmente, los niños/as presentan pies planos (PP), y pueden ser flexibles o rígidos.

En cualquier tipo de pie plano, el astrágalo se desplaza hacia adelante, abajo y adentro. Ese movimiento se produce por la laxitud del ligamento interóseo, provocando valguización o pronación del retropié (RP); que se compensa con la supinación de antepié (AP).<sup>18</sup>

El pie plano presenta una estructura normal en descarga y un colapso del arco longitudinal medial en carga. El desarrollo del arco longitudinal interno se lleva a cabo durante la primera década de la vida; a medida que se va desarrollando el ALI, disminuye la prevalencia del pie plano infantil.<sup>19</sup>

En general, los niños/as hasta los 4-5 años presentan pie plano debido al tejido adiposo que protege las estructuras cartilagosas. Se considera que en niños/as de hasta 8 años el pie plano es normal debido a la hiperlaxitud ligamentosa, el aumento del tejido adiposo y a la inmadurez del control neuromuscular. El PP se considera un trastorno genético que afecta a un 70% de las personas con Síndrome de Down.<sup>15</sup> La etiología más habitual en las personas que padecen SD es la hipotonía muscular y la hiperlaxitud ligamentosa, junto con el sobrepeso.<sup>17,18</sup>



**Ilustración 3:** Grados de pie plano.

Chávez D, Mondragón E. Podobarómetro digital. 2015;

Se cree que la deformidad del pie plano flexible mejora con el desarrollo neuromuscular, aumentando la capacidad de mantener el equilibrio y disminuyendo la hiperlaxitud articular.

La adquisición de la marcha es dependiente al grado de hipotonía, hiperlaxitud y alteración neurológica que presente.<sup>17</sup> Esto atribuye trastornos en la marcha; comúnmente los niños/as con Síndrome de Down presentan falta de equilibrio e

inseguridad al caminar, el predominio del tono flexor hace que camine con el tronco hacia delante y por tanto, su centro de gravedad se adelanta. La marcha la realizan con el Ángulo de Fick aumentado y en posición de rotación externa en las EEII. Estas manifestaciones ortopédicas se describen anecdóticamente como “*pie de pato*” o “*andar chaplinesco*”.

La inmadurez neurológica produce inseguridad, no tienen automatizado la elevación del pie al inicio de la fase de apoyo y por ello se producen tropiezos, caídas frecuentes y mayor cansancio. También se caracterizan por tener los pies más cortos y anchos, y por presentar laxitud ligamentosa e hipotonía muscular.<sup>15</sup>

## 2.6 Descripción general de la marcha.

Lamoreux en 1971 definió la marcha como: “*Modo de locomoción que requiere de un aprendizaje y por el cual el cuerpo humano al estar siempre en contacto con el suelo se mueve en posición erguida y se desplaza*”.

La marcha es el proceso de locomoción en posición erguida, donde se llevan a cabo apoyos monopodales y bipodales, realizando el desplazamiento del centro de gravedad del cuerpo hacia delante.<sup>20</sup>

El ciclo de la marcha se define como la secuencia de sucesos que tiene lugar entre dos repeticiones consecutivas del mismo talón en contacto con el suelo. Tomando como origen el contacto del pie derecho, el ciclo termina con el siguiente apoyo del mismo pie. Del mismo modo, el pie izquierdo experimenta la misma serie de acontecimientos que el derecho, pero desplazados en el tiempo por medio ciclo. Para cada pierna, se dividen tres fases: una fase de apoyo, en la cual se encuentra un pie en contacto con el suelo; y una fase de oscilación, en la cual, el pie se encuentra en el aire a la vez que avanza hacia el siguiente apoyo. Las fases de apoyo suponen el 60% de cada ciclo. (Marco-Sanz)<sup>21</sup>

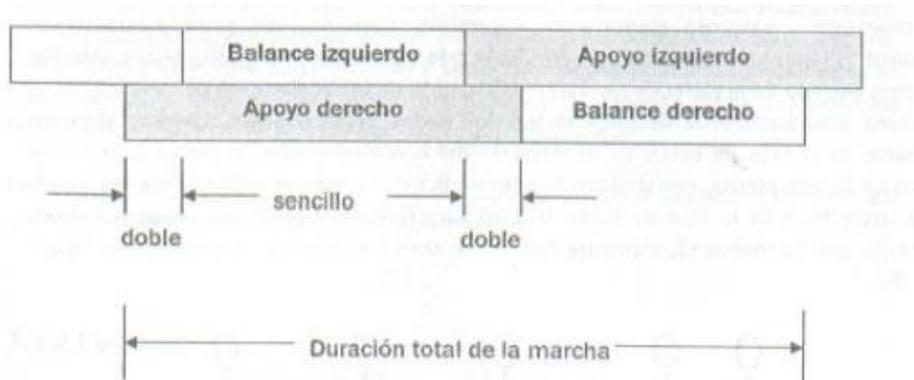
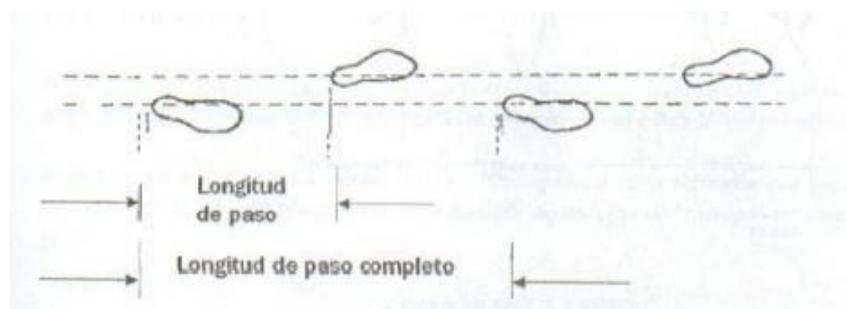


Ilustración 4: Diagramas de apoyo en el ciclo de la marcha.

El ciclo de la marcha comienza con el apoyo del pie que se encuentra más cerca del observador, el cual, recibe el nombre de pie ipsilateral; el pie que se encuentra más lejos del observador se denomina pie contra-lateral. Según Murray (1967) y Bradfor (1987), se considera que el ciclo de la marcha empieza cuando el talón del pie ipsilateral entra en contacto con el suelo y finaliza cuando los dedos del mismo pie dejan de tocarlo. En este periodo, el pie contra-lateral pasa de estar en contacto con el suelo a entrar en la fase de balanceo, para contactar de nuevo con el suelo.<sup>20</sup>

La distancia entre dos apoyos consecutivos del mismo pie se denomina longitud de zancada; si se realizan dos apoyos consecutivos distintos se denomina longitud de paso; el tiempo de paso es el tiempo que transcurre en la consecución de un paso; la cadencia es el número de pasos en un tiempo determinado; la anchura de paso es la separación lateral entre los apoyos de ambos pies, y la velocidad media es el producto de la longitud de zancada por la cadencia. (Marco-Sanz)<sup>21</sup>



**Ilustración 5:** Longitud de un paso.

Chávez D, Mondragón E. Podobarómetro digital. 2015;

Numerosos estudios biomecánicos hacen que el análisis espacio-temporal de la marcha sea fiable para evaluar la actividad física. La marcha, la deambulación y los patrones de movimiento infantiles son marcadores importantes para identificar la discapacidad del desarrollo lo más temprano posible.<sup>20</sup>

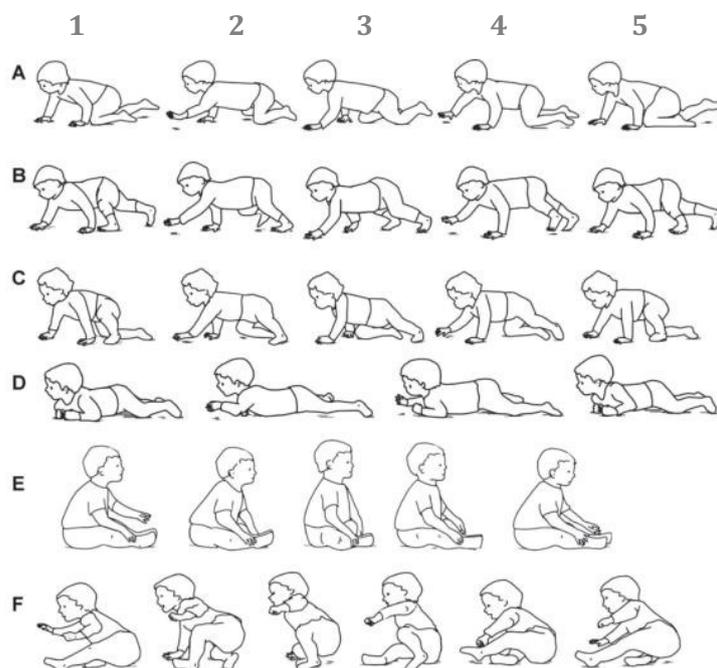
Un recién nacido tiene instinto de rastreo desde el nacimiento, sin embargo, se retrasa la movilidad hasta que los huesos, articulaciones y ligamentos son lo suficientemente fuertes como para proporcionar apoyo y realizar el impulso.

Previo al inicio de la deambulaci3n el beb3, entre los 5 y los 13 meses, se desplaza mediante el gateo, a trav3s de una posici3n cuadr3peda. Este tipo de locomoci3n permite al infante adquirir experiencia y esquemas b3sicos de movimiento como la independencia y la capacidad de exploraci3n permiti3ndoles aprender conceptos espaciales. Esos aspectos, son fundamentales para la maduraci3n y las habilidades motoras, mejorando por tanto el equilibrio.

Se ha demostrado que el desarrollo motor depende del est3mulo que recibe el ni1o a trav3s del entorno familiar: cuanto m3s constante y frecuente es la estimulaci3n, m3s pronto aparecen las habilidades motoras.

La mayor3a, inician la movilidad hacia adelante con arrastre sobre el est3mago, impuls3ndose con manos o piernas sobre el suelo y avanzando hacia adelante en forma de balanceo r3tmico (mano izquierda y rodilla derecha se mueven junto con la mano derecha y rodilla izquierda). Pero, varios estudios explican los diferentes tipos de gateo, ya que no todos los ni1os/as gatean de la misma forma.<sup>22,23</sup>

Patrick SK y col (2012) analizan la biomecánica de los niños/as entre 5 y 13 meses diferenciando de 6 tipos de gateo:



**Ilustración 6:** Ejemplos de los estilos de gateo.

Oldak-Kovalsky B, Oldak-Skvirsky D. Gateo. Revisión de la literatura médica [Internet]. Revista Mexicana de Pediatría; 2015.

**A: Gateo estándar:** Tras realizar el inicio de la fase de apoyo con la pierna izquierda (1ª), brazo izquierdo y pierna derecha se balancean juntos (2ª). Del mismo modo, se reproduce la acción con la pierna derecha (3ª) y posteriormente con brazo derecho y pierna izquierda (4ª). El ciclo se completa al realizar el siguiente movimiento de la pierna izquierda. Cadera y rodilla se extienden durante la fase de apoyo y se flexionan durante la fase de balanceo, alternando las piernas.

**B: Gateo de Oso:** Mismo patrón de apoyo y oscilación que en el gateo estándar, pero el infante inicia la postura con el pie vez de iniciarla con la rodilla (1B).

**C: Mezcla paso a paso/ Rastreador mixto:** Combina los patrones de gateo estándar y de oso. Durante la fase de apoyo, la pierna derecha apoya con la rodilla y la pierna izquierda con el pie (1C). Rodilla y cadera derecha se encuentran en extensión durante la fase de apoyo y se flexionan durante la fase de balanceo. Al contrario que la rodilla izquierda, que flexiona durante la postura y se extiende durante la oscilación.

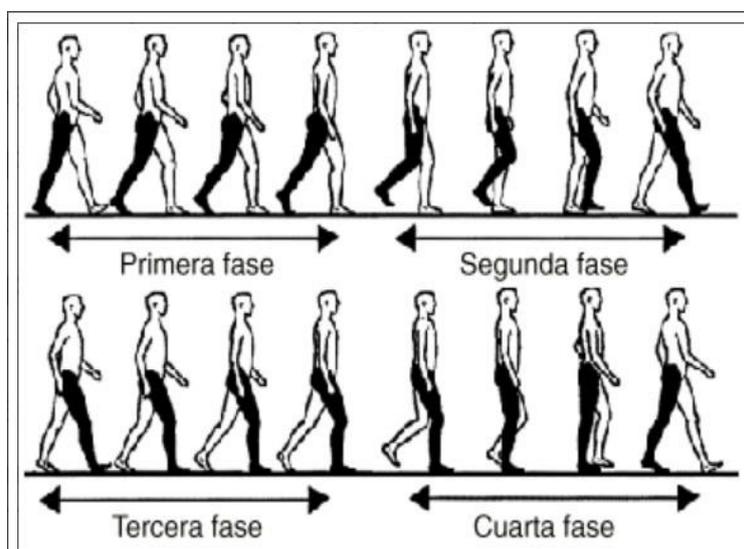
**D: Arrastre, soldado o “pecho en tierra”:** Gatea con el vientre en contacto con el suelo. Mientras brazo izquierdo y pie derecho se balancean, la pierna izquierda se extiende y brazo derecho flexiona para realizar el impulso contra el suelo (1D). El movimiento opuesto se produce en la oscilación del brazo derecho y pierna izquierda (3D), el brazo izquierdo se flexiona y la pierna derecha se extiende.

**E: Gateo sentado o de glúteos:** En la posición de sedestación utiliza la flexión de las piernas para impulsar el cuerpo hacia adelante (2E), no existe fase de oscilación en la que despegue el cuerpo del suelo, pero podría considerarse cuando se produce la extensión de rodillas (1E) para reubicarlas y volver a la postura de sedestación.

**F: Gateo de remo:** El niño inicia el movimiento sentado sobre una pierna. Se balancea hacia adelante con la mano, la rodilla y el pie (1F). Primero oscila la pierna arrodillada y finalmente balancea la extremidad contraria para volver a la postura inicial y repetir el proceso.<sup>23</sup>

El niño adopta y adapta diferentes posturas de gateo hasta que comienza la deambulación. Navas et al (2016), en un estudio de la marcha comprobó que sujetos con Síndrome de Down presentaban la longitud del ciclo de la marcha disminuida, y la velocidad y la cadencia aumentadas, presentaban además asimetría en la longitud y en el ángulo de los pasos.

Se procede a describir un ciclo completo de uno de los dos miembros inferiores, teniendo en cuenta que el miembro inferior contralateral realiza el mismo proceso:



**Ilustración 7:** Fases de la marcha humana.

1. **Fase de apoyo:** Se subdivide en cinco momentos: contacto de talón, instante en el que el talón contacta con el suelo; apoyo plantar se refiere al contacto de la parte anterior del pie con el suelo; apoyo medio cuando el trocánter mayor se alinea verticalmente con el centro del pie desde el plano sagital; elevación del talón, corresponde al momento en que el talón se eleva del suelo y despegue del pie instante que ocurre cuando los dedos se elevan del suelo.<sup>18</sup>

Durante la fase de contacto del pie con el suelo el miembro inferior oscilante ha de medir, frenar y regular la presión hacia delante ya que en esta fase recibe parte del peso del cuerpo.

El pie que contacta con el suelo se encuentra con el tobillo a 0° de grados de flexión y un ligero varo; absorbiendo el choque de talón y frenando la caída de antepié.<sup>24</sup>

Posteriormente, se realiza una flexión plantar rápida llevada a cabo por el tríceps sural, que controla el frenado y sitúa la planta en contacto total con el suelo.

La rodilla se encuentra en flexión de unos 10-20° y rotación externa durante la fase de contacto con el suelo.<sup>25</sup> El cuádriceps limita, frena y dirige la flexión de la rodilla, los músculos isquiotibiales se unen a la acción estabilizadora y contrarrestan la tensión de valgización de la rodilla en el momento de contacto con el suelo. A nivel de la cadera, los movimientos son menos evidentes.<sup>24</sup>

En la fase de apoyo, el miembro inferior apoyado soporta todo el peso del cuerpo, manteniendo el equilibrio en los tres planos y permitiendo la traslación corporal hacia delante.

En el apoyo medio, el pie se encuentra perpendicular a la pierna, retropié está contacto con el suelo, la tibioperoneastragalina (TPA) neutra y la cadera se encuentra en extensión (10-20°).

Se inicia una flexión plantar de 10° acompañada de un movimiento progresivo hacia la pronación del pie y el apoyo completo del mismo. Cuando el pie se encuentra en contacto total con el suelo, el centro de presión del mismo se desplaza de RP hacia AP.

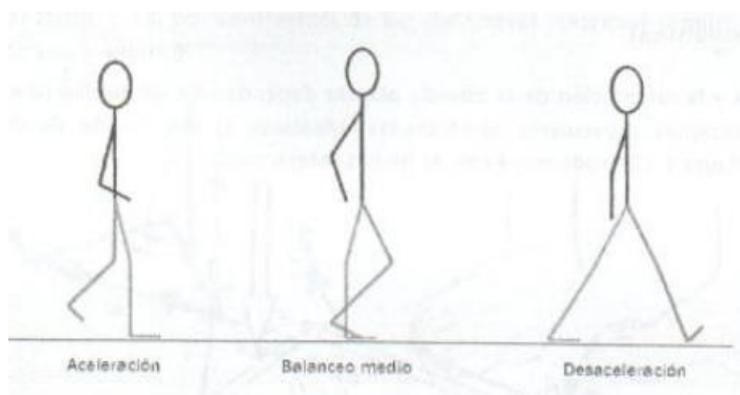
Al final de la fase apoyo, la rodilla se encuentra en extensión y la cadera en rotación interna.<sup>24</sup>

Se produce la elevación del talón y durante la fase de despegue el miembro inferior atrasado se inclina hacia delante, la cadera se encuentra en extensión, la rodilla flexionada y la articulación tibiotarsiana flexionada plantarmente.

El pie se flexiona lentamente (unos 30°) y esta acción se lleva a cabo a través del tríceps sural; se produce una reducción progresiva del apoyo del pie con el suelo, que pasa de un contacto total a un apoyo único de la cabeza del primer metatarsiano. Este último apoyo se mantiene en contacto prolongado con el suelo debido a la acción que ejerce el músculo peroneo lateral largo, músculo responsable también de la posición en valgo que adopta la articulación subastragalina (ASA) al final de esta fase.

En la fase de despegue, la rodilla se encuentra en flexión (unos 135°) debido a la acción del tríceps sural y del glúteo mayor, que se encuentran en la mayor eficacia posible. Como se ha mencionado anteriormente, la cadera se encuentra flexionada y en esta fase, la pelvis pasa de una rotación máxima de 4° a una actitud neutra.<sup>24</sup>

2. **Fase de oscilación:** Puede dividirse en tres momentos: Aceleración intervalo caracterizado por la rápida aceleración del extremo de la pierna se produce inmediatamente después de que los dedos despeguen completamente del suelo; balanceo medio, la pierna que se encuentra en oscilación pasa a la otra pierna, moviéndose delante de la misma, ya que se encuentra en fase de apoyo y desaceleración de la pierna, se mueve rápidamente cuando se acerca al final del intervalo.<sup>18</sup>

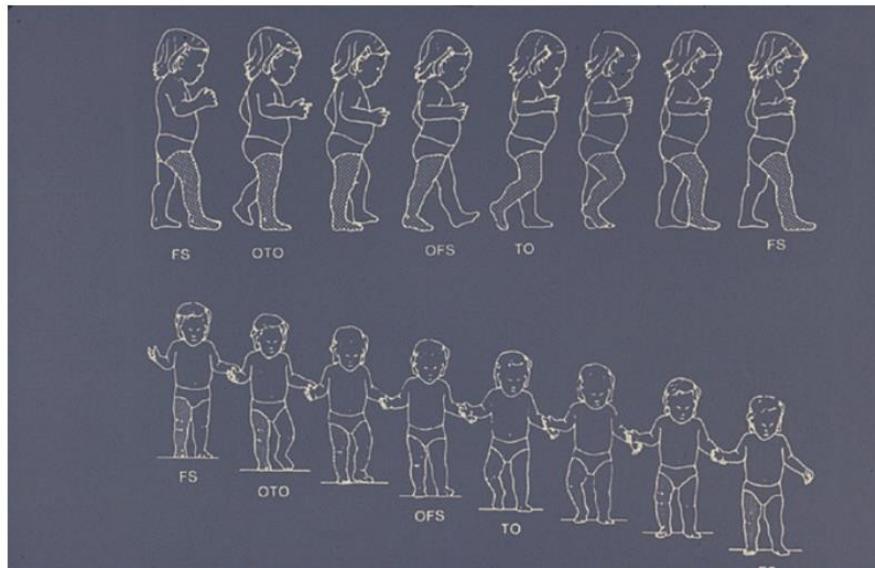


**Ilustración 8:** Fases de balanceo u oscilación.

Durante la fase de oscilación, se produce una flexión de cadera, rodilla y flexión dorsal del tobillo que provocan que el miembro inferior alcance su máxima longitud y se adelante y desplace en el plano sagital; este movimiento se produce en el miembro inferior que durante la fase anterior se encontraba en contacto con el suelo (apoyando únicamente la cabeza del primer metatarsiano). En esta fase, el miembro inferior contralateral es el que sostiene la totalidad del peso corporal.

El pie, que al final de la fase de despegue se encontraba en máxima flexión plantar, eleva su punta debido a la contracción que se produce en los músculos peroneos, tibiales y extensores de los dedos.

En la rodilla se produce una flexión progresiva de la misma que se mantiene hasta que comienza a extenderse al final de esta fase (hasta llegar a una extensión de unos 5°). La cadera que la fase de despegue se encontraba en extensión, durante esta fase, pasa a flexión.<sup>24</sup> La articulación tibioperoneastragalina se encuentra en posición neutra. El miembro inferior se prepara para el próximo contacto inicial.<sup>25</sup>



**Ilustración 9:** Ciclo de la marcha en niño. Visión lateral y frontal.

Cano OM, Vilata I. Valoración del niño con problemas ortopédicos relacionados con la marcha [Internet]. FMC – Formación Médica Continuada en Atención Primaria; 2008.

El centro de gravedad varía durante la marcha, tanto en la vertical como en la horizontal, que dibujan una curva sinusoidal que requiere menor gasto energético. En las fases de doble apoyo, el centro de gravedad se encuentra más bajo, y en las fases de apoyo unilateral más alto. (Villadot, Cohi et al. 1991).

El apoyo plantar, varia en tres formas de contacto entre el pie y el suelo: en la fase de contacto inicial se produce un choque de talón y luego el apoyo de talón y antepié; en el apoyo de antepié, se produce el apoyo del talón, antepié y apoyo fugaz del borde externo; y en la fase propulsiva con el apoyo de antepié y el despegue del antepié finalizando por el primer metatarsiano.

El ciclo de la marcha puede verse influenciado por factores intrínsecos como extrínsecos. Los impactos del pie sobre el suelo aumentan cuando la persona deambula por terrenos duros y suaviza cuando camina por suelos naturales. Las irregularidades en el terreno permiten ejercitar la capacidad de adaptación. (Voloshin and Wosk 1981; Voloshin, Wosh et al. 1981; Nigg and Yeadon 1987; Voloshin 2000).

Desde el punto de vista clínico, es importante observar el patrón de marcha de los niños/as. Las anomalías que presenten pueden deberse a deformidades estructurales de huesos y/o articulaciones, debilidad muscular, trastornos neurológicos y enfermedades en general.<sup>26</sup>

Cadera y rodilla deben valorarse clínicamente ya que pueden producir trastornos en la marcha como por ejemplo, el retraso de la deambulaci3n.

Anomalías en la cadera como la sinovitis transitoria, la enfermedad de Legg-Calvé-Perthes, la epifisiólisis femoral proximal (presenta cojera con RE de la extremidad) y la Displasia del desarrollo de la cadera (DDC). La DDC se describe como luxaci3n, subluxaci3n o displasia congénita de cadera en la cual se realiza la marcha en Trendelemburg, basculando la pelvis hacia el lado afectado de displasia o luxaci3n debido a la insuficiencia de la musculatura glútea cuando el ni3o est3 en fase de apoyo sobre ese miembro.

Se debe valorar clínicamente si existen problemas torsionales. Aproximadamente un 10% de los ni3os/as de 2-5 a3os caminan en rotaci3n interna (RI), con la punta del pie hacia la línnea media del cuerpo, presentando asi el ángulo de Fick disminuido.

La mitad de ellos recuperan espontáneamente.

Si el niño camina en rotación externa (RE), la marcha la realiza con la punta de los pies hacia fuera, presentando un ángulo de Fick aumentado. La RE de cadera es un problema de partes blandas en el que no se ve afectada la retroversión del cuello femoral. Puede prevenirse realizando cambios posturales ya que suele deberse a una contractura de los rotadores externos que puede producirse cuando el niño pasa demasiado tiempo en una posición mantenida en decúbito supino, “posición de rana”.

Los problemas torsionales también pueden afectar a las rodillas, por tanto, se debe valorar un posible varo (rodillas hacia fuera) o valgo (rodillas hacia dentro). Cabe destacar que también puede presentar genu recurvatum (hiperextensión de la/s rodilla/s que simula un valgo de las mismas) o el genu flexum (hiperextensión de la/s rodilla/s que simula un varo de las mismas).<sup>26</sup>



**Ilustración 10:** Genu varo y genu valgo en niño.

Cano OM, Vilata I. Valoración del niño con problemas ortopédicos relacionados con la marcha [Internet]. FMC – Formación Médica Continuada en Atención Primaria; 2008.

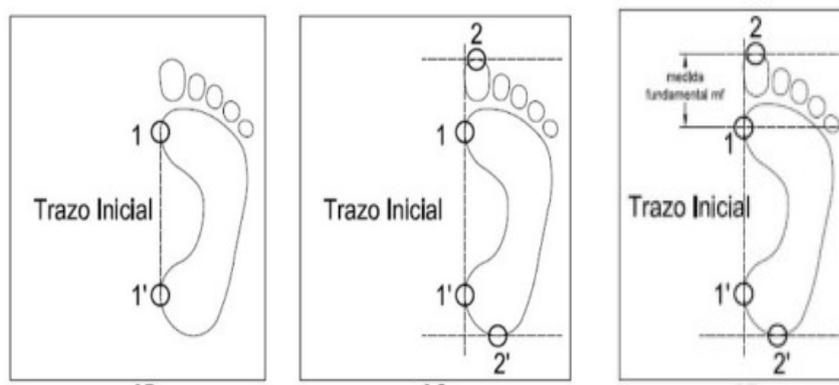
## 2.7 Pruebas.

La obtención de la huella plantar se lleva a cabo mediante una pedigrafía, debe impregnarse de tinta una lámina de caucho y se coloca bajo de ella un folio de papel DIN A4 blanco. El paciente debe permanecer en ángulo y base de marcha y pisar el dispositivo de forma que se plasme la huella sobre el folio.

Sobre la pedigrafía se toman mediciones que aportan información de las distintas partes del pie. Esas mediciones, nos ayudan a orientarnos a cerca del tipo de pie que presenta el paciente/niño. Se valora el apoyo de los dedos (AP), el istmo o mediopié (MP) y el RP.

El método Hernández Corvo se describió en el año 1989. Este método tipifica el pie según las medidas que se realizan en base a la impresión plantar obtenida, clasifica el tipo de pie desde un pie plano hasta un pie cavo extremo.

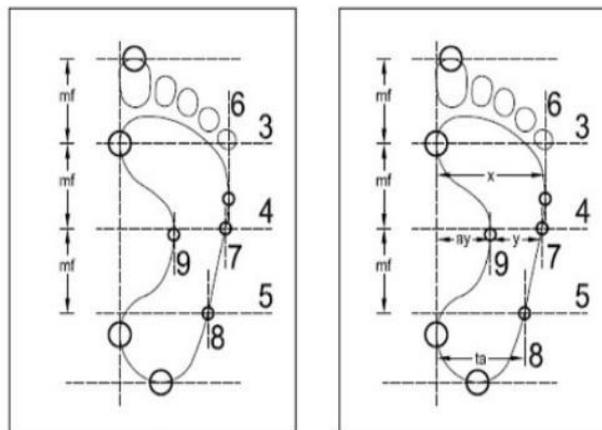
Sobre la impresión de la huella plantar se marcan dos puntos en las prominencias más internas de la huella (1 y 1') y sobre ellos pasa "la línea inicial" uniendo ambos puntos. A continuación, se marcan los puntos en la parte más anterior (incluyendo dedos) y en la más posterior (2 y 2'); por cada uno de ellos pasa una línea perpendicular al trazo inicial. Con una regla se mide la medida fundamental (mf).



**Ilustración 11:** Protocolo de Hernández –Corvo.

Luengas LA, Díaz MF, González JL. Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes [Internet]. Revista de la Facultad de Ingeniería- INGENIUM; 2016.

Pasando por la parte más externa de la huella, se traza una perpendicular a la línea 3. Se traza otra perpendicular a 4 y otra a 5 pasando también por la parte más externa (6,7 y 8 respectivamente). A la distancia entre el trazo inicial y 6 se le atribuye el valor X (ancho del metatarso) y a la distancia entre 7 y 9 se le atribuye el valor Y (arco externo, superficie de apoyo de mediopié).<sup>21,14</sup>



**Ilustración 12:** Protocolo de Hernández –Corvo.

Luengas LA, Díaz MF, González JL. Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes [Internet].  
 Revista de la Facultad de Ingeniería- INGENIUM; 2016.

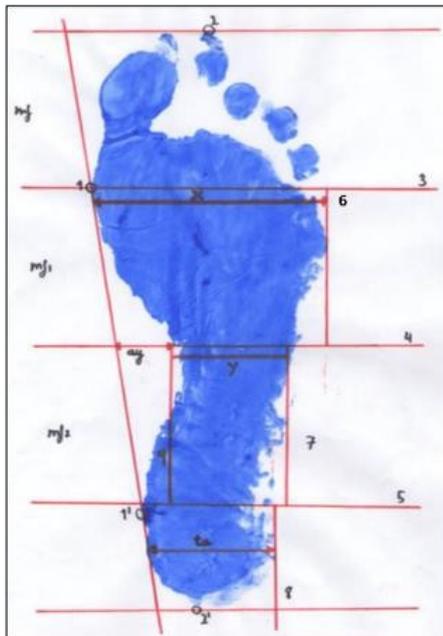
El punto **X** mide el ancho del metatarso. Va desde la línea inicial (entre los puntos 1 y 1') hasta el punto 6, que es la zona más lateral de AP. El punto **Y** mide la superficie de apoyo de MP o arco externo. Se encuentra situada entre los puntos 7 y 9, se valora entre las líneas 4 y 5 tras obtener las medidas fundamentales sobre la línea inicial (1-1').

El valor **ay** es la medida complementaria del arco externo (Y), va desde el punto 7 hasta la línea inicial (1-1'). El valor **ta** mide la amplitud del talón, va desde el punto 8 hasta la línea 1-1. El valor **Lg** mide la longitud total de la pisada, va desde el punto 2 al 2'.<sup>21</sup>

El valor **%X** se traduce en la fórmula  $(X-Y) \cdot 100/X$ . Según el porcentaje obtenido de la ecuación se conoce cuantitativamente el tipo de pie.<sup>21,14</sup>

%X	TIPO DE PIE
0-34	Pie Plano
35-39	Pie plano-normal
40-54	Pie normal
55-59	Pie normal-Cavo
60-74	Pie cavo
75-84	Pie Cavo fuerte
85-100	Pie cavo extremo

Tabla 1: Porcentaje obtenido de la valoración del pie según el índice Hernández-Corvo.



**Ilustración 13:** Variables medidas en la huella plantar con el método Hernández–Corvo.

Moreno, R., J. Siles, et al. Aplicación didáctica para la valoración de un fotopodograma en las clases de Educación Física. "Revista Digital – Buenos Aires, 2010.

Otra prueba fundamental para analizar el tipo de pie que presenta un niño con Síndrome de Down es la realización del Foot Posture Index (FPI). El FPI, lo desarrolló el Dr. Redmon en el año 2005, como una herramienta simple que permite evaluar clínicamente diferentes características de la postura del pie, de forma rápida y fácil, la postura del pie en bipedestación, sin necesidad de técnicas complejas o equipos costosos. Los resultados de la medición son cuantificables y además, aportan información sobre los tres planos del espacio del pie y de los principales segmentos óseos (AP, MP y RP).

La obtención del FPI se debe realizar con el paciente en posición bípeda, relajado y con su ángulo y base de marcha normal, realizando previamente pasos de acomodación sobre el sitio. El FPI se compone de 6 ítems:

1. **Palpación de la cabeza del astrágalo:** Para valorar este ítem, el explorador palpa la cabeza del astrágalo por su cara medial y lateral colocando la mano por la cara anterior del tobillo. Una vez localizados tanto el borde medial como el lateral de la cabeza del astrágalo, el paciente debe realizar movimientos de pronosupinación (inversión-eversión) para localizar fácilmente la estructura anatómica y así poder determinar si la palpamos más por medial o por lateral.

Se asigna un 0 cuando es palpable en ambos lados, un -2 cuando la cabeza del astrágalo solamente se palpa en la cara lateral y un +2 cuando sea palpable en la cara medial pero no en la lateral; en posiciones intermedias se les asignará valores de -1 y +1, respectivamente

2. **Curvatura supra e inframaleolar lateral:** El sujeto se encuentra en posición de bipedestación y desde el plano postero-anterior se localiza en la cara lateral de la pierna la existencia de una curvatura supra e inframaleolar.

Este ítem valora la simetría de las curvas o la existencia de una mayor concavidad en una de ellas. En caso de edema y/o obesidad este ítem no es valorable ya puede inducir a error en la puntuación final.

Se asigna un 0 cuando la posición es neutra (curvaturas similares), un -2 cuando la curvatura inframaleolar es más convexa y un +2 cuando la curvatura inframaleolar sea más cóncava que la supramaleolar; en posiciones intermedias se les asignará valores de -1 y +1, respectivamente

3. **Posición del calcáneo en el plano frontal:** El explorador debe realizar la bisectriz del calcáneo; una vez realizada, se coloca posterior al sujeto y observa si el calcáneo se encuentra valguzado o varizado en función de la posición que adopte la bisectriz del calcáneo respecto al suelo.

Se asigna un 0 para la posición neutra del calcáneo (a 0°), un -2 cuando se estimen más de 5° de inversión y un +2 cuando se estimen más de 5° de eversión; en posiciones intermedias se les asignará valores de -1 y +1, respectivamente.

4. **Prominencia de la región talo-navicular:** El explorador observa el pie desde un plano postero-anterior. En condiciones de normalidad, el borde medial de la articulación astrágalo-escafoidea es recto; sin embargo, cuando el pie pronado aparece una prominencia, y si el pie se encuentra supinado aparece un hundimiento.

Se asigna un 0 en un pie neutro, cuando la región talonavicular es plana, un -2 cuando esté marcada la concavidad y un +2 cuando esté marcada la convexidad; en posiciones intermedias se les asignará valores de -1 y +1, respectivamente.

5. **Congruencia del arco longitudinal interno:** El explorador valora la posición del pie desde el plano sagital, observando la región medial del pie. En esta posición se observa y valora la altura y congruencia del arco longitudinal interno.

Se asigna 0 a una altura de arco “normal”, un -2 a un arco longitudinal interno alto y angulado y un +2 a un arco longitudinal interno con un aplanamiento severo; en posiciones intermedias se les asignará valores de -1 y +1, respectivamente

6. **Abducción/ Adducción del antepié respecto al retropié:** El explorador observa la posición del pie desde una visión posterior, en el eje longitudinal del talón, valorando la visualización de los dedos por medial y lateral.

Se asigna una puntuación 0 cuando en lateral y en medial son igual de visibles, un -2 cuando no se observan los dedos en lateral y un +2 cuando los ves por la parte medial; en posiciones intermedias se les asignará valores de -1 y +1, respectivamente.

Como se ha indicado, a cada uno de los ítems se les da un valor que oscila entre -2 y +2 según el criterio a realizar; siendo 0 la posición neutra del pie, -2 la máxima supinación y +2 la máxima pronación. La puntuación varía de -12 a +12; traduciendo los resultados como:

- Pie supinado: -1 a -4.
- Pie altamente/máximamente supinado: -5 a -12.
- Pie normal: 0 a +5.
- Pie pronado: +6 a +9.
- Pie altamente/máximamente pronado: +10 a +12.<sup>27,28</sup>

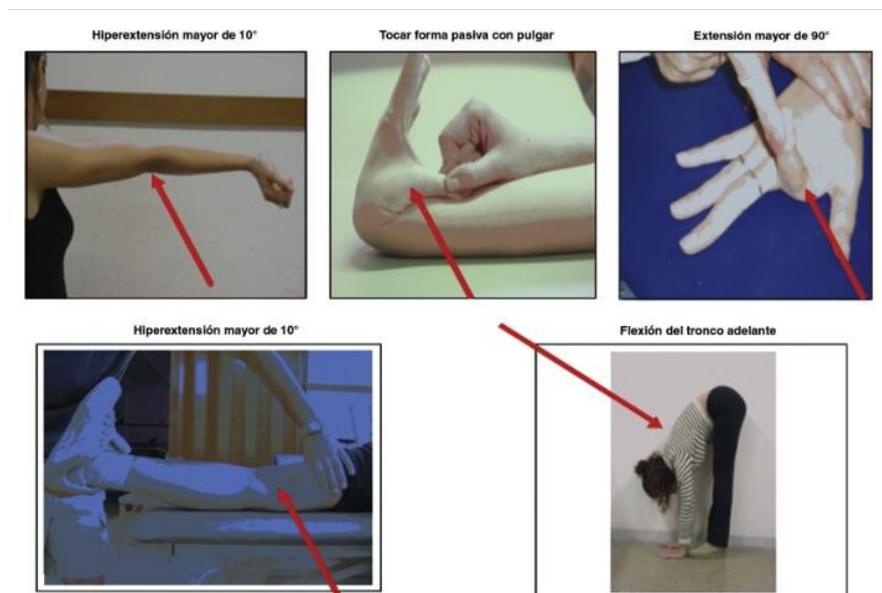
También se debe valorar la presencia o ausencia de hiperlaxitud articular, para ello, se realiza el test de Beighton realizando maniobras no invasivas.

El test de Beighton, tiene evidencia científica en niños/as menores de 8 años. En él, los sujetos se valoran en una escala de 9 puntos, obteniendo más de 4 puntos se considera la presencia de hiperlaxitud articular (Beighton positivo).

Se han de valorar los siguientes criterios, considerando 1 punto por cada sitio hipermóvil y realizando el test de forma bilateral en los ítems 1,2,3 y 4, de manera que, se obtenga una puntuación máxima de 2 puntos por ítem y el ítem 5 puntúe como 1.

1. Hiperextensión de los codos a más de 10°. El brazo explorado debe estar en extensión.
2. Extensión pasiva del dedo índice a más de 90°. La palma de la mano debe estar apoyada para realizar este ítem.
3. El pulgar debe tocar de forma pasiva el antebrazo, manteniendo la muñeca flexionada.
4. Hiperextensión pasiva de las rodillas 10° o más con el sujeto en decúbito supino.
5. Flexión del tronco hacia delante intentando tocar el suelo con las palmas de las manos, sin doblar las rodillas.<sup>29,30</sup>

Los ítems 1,2,3 y 4 se valoran de forma bilateral, con lo que se obtiene una puntuación máxima de 2 puntos por ítem.



**Ilustración 14:** Parámetros a valorar en el test de Beighton.

Zurita F, Ruiz L, Martínez A, Fernández M, Rodríguez C, López R. Hiperlaxitud ligamentosa (test de Beighton) en la población escolar de 8 a 12 años de la provincia de Granada. ClinicalKey; 2010.

Se puede realizar también la valoración de la hiperlaxitud articular según los 10 criterios que describe el Dr. Jaime Rotes Querol:

<b>Grados de laxitud</b>	<b>1-14 años</b>	<b>15 años o más</b>
Hiperextensión del codo	10°	5°
Hiperextensión de la rodilla	5°	5°
Ángulo metacarpo-falángico	100°	90°
Flexión palmar del pulgar	0°	0°
Abducción simultánea de caderas	95°	90°
Ángulo metatarsofalángico	100°	90°
Rotaciones cervicales	90°	85°
Hipermovilidad lumbar subjetiva	SI	SI
Tocar el suelo estando de pie	PUÑO	PUÑO
Rotación externa de hombro	90°	85°

Tabla 2: Criterios de hiperlaxitud ligamentosa según el método Rotes Querol.

Dependiendo del número de pruebas que den positivo, la hiperlaxitud articular se diferencia en 4 grados diferentes:

- **Grado 1:** De 0 a 2 maniobras son positivas.
- **Grado 2:** De 3 a 5 maniobras son positivas.
- **Grado 3:** De 6 a 8 maniobras son positivas.
- **Grado 4:** De 8 a 10 maniobras son positivas.

Se considera que cuando el sujeto supera el grado 2 presenta hiperlaxitud articular patológica.<sup>31</sup>

El estudio de distribución de las presiones plantares se describió en el año 1986 por Piero Galazzo y se realiza con el registro electrónico de la baropodometría; también conocido como plataforma de presiones.<sup>32</sup>

Este análisis permite conocer en tiempo real, durante el desarrollo del paso, las presiones que se ejercen en cada uno de los puntos de la superficie plantar que está en contacto con el suelo, tanto en dinámica como en estática.

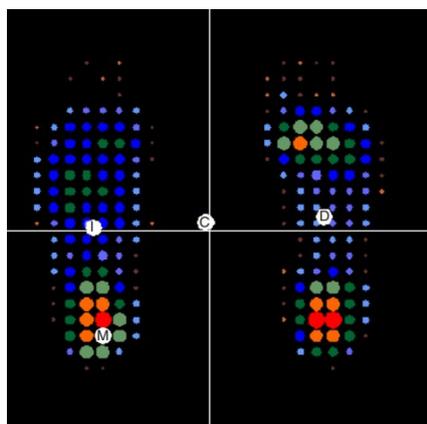
En fase estática, registra la huella plantar, se definen los puntos máximos de presión y como se reparten las cargas entre antepié y retropié.

En fase dinámica, registra los datos relativos al pie durante el desarrollo normal de un paso. Se registra la secuencia de un paso, analizando la superficie apoyo, la presión máxima ejercida durante el desarrollo del paso, la velocidad de movimiento en cada fase y la fuerza ejercida por el peso en las fases de apoyo e impulso.

Permite analizar la distribución de las presiones plantares obteniendo una imagen digital con distintos colores que proporciona el valor de la presión. La fotobaropodometría, obtiene información precisa y permite detectar cualquier alteración en la distribución de las presiones plantares y evalúa el déficit funcional del pie.

La gráfica donde se analiza, se considera normal si el tercio posterior del pie se adelanta y se desplaza en dirección del V metatarsiano y posteriormente sobre IV, III, II y I respectivamente. Cualquier alteración de este patrón, se considera un proceso patológico.

La ventaja de este método es que no es invasivo, es un método repetible y cuantificable. Puede ir acompañado de métodos cinemáticos (vídeo) para estudiar la marcha desde el punto de vista cinético y realizar un análisis más completo. La baropodometría es una herramienta diagnóstica y terapéutica que junto a otros estudios y pruebas puede ayudar a prevenir lesiones e instaurar el tratamiento lo más pronto posible.<sup>32,33</sup>

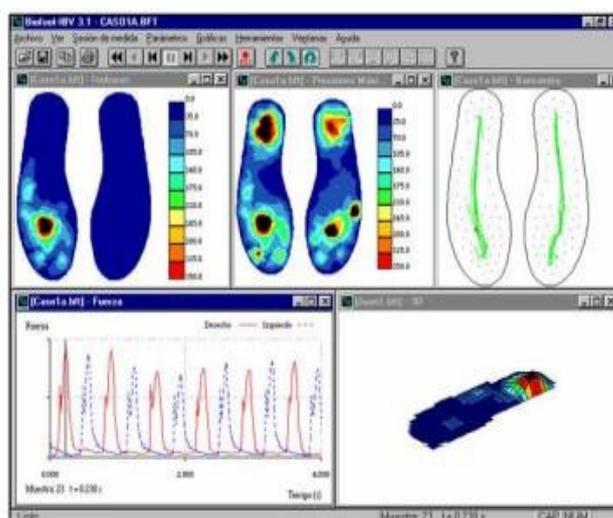


**Ilustración 15:** Baropodometría de un paciente con pie plano.

Hurtado A. Uso de baropodometría. Aartemisa, 2006

Martinez-Nova et al. Y estudios posteriores, señalan que Biofoot es un sistema de plantillas instrumentadas que miden y analizan la presión de la planta del pie (con calzado y con movimiento), consta de una plantilla flexible que contiene sensores sensibles a la presión.

Biofoot se aplica para el diagnóstico de patologías del pie (pie cavo o pie plano), para valorar distintas posibilidades de actuaciones terapéuticas, para diseñar ortesis plantares, para el diseño y evaluación del calzado, para el estudio del movimiento humano y para la optimización y el análisis del gasto deportivo.



**Ilustración 16:** Información obtenida con el equipo de presurometría Biofoot.

Instituto de Biomecánica de Valencia, 2004.

Este sistema obtiene diferentes tipos de gráficas: gráficas que representan las presiones ejercidas sobre las plantillas, mediante superficies coloreadas; gráficas de la distribución de presiones en un instante determinado se representa en tres dimensiones; gráficas de baricentro que representan la evolución temporal del centro de presiones de los pies; gráficas que proporcionan la evolución temporal de la fuerza total aplicada por pie; gráficas de presiones máximas que proyectan una imagen plana de la distribución de las presiones registradas en un intervalo de tiempo.<sup>21</sup>

El Síndrome de Down está relacionado con la obesidad. Por ello, para poder indicar si los niños/as presentan sobrepeso se debe realizar el Índice de Masa Corporal (IMC).

La OMS define el IMC como: “Un indicador de la relación entre el peso y la talla que puede utilizarse para identificar el sobrepeso y la obesidad”. Se calcula fácilmente, es simple e independiente de la edad y la población de referencia. Pero, posee desventajas como que varía con la edad y el género y que no es una herramienta válida para evaluar la grasa corporal porque no distingue entre masa grasa y masa libre en grasa.<sup>34,35</sup>

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Altura (m)}^2}$$

DEFINICION	MEDIDAS
Bajo peso	< 18.5
Normal	18.5 – 24.9
Pre-obesidad o Sobrepeso	25.0 – 29.9
Obesidad	30.0 – 34.9
Obesidad marcada	35.0 39.9
Obesidad mórbida	> 40.0

Tabla 3: Puntos de corte del IMC en adultos establecidos por la OMS 2022.

En la menores de 4 años el IMC es impreciso. Por ello, el clínico debe vigilar la ganancia ponderal del peso del niño/a, prestando atención a aquel que incremente más de tres kilogramos en un año en etapa prepuberal. En edad pediátrica (en niños/as mayores de 2 años), el IMC se calcula a través de “las curvas del IMC” que se distinguen según el sexo (ANEXO 1).<sup>35</sup>

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Altura (m)}^2}$$

DEFINICION	MEDIDAS (Percentil)
Bajo peso	< 5
Peso adecuado	5- 85
Sobrepeso	85 – 95
Obesidad	95 – 99
Obesidad marcada	< 99

Tabla 4: Puntos de corte del IMC en niños establecidos por la OMS 2022.

Los sujetos a estudio deben pesarse, con el mínimo de ropa y sin zapatos, en una báscula digital. Y la estatura, se obtiene con un metro fijo colocado en una superficie vertical.

### **3. HIPOTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Hipótesis.**

Los sujetos con Síndrome de Down presentes en el estudio tienen una mayor prevalencia de anomalías en los pies y esta, podría explicarse por el aumento de peso y laxitud articular.

Además, las deformidades que presentan en los pies que influyen en los patrones de marcha y gateo de los niños/as con Síndrome de Down.

#### **3.2 Objetivos.**

Tras observar las consideraciones mencionadas anteriormente, y ante la necesidad clínica, se estableció como objetivo principal de este estudio:

- Analizar y clasificar las lesiones más frecuentes del pie en niños/as con Síndrome de Down.

Se establecieron objetivos secundarios:

- Cuantificar el grado de posición neutra, pronada o supinada del pie en posición estática con el método “Foot Posture Index”.
- Valorar si existe relación entre la obesidad, la hiperlaxitud articular y el tipo de pie a través del Índice de Masa Corporal.
- Analizar, medir y clasificar la huella plantar mediante el índice podológico Hernández-Corvo.
- Estudiar las diferentes presiones plantares ejercidas mediante el sistema de plataforma de presiones Biofoot en niños/as con Síndrome de Down.
- Determinar los parámetros que tienen los niños/as con Síndrome de Down en la marcha y el gateo.

## **4. MATERIAL Y MÉTODO**

### **4.1 Diseño del estudio.**

Este estudio consiste en un estudio transversal, retrospectivo y descriptivo. Se lleva a cabo un estudio observacional/experimental, aleatorizado y controlado.

La investigación constará de 3 fases. En la primera parte, se llevará a cabo un estudio de los diferentes centros que en ellos asistan niños/as con Síndrome de Down en Valencia y se solicitará el permiso a uno de estos centros para poder captar a los participantes. La segunda parte será la realización de las pruebas exploratorias para poder recoger los datos. Y en la última fase, se recopilarán y analizarán.

### **4.2 Ámbito y población a estudio.**

Esta investigación se realizará en la provincia de Valencia, siendo la población de estudio los niños/as de 0 a 16 años con Síndrome de Down.

Para llevar a cabo el estudio, se realizará una búsqueda de centros y asociaciones que contaran con niños/as con Síndrome de Down. Finalmente, se contactará con Asociación ASINDOWN de Valencia para participar en él por las características que ofrecen a todas las personas que pertenecen a la asociación. ASINDOWN cuenta con dos centros mixtos donde se realizan asistencias de día.

El centro ubicado en la Calle Josep María Bayarri, 6 de Valencia lleva a cabo distintos programas, actividades y servicios facilitando su bienestar y potenciando la inclusión en el entorno social, educativo y familiar; este centro, abarca tanto la atención temprana (0 a 16 años) como la etapa educativa (4 a 18 años).

El centro que se sitúa en la Calle Alejandro Volta, 2 de Valencia está dirigido a la etapa adulta (18 años en adelante); en él, facilitan el acceso al mercado socio-laboral y potencian aquellas habilidades y destrezas que faciliten la inclusión a través de programas dirigidos a personas con diversidad funcional.

En ASINDOWN, trabajan para conseguir el desarrollo integral de las personas con Síndrome de Down y otras discapacidades intelectuales y favorecen la inserción de

todos ellos, independientemente de la edad y de las condiciones de cada uno. Por ello, se escogerá este centro para desarrollar el proyecto.

La captación se realizará en el centro de ASINDOWN en Valencia. Se informará a los padres/madres o tutores legales que acudan al centro y, se les invitará a participar de forma anónima y voluntaria.

#### **4.3 Criterios de selección.**

Para poder acotar la muestra, se tomarán como criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de selección de los participantes:

- Que el niño/a tenga Síndrome de Down y su edad sea entre 0 y 16 años.
- Que el niño/a pertenezca a la Asociación ASINDOWN de Valencia.
- Condición física que permita caminar sin equipo ortopédico.
- Que los padres/madres o tutores legales hayan firmado el consentimiento informado.

Los participantes fueron excluidos si:

- Sus padres, madres o tutores legales no firmen el consentimiento informado/ o lo revoquen.
- Si el sujeto a estudio presenta otra discapacidad intelectual que no sea Síndrome de Down.
- El sujeto con Síndrome de Down tenga edad superior a los 16 años.
- Si no pertenece a la asociación ASINDOWN de Valencia.

#### **4.4 Cuestiones éticas.**

Tras la declaración de Helsinki de 1964, todos los estudios, que conlleven investigación con seres humanos, deben desarrollarse siguiendo los principios éticos recogidos en ella.

Para realizar este estudio, se informará al equipo directivo de ASINDOWN sobre el estudio de investigación que se desea realizar, solicitando su colaboración y participación en el mismo.

Se solicitará la autorización al Comité de Ética de la Universidad de Valencia (ANEXO 2). En él, constará que en todo momento se mantiene el anonimato de forma que, la identificación de los sujetos no pueda ser reidentificada; para poder producirse de forma anónima, se asignará un número correlativo a las exploraciones que se van realizando.

Para la realización del estudio, los padres/madres o tutores legales serán informados, por el investigador principal de las pruebas exploratorias que se van a realizar, de forma oral y escrita, entregándoles documentación sobre el estudio y el consentimiento informado (ANEXO 3). El consentimiento informado, indica a los padres, madres o tutores legales de los participantes en el estudio las normas de privacidad y protección de datos. Respetando así la Ley orgánica 3/2018, 5 de diciembre, de Protección de datos de Carácter Personal y garantía de los derechos digitales y la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica para que los participantes puedan revocar el consentimiento y abandonar el estudio cuando crean conveniente.

Por último, los padres, madres o tutores legales deberán firmar el consentimiento informado, de esa manera aceptarán la colaboración en el estudio. Los datos serán confidenciales y solo los/as investigadores/as del estudio los conocerán.

## 5. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

Este estudio se realizará analizando las lesiones más frecuentes del pie en niños/as con Síndrome de Down mediante la realización de exploraciones biomecánicas y podológicas.

Las exploraciones se llevarán a cabo en un aula de la asociación ASINDOWN de Valencia. Se informará con un dossier informativo en el cual se les indicará a los padres/madres o tutores legales quien va a realizar las exploraciones, cual es la intención en todas ellas, que días se van a realizar y como tienen que acudir sus hijos/as. De esta manera, se informa del estudio y pueden tomar la decisión libremente de que sus hijos/as participen en él. (ANEXO 4)

La hoja de registro (ANEXO 5) se pasará previa a la realización de las exploraciones y la rellenará la investigadora principal realizando las preguntas pertinentes a los padres/madres o tutores legales.

El estudio constará de 3 fases que se realizarán a lo largo de 6 meses. La distribución y descripción del estudio, se detalla a continuación.

**1º Fase:** Solicitud de permisos y captación de los participantes en el centro ASINDOWN de Valencia. Evaluación inicial.

- 1º Parte: En esta fase se piden los permisos correspondientes y la colaboración del centro seleccionado (ASINDOWN). Se realiza la organización de los recursos disponibles y los materiales necesarios para la puesta en marcha del estudio. Esta parte tendrá duración aproximada de dos semanas.
- 2º Parte: Se lleva a cabo en el aula que nos proporcione en su propio centro ASINDOWN. Allí, se realizará la captación de los pacientes indicándoles en que consiste el estudio y realizando las exploraciones durante 2 meses. Previo al inicio de las exploraciones, se les pedirá que firmen el consentimiento informado de tal forma que quede aceptada la participación en el estudio.
- 3º Parte: Una vez informados los padres, madres o tutores legales y aceptada la participación en el estudio, se continuará con las preguntas para completar la

hoja de registro (ANEXO 5). Con este se conocerán datos de los participantes relevantes para el estudio.

**2º Fase:** Realización de las pruebas exploratorias, recogida de datos y realización de bases de datos.

En esta fase, la investigadora principal realizará tanto las exploraciones biomecánicas como las podológicas; los datos obtenidos se anotarán en la hoja de registro (ANEXO 5). Este periodo tendrá una duración 2 meses, se realizarán paralelamente a las partes 2 y 3 de la 1º Fase.

Se deberán analizar los resultados y la recopilación de los datos se almacenará en una base de datos para su posterior análisis.

**3º Fase:** Análisis de datos y resultados.

Se analizarán los datos obtenidos en las hojas de registro. Se observará el tipo de pie que presenta un/a niño/a con Síndrome de Down, la presencia de hiperlaxitud en relación al tipo de pie que presentan y las características típicas del patrón de marcha en niños/as con Síndrome de Down.

Se utilizará el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para analizar los datos. Una vez obtenido el análisis estadístico, se publicarán los resultados obtenidos a la asociación ASINDOWN y se realizará un póster informativo para que los padres/madres o tutores legales puedan acceder a la información extraída de las exploraciones.

Este proceso del estudio tendrá un periodo de 3 meses.

### **5.1 Instrumentos de medición y variables a estudio.**

Los instrumentos de medición de este estudio se recogerán en las hojas de registro, elaboradas por la investigadora principal. Para su elaboración se ha tenido en cuenta la información de otros estudios relacionados con las lesiones típicas del pie que presentan los niños con Síndrome de Down, así como las variables que quieren conseguirse con este estudio.

Las variables recogidas en el estudio son:

- Edad, sexo, peso y estatura, número de pie, pie neutro, pie pronado, pie supinado y pie plano.
- Si presenta relación el tipo de pie que presentan con la hiperlaxitud ligamentosa.
- Puede existir la posibilidad que alguno de los participantes indique alguna observación que se considere importante.
- Puntos de máxima presión.

En la hoja de registro que se ha elaborado con el título “Hoja de registro podológica” (ANEXO 5) se recogen datos relacionados con los participantes.

La hoja de registro podológica se completará siempre por la misma exploradora ya que será la que realice las exploraciones, asegurando así la utilización de la misma técnica en la realización de las pruebas y en la adquisición de datos, siguiendo el mismo criterio de evaluación para evitar errores. Cumplimentar la hoja conllevará unos 15 minutos aproximadamente.

Una vez completados todos los datos de la hoja de registro, se trasladarán los datos a la base de datos con todas las variables.

Variables demográficas:

- Edad.
- Sexo.
- Número de pie.
- Peso.
- Estatura.
- Fórmula digital

Variables del participante:

- Si ha acudido alguna vez al podólogo.
- Presencia de patología/s ungueales.
- Tipo de autonomía.
- Actividad que realice.

VARIABLES RELACIONADAS CON EL TIPO DE PIE QUE PRESENTA:

- Neutro.
- Pronado.
- Supinado.
- Cavo.
- Plano.

VARIABLES RECOGIDAS EN EL SISTEMA BIOFOOT:

- **Tiempo de apoyo (TA):** Duración del contacto del pie con el suelo, se expresa en segundos.
- **Cadencia (CA):** Velocidad de marcha expresada en número de pasos por minuto.
- **Presión máxima (P<sub>MAX</sub>):** Valor máximo de presión en una zona analizada, se expresa en KiloPascales (kPa).
- **Inicio del apoyo (TIAP):** Instante en el que se inicia el contacto durante la fase de apoyo, se expresa en porcentaje de tiempo en relación a la duración total de la pisada.
- **Fin de apoyo (TFAP):** Instante en que finaliza el contacto durante la fase de apoyo, se expresa en porcentaje de tiempo en relación a la duración de la pisada.
- **Máximo de la presión media (P<sub>MMAX</sub>):** Máximo valor de presión media de la zona analizada, se expresa en kPa.
- **Tiempo del máximo de la presión media (TP<sub>MMAX</sub>):** Instante de la fase de apoyo en el cual se produce el máximo de la presión media, se expresa en porcentaje de tiempo en relación a la duración total de la pisada.
- **Integral de la presión media (IPM):** Se describe como área bajo de la curva e indica la presión que se está aplicando en esa área en un periodo concreto de tiempo.

## 6. CRONOGRAMA

FASES		1º MES	2º MES	3º MES	4º MES	5º MES	6º MES
1ª FASE	<b>1ª Parte.</b>						
	Permisos y coordinación de centros.						
	<b>2ª Parte.</b>						
	Captación y consentimientos						
	<b>3ª Parte.</b>						
	Cumplimentación de cuestionario.						
2ª FASE	Realización de las pruebas exploratorias, recogida de datos y realización de bases de datos.						
3ª FASE	Análisis de los datos. Publicación de resultados.						

Tabla 5: Cronograma del estudio. Elaboración propia.

## **7. RECURSOS NECESARIOS**

### **7.1 Recursos humanos.**

Raquel Ponce Bosch es la investigadora principal y M<sup>o</sup> Montserrat Alcahuz Griñán es la segunda investigadora.

Las investigadoras se encargarán de obtener los permisos necesarios para la puesta en marcha del estudio, de informar a los padres, madres o tutores legales de que trata y presentar la documentación pertinente en caso de que la Asociación ASINDOWN la solicite.

La investigadora principal será la que lleve a cabo las exploraciones para asegurar la realización de las mismas y la adquisición y el análisis de los datos. Y la segunda investigadora, ayudará en la realización de las pruebas.

### **7.2 Recursos económicos.**

Serán necesarios un pedígrafo y la plataforma de presiones, además de los distintos sistemas informáticos (Biofoot y SPSS); todos ellos serán cedidos por la Universidad de Valencia.

### **7.3 Recursos materiales.**

La captación y las exploraciones de los participantes se realizarán en un aula del centro de atención temprana de ASINDOWN en Valencia.

Cada persona incluida en el estudio, tendrá un dossier en el cual se incluyan los documentos de ese paciente (hoja de registro podológico y pedigrafía). El consentimiento informado no se incluirá en esa carpeta ya que se entrega a la directiva de ASINDOWN para mantener el anonimato de los sujetos a estudio.

Ordenador para el registro de los datos obtenidos, el análisis y la realización del informe de los datos obtenidos.

## **8. ANALISIS DE DATOS**

Tras realizar las exploraciones, la investigadora principal y responsable del estudio introducirá las respuestas obtenidas de la hoja de registro podológico en la base de datos; una vez incluidos, se procederá a su análisis.

### **8.1 Análisis descriptivo.**

Se realizará el análisis descriptivo de las variables cuantitativas y cualitativas del estudio. Para las variables cuantitativas se calcularán las medidas de dispersión (desviación típica y rango intercuartílico) y tendencia de los datos del estudio (moda, media o mediana); para las variables cualitativas se obtendrán las frecuencias y los porcentajes.

Para averiguar si existen diferencias en el tipo de pie según la edad, se calcularán las frecuencias y porcentajes según la edad del sujeto a estudio.

### **8.2 Análisis de las variables asociadas con el tipo de pie.**

Para evaluar la relación entre el tipo de pie que presentan los niños/as con Síndrome de Down y las variables sociodemográficas, de la peso y la presencia de hiperlaxitud se realizará mediante el test Chi-cuadrado para medir las variables cualitativas y T-Student para medir las variables cuantitativas.

Este análisis se llevará a cabo con el programa SPSS 24 con la licencia obtenida de la Universidad de Valencia.

## **9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Una de las limitaciones del estudio puede ser la duración del mismo

La reclutación de los pacientes con síndrome de Down puede ser una limitación debido a la escasa participación o a la falta de compromiso por parte de los padres/madres o tutores legales con el estudio, ambas puede hacer que se pierdan datos o que la muestra de participantes sea pequeña.

También es necesario señalar que este estudio se ha realizado únicamente en población infantil con edades comprendidas entre 0 y 16 años, sin incluir adolescentes ni personas mayores, por lo que los resultados solo podrían generalizarse a ese grupo de edad.

Por otra parte, el estudio puede presentar sesgo de participación ya que en ASINDOWN hay niños/as con discapacidades mentales que no Síndrome de Down y por tanto, quedan excluidos del estudio.

## **10. RESULTADOS ESPERADOS**

Tras la recogida de datos y su posterior análisis se espera que los objetivos planteados se cumplan; si eso sucediera, se verificaría la eficacia de la investigación realizada.

Esto confirmaría que se deben estudiar las lesiones más frecuentes del pie en niños/as con Síndrome de Down para mejorar la calidad de vida de estos. Con el estudio, se analizaría si existe relación entre la obesidad, la hiperlaxitud y el tipo de pie que presentan y se establecería un patrón de marcha y un protocolo de actuación frente a pacientes con Síndrome de Down.

En el caso de que los resultados sean estadísticamente significativos y destacaran aspectos que no tienen gran evidencia científica, se plantearían nuevos estudios para prevenir los factores de riesgo y evitar complicaciones en el desarrollo de las lesiones. Además, abordarían nuevas estrategias terapéuticas para mejorar la calidad de vida asistencial y el bienestar de los niños/as junto al equipo multidisciplinar.

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. ¿Cuántos cromosomas tienen las personas? MedlinePlus. (22 de noviembre de 2022).<https://medlineplus.gov/spanish/genetica/entender/basica/cuantoscromosomas/#:~:text=En%20los%20seres%20humanos%2C%20normalmente,diferentes%20entre%20hombres%20y%20mujeres>
2. Holmes G. Gastrointestinal disorders in Down syndrome. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench.* 2014;7(1):6–8.
3. United Nations. Día Mundial del Síndrome de Down. <https://www.un.org/es/observances/down-syndrome-day>
4. Asim A, Kumar A, Muthuswamy S, Jain S, Agarwal S. Down síndrome: an insight of the disease. *Journal of biomedical science.* 2015; 22(1):41.
5. Fernández AD. Aspectos generales sobre el Síndrome de Down. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad.* 2016;2(1):33–38.
6. Kaminker P, Armando R. Síndrome de Down: primera parte: enfoque clínico-genético. *Archivos Argentinos Pediatría.* 2008;106(3):249–59.
7. Chernus JM, Allen EG, Zeng Z, Hoffman ER, Hassold TJ, Feingold E, et al. A candidate gene analysis and GWAS for genes associated with maternal nondisjunction of chromosome 21. *PLoS Genet.* 2019;15(12).
8. Robles-Bello, & Sanchez-Teruel. Intervención temprana en Síndrome de Down: Una revisión sistemática. *Edu.co.* 2018.
9. Kathryn J, Louise E. Have we done our last amniocentesis? Updates on cell-free DNA for Down syndrome screening. *Pediatric Radiology.* Winter 18;48:461–470.
10. Akhtar F, Bokhari SRA. Down Syndrome. In: *StatPearls.* StatPearls Publishing; 2021.
11. Malak R, Kostiukow A, Krawczyk-Wasielewska A, Mojs E, Samborski W. Delays in motor development in children with Down syndrome. *Med Sci Monit.* 2015;21:1904–10.
12. Guzman EE, Gutierrez LB, Miranda SE. Postural control in children, adolescents and adults with Down syndrome. *International Medical Review.* 2016;21(1):12–6.

13. de Santos-Moreno MG, Macias-Merlo ML, Gómez-Torrón A. Programas de bipedestación para la prevención de la displasia de cadera en niños con síndrome de Down. *Fisioter (Madr, Ed, impresa)*. 2017;39(6):229–35.
14. Luengas LA, Díaz MF, González JL. Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes. *Ingenium Rev fac ing*. 2016;17(34):147–61.
15. Gutiérrez L, Massó N, Rey F, Costa L, Guerra M. Estudio comparativo de las huellas plantares en jóvenes con síndrome de Down. *Rev médica int sobre Síndr Down*. 2015;19(3):36–42.
16. Gonzalez C, Fernandez U, Mosquera A, Balboa V, Garcia MT, Seijo R, et al. Concordance between pressure platform and pedigraph. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(12):2322.
17. Ueki Y, Sakuma E, Wada I. Pathology and management of flexible flat foot in children. *J Orthop Sci*. 2019;24(1):9–13.
18. Chávez D, Mondragón E. Podobarómetro digital. (Tesis doctoral). Instituto politécnico nacional. 2015.
19. Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *J Foot Ankle Res*. 2018;11:21.
20. Martínez JP, Suarez R, Menéndez F. El síndrome de hiperlaxitud articular en la práctica clínica diaria. *Rev cuba reumatol*. 2013; 15 (1): 36-40.
21. Alcahuz M. Influencia de la gestación en la huella plantar (Tesis doctoral). Universitat de Valencia. 2016.
22. Hernández M, Sánchez ME, Villanueva D, Pérez JC. Modelo dinámico para valoración del gateo. *Medigraphic*. 2016;28(1–2):28–32.
23. Oldak-Kovalsky B, Oldak-Skvirsky D. Gateo. Revisión de la literatura médica. *Revista Mexicana de Pediatría* . 2015;82 (4): 144-148.
24. Martín A, Calvo JL, Orejuela J, Barbero FJ, Sánchez C. Fases de la marcha humana. *Rev iberoam fisioter kinesiol*. 1999;2(1):44–9.
25. Dedieu P. Anatomía y fisiología de la marcha humana. EMC- Podología. 2020;22(3):1–15.
26. Rodriguez OM, Vilata I. Valoración del niño con problemas ortopédicos relacionados con la marcha. *Formación Médica Continuada en Atención Primaria*. 2008;15 (2): 70-80.

27. Leyda R, Orejana AM, Garrido JJF. Determinación de los factores predisponentes de la enfermedad de Sever. *Rev esp podol.* 2019;30(1):9.
28. Abad E, Térmens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture Index. *El peu.* 2011;31 (4): 190-197.
29. Riveros J, González MI, Rivas A, Roa P, Ramírez M, Ramírez M, et al. Joint hypermobility determined by the Beighton score in university students. *Rev parag reumatol.* 2019;5(1):8-12.
30. Zurita F, Ruiz L, Martínez A, Fernández M, Rodríguez C, López R. Hiperlaxitud ligamentosa (test de Beighton) en la población escolar de 8 a 12 años de la provincia de Granada. *Elselvier España.* 2010;6(1):5-10.
31. Martínez JP, Suarez R, Menéndez F. El síndrome de hiperlaxitud articular en la práctica clínica diaria. *Rev cuba reumatol.* 2013; 15 (1): 36-40.
32. Martínez A. Valoración del test de Lunge en niños menores de ocho años con o sin ámbitos deportivos, y su relación con la laxitud ligamentosa (Trabajo Final de Grado). Universidad Miguel Hernández 2017;
33. Hurtado A. Uso de la baropodometría. *Artemisa.* 2006; 2 (4).
34. Oleas M, Barahona A, Salazar R. Índice de Masa Corporal y porcentaje de grasa en adultos indígenas ecuatorianos Awa. *Archivos Latinoamericanos.* 2017; 67 (1).
35. Lizardo AE, Díaz A. Sobrepeso y Obesidad Infantil. *Revista Médica Honduras.* 2011; 79 (4): 208-213.





## ANEXO 2:

### COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

#### 1.- INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN.

*El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:*

“ Lesiones podológicas más frecuentes en niños con Síndrome de Down ”.

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprésela, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

**a) *Objetivo del estudio:***

Analizar y clasificar las lesiones más frecuentes de la extremidad inferior en niños con Síndrome de Down.

**b) *Metodología a utilizar para el estudio, tipo de colaboración que se espera de usted y duración de dicha colaboración:***

La recogida de datos de este estudio se realizará de forma individual en la Asociación Asindown de Valencia. El reclutamiento de los pacientes será con cita previa.

El estudio comenzará a realizarse a partir de la fecha de autorización por parte del comité de ética (aproximadamente enero-febrero de 2022) y finalizará en mayo de 2022.

**c) *Posibles molestias y riesgos de su participación en el estudio:***

-No existen riesgos en la intervención.

-Se encuentran beneficios en la intervención, tales como dar a conocer la figura e importancia del podólogo en niños con Síndrome de Down y proponer posibles tratamientos a estos.

**d) Beneficios que se espera obtener con la investigación:**

-Informar y orientar sobre las posibles lesiones del pie que presentan los niños con Síndrome de Down y el rol que tendría el podólogo dentro del equipo multidisciplinar.

**e) Consecuencias de la no participación:**

-El estudio se realiza de forma voluntaria, y podrá retirarse del estudio. Si eso ocurriese, sus datos no se tendrían en cuenta para el estudio.

**f) Posibilidad de retirada en cualquier momento y consecuencias:**

-Usted puede retirarse del proyecto en cualquier momento firmando la revocación del consentimiento que se incluye al final del documento. Su retirada no tendrá ninguna consecuencia negativa para usted, y será aceptada sin problemas por el equipo investigador.

**g) ¿Quién ha financiado el estudio?:** El estudio no necesita financiación

**h) ¿Qué institución lo realiza?:** Se realiza en la Asociación ASINDOWN de Valencia.

**i) Gratuidad por la participación:** Los sujetos de experimentación no obtendrán ninguna compensación económica por la participación en este estudio.

**j) Previsión de uso posterior de los resultados:** El estudio se realiza con fines de investigación y observación.

**k) Equipo investigador:**

-Raquel Ponce Bosch como investigadora principal para poder desarrollar su Trabajo de Fin de Grado.

-Maria Montserrat Alcahuz Griñán como tutora del Trabajo de Fin de Grado.

**l) Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:**

Raquel Ponce Bosch con DNI 2349379-N y número de teléfono 606344654 como investigadora principal.

**m) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.**

**2.- COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.**

**a) Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales:** Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 3/2018, de 5 de diciembre.

- b) ***Medidas para acceder a la información relevante para usted que surjan de la investigación o de los resultados totales:*** Sepa que tiene derecho a acceder a la información generada sobre usted en el estudio. (Detalle, brevemente, las medidas tomadas para acceder a esa información).

La información recogida será obtenida de los test realizados en la exploración:

- Método Foot Posture Index.
- Realización de pedigrafías.
- Análisis de la marcha.
- Índice de masa corporal.
- Estudio de la huella plantar sobre plataforma de presiones.
- Valorar la hiperlaxitud articular.

- c) ***Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado:*** (Inclúyase este párrafo si se trata de un estudio de este tipo: “Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios utilizados en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables”).

Para preservar la confidencialidad se utilizará un número a cada sujeto. Dicho número será asignado de forma correlativa a la participación en el estudio. Siendo el primer participante el “Paciente 1”, el segundo participante el “Paciente 2” y así sucesivamente, de manera que no se identifique al paciente.

En ningún momento se utilizarán datos confidenciales de estos; los consentimientos informados los almacenará la propia asociación.

ANEXO 3:

**DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

En el caso de que el sujeto de experimentación sea mayor de edad:

Don/Doña \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, mayor de edad, titular del DNI : \_\_\_\_\_, por el presente documento manifiesto que:

En el caso de que el sujeto de experimentación sea menor de edad o incapaz de obrar:

Don/Doña \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, mayor de edad, titular del DNI : \_\_\_\_\_,

padre,  madre,  tutor legal de:

\_\_\_\_\_,  
por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado: “Lesiones podológicas más frecuentes en niños con Síndrome de Down”.

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado “información al sujeto de experimentación”, como el apartado 2 titulado “compromiso de confidencialidad”, y he podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio. En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se indican a continuación.

Valencia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

<i>Nombre y apellidos del / de la participante:</i>	<i>Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):</i>	<i>Nombre y apellidos del investigador principal:</i>
Firma:	Firma:	Firma:

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

## REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha \_\_\_\_\_ para participar en el proyecto titulado “ \_\_\_\_\_ ” y, para que así conste, firmo la presente revocación.

En Valencia, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

<i>Nombre y apellidos del / de la participante:</i>	<i>Nombre y apellidos del padre, madre o tutor (en el caso de menores o incapaces):</i>	<i>Nombre y apellidos del investigador principal:</i>
Firma:	Firma:	Firma:

## ¿QUE TIPO DE PIE TIENE TU HIJO/A?

**Raquel Ponce** es una estudiante de 4º de podología de La Universidad de Valencia que quiere realizar su Trabajo de Fin de Grado sobre **“Las lesiones más frecuentes del pie en niños/as de 0 a 16 años con Síndrome de Down”**.

- Con el método Foot Posture Index valorará el tipo de pie.
- Analizará el tipo de huella plantar que presentan.
- Determinará los parámetros que tienen los niños/as con Síndrome de Down en la marcha y en el gateo.
- Valorará si presentan sobrepeso y hiperlaxitud; y establecerá si existe relación con el tipo de pie que presentan.

La intención de este estudio es analizar el tipo de pie que presentan y poder plantear estrategias terapéuticas para mejorar la calidad y el bienestar de los niños/as.

Estará realizando exploraciones los días:

- \_ de \_\_\_\_\_ de \_ a \_ horas.

Los niños/as deberán acudir con la siguiente indumentaria:

- Ropa cómoda.
- Calzado que utilicen habitualmente.



Las exploraciones se realizarán posteriores al Consentimiento Informado.  
El estudio es voluntario, gratuito y anónimo.

ANEXO 5:

HOJA DE REGISTRO PODOLÓGICA

Paciente Nº \_\_\_\_\_.

Edad:	Sexo: <input type="checkbox"/> Mujer. <input type="checkbox"/> Varón. <input type="checkbox"/> Indeterminado.	Nº pie:	Peso:	Estatura:
Patología ungueal:		Autonomía:		
Actividad deportiva:		¿Ha acudido al podólogo? ¿Por qué?		
<p>Fórmula digital:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Pie <b>egipcio</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Pie <b>griego</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Pie <b>cuadrado</b></p>  </div> </div>				

## FOOT POSTURE INDEX

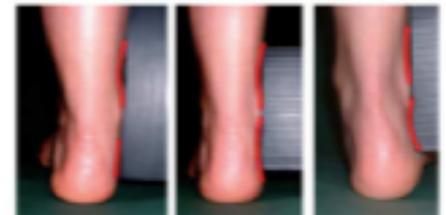
### POSICIÓN DEL CALCÁNEO (LINEA DE HELBING)

-2	-1	0	+1	+2
>5º en inversión (varo)	0-5º en inversión (varo)	Perpendicular al suelo	0-5º en eversión (valgo)	>5º en eversión (valgo)



### CURVATURA SUPRA E INFRA MALEOLAR

-2	-1	0	+1	+2
Infra completax plana o convexa.	Infra ligerax + superficial/plana que supra	Curvatura supra = infra.	Infra + cóncava que supra.	Infra mucho + cóncava que la supra.



\*Si presenta edema valorar con 0.

### PROMINENCIA DE LA REGIÓN TALONAVICULAR

-2	-1	0	+1	+2
Zona completax cóncava	Zona ligerax cóncava	Zona plana	Zona ligerax abultada/convexa	Zona muy convexa.



\*Se valora más distalmente. Entre astrágalo y escafoides.



### PALPACIÓN DE LA CABEZA DEL ASTRÁGALO

-2	-1	0	+1	+2
Se palpa unicax por lado externo	Más palpable por externo que por interno	Igual de palpable por ext que por int.	Más palpable por interno que por externo.	Se palpa unicax por lado interno



\*Localizar cara medial/lateral del astrágalo y determinar por qué lado se palpa más.

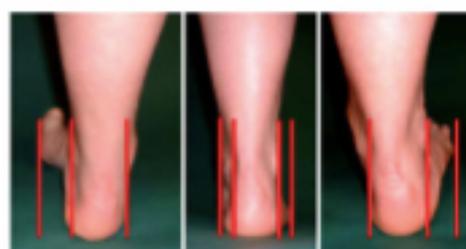
### CONGRUENCIA DEL ARCO LONGITUDINAL INTERNO



-2	-1	0	+1	+2
ALI muy elevado y angulado hacia post	ALI aumentado y ligerax angulado hacia post	Altura ALI normal y congruente	ALI ligex disminuido	ALI muy aplanado y en contacto con el suelo

### ABD/ADD ANTEPIÉ VS RETROPIÉ (TOO MANY TOES)

-2	-1	0	+1	+2
Visibles los dedos mediales	Dedos mediales + visibles que laterales	Dedos laterales y mediales = visibles	Dedos laterales + visibles que mediales	Visibles los dedos laterales



\*Valorar desde detrás.

PUNTUACIÓN TOTAL:

## GRADOS DE LAXITUD

Grados de laxitud	1-14 años	Valor en niño	15 años o más	Valor en niño
Hiperextensión del codo	10°		5°	
Hiperextensión de la rodilla	5°		5°	
Ángulo metacarpo-falángico	100°		90°	
Flexión palmar del pulgar	0°		0°	
Abducción simultánea de caderas	95°		90°	
Ángulo metatarsofalángico	100°		90°	
Rotaciones cervicales	90°		85°	
Hipermovilidad lumbar subjetiva	SI		SI	
Tocar el suelo estando de pie	PUÑO		PUÑO	
Rotación externa de hombro	90°		85°	

**Grado 1:** 0 - 2 maniobras son positivas.

**Grado 3:** 6 - 8 maniobras son positivas.

**Grado 2:** 3- 5 maniobras son positivas.

**Grado 4:** 8-10 maniobras son positivas.

## IMC

$$\text{IMC: } \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Altura (m)}^2}$$

DEFINICION	MEDIDAS (Percentil)
Bajo peso	< 5
Peso adecuado	5- 85
Sobrepeso	85 - 95
Obesidad	95 - 99
Obesidad marcada	< 99





## **ANÁLISIS CICLO DE LA MARCHA**

## **OBSERVACIONES EN LA PLATAFORMA DE PRESIONES**