



---

TRATAMIENTO DE LA MARCHA  
Y EL EQUILIBRIO POSTURAL EN  
NIÑOS CON PARÁLISIS  
CEREBRAL: UNA REVISIÓN  
SISTEMÁTICA.

---

TREATMENT OF GAIT AND  
POSTURAL BALANCE IN  
CHILDREN WITH CEREBRAL  
PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW

TRABAJO FIN DE GRADO:

6 DE JUNIO DE 2017

AUTORA: LAURA LÓPEZ DÍAZ

TUTOR: JUAN GÓMEZ IRURETAGOYENA

# ÍNDICE

Página

❖ Resumen – Abstract	3
❖ 1. Introducción	5
❖ 2. Metodología	9
2.1. Estrategia y términos de búsqueda	9
2.2. Criterios de inclusión	11
2.3. Criterios de exclusión	12
2.4. Evaluación metodológica	12
❖ 3. Resultados	17
3.1. Características de los estudios	17
3.2. Síntesis de los resultados	25
❖ 4. Discusión	26
❖ 5. Conclusión	29
❖ 6. Anexos	31
❖ 7. Referencias bibliográficas	34

## ABREVIATURAS

GMFCS (Gross motor function classification system): Sistema de clasificación de la función motora Gruesa.

MACS (Manual ability classification system): Sistema de clasificación de la función manual.

CFCS (Communication function classification system): Sistema de clasificación de la comunicación funcional.

EDACS (Eating and drinking ability classification system): Sistema de clasificación para la capacidad de comer y beber.

MAS (Ashworth modified scale): Escala de Ashworth modificada.

GMFM (Gross Motor Function Measure): Medida de función motora gruesa.

IC: intervalo de confianza.

BWSTT (Body weight supported treadmill training) Entrenamiento en cinta de correr con soporte de peso.

AUQEI (Autoquestionnaire qualité de vie enfant Image): Autocuestionario de calidad de vida de niños.

WBV (Whole body vibration): Vibración del cuerpo entero.

WeeFIM (Functional Independence Measure for Children): Medida de independencia funcional para niños.

SAS (Sitting Assessment Scale): Escala de evaluación de la sedestación.

RS (Riding simulator): Simulador de montar a caballo.

## RESUMEN

**Introducción:** La Parálisis Cerebral (PC) es un problema de salud importante que genera gran discapacidad en la infancia, siendo la marcha y el equilibrio disfunciones frecuentes, cuya alteración interfiere en la calidad de vida de estos niños, así como en el desempeño de actividades normales.

**Objetivo:** La intención de esta revisión es ofrecer información mediante una búsqueda en la literatura actual sobre métodos de tratamiento para la marcha y el equilibrio y el efecto de dichos tratamientos en niños y adolescentes con parálisis cerebral.

**Métodos:** Se realizaron búsquedas de ensayos clínicos aleatorizados en Medline y Cochrane. Un revisor evaluó la calidad de los estudios mediante la escala de evaluación metodológica PEDro.

**Resultados:** Ocho ensayos cumplieron los criterios de inclusión y exclusión, con variable calidad metodológica, tamaño muestral y edades de los participantes, pero con homogeneidad en la población a estudiar.

**Conclusiones:** Aunque la mayoría de los estudios son factibles para su reproducción gracias a su metodología, no puede hacerse una generalización real de los resultados ya que a pesar de que varios de ellos mostraron beneficios para los pacientes, no se mostraron con un poder significativo estadístico, al igual que no se observó una indicación de método superior sobre otro para esta patología.

**Palabras claves:** “Parálisis cerebral”, “Marcha”, “Equilibrio”, “Control postural”.

## ABSTRACT

**Introduction:** The Cerebral palsy (CP) is a major health problem causing severe disability in childhood, the gait and balance being frequent dysfunctions, whose alteration interferes in the quality of life of these children, as well as in the performance of normal activities.

**Purpose:** The aim of this systematic review is to provide information through research in the current literature on methods of treatment for gait and balance and the effect of such treatment in children and adolescents with cerebral palsy.

**Methods:** Randomized controlled trials were searched in Medline and Cochrane. One reviewer assessed the quality of studies using the methodological evaluation scale PEDro.

**Results:** Eight trials met the inclusion and exclusion criteria, with variable methodological quality, sample size and age of the participants but with homogeneity in the population studied.

**Conclusions:** Although most of the studies are feasible for them repeated thanks to its methodology, it cannot be a real generalization of the results even though several of them showed benefits for the patients, they do not have a significant statistical power, as there was not an indication of one method over another for this pathology.

**Keywords:** "Cerebral palsy", "Gait", "Equilibrium", "Postural control".

## 1. INTRODUCCIÓN

El concepto parálisis cerebral (PC) hoy en día resulta ambiguo, las definiciones han sido incompletas a lo largo de la historia, por lo que en la actualidad se ha propuesto una definición que en parte satisface las exigencias de la clínica, pero no las de investigaciones epidemiológicas <sup>[1]</sup>.

Hoy en día se prefiere considerar a la parálisis cerebral como un término descriptivo para un grupo de trastornos que afectan a la capacidad de una persona para moverse, mantener el equilibrio, la postura, la percepción, la sensación, el conocimiento y el control motor. Los trastornos aparecen durante los primeros años de vida <sup>[2]</sup>.

La parálisis cerebral ocurre cuando las áreas del cerebro que controlan el movimiento y la postura no se desarrollan correctamente o se lesionan. Los signos prematuros de PC suelen aparecer antes de los 3 años de edad. Los bebés son más lentos para voltearse, sentarse, gatear, sonreír o caminar. La mayoría de los síntomas se van volviendo crónicos con la edad <sup>[2]</sup>.

Estas limitaciones restringen la participación en muchas actividades de la vida diaria, como el cuidado y aseo personal, educación y recreación.

La prevalencia de PC globalmente se encuentra aproximadamente entre 2 y 3 por cada 1.000 nacidos vivos <sup>[1]</sup>. Es la principal causa de discapacidad física en niños europeos <sup>[3]</sup>.

A continuación definimos algunos aspectos en los cuales se ven afectados este tipo de pacientes <sup>[4]</sup>:

- Control postural: habilidad para controlar la posición del cuerpo en el espacio con el fin de estabilidad y orientación.

- Estabilidad postural o equilibrio: habilidad de mantener y / o recuperar el centro de masas dentro de la base de sustentación donde la gravedad es el centro del vector.
- Orientación postural: capacidad de alcanzar y mantener una óptima relación funcional entre los segmentos corporales, una tarea y el medio ambiente.
- Marcha: Acción de marchar o marcharse. Desplazamiento a pie.

*Clasificación de la PC.*

Sistemas de clasificación	Niveles	Descripción
GMFCS <sup>[5]</sup>	Nivel I	Marcha sin restricciones. Limitaciones en habilidades motoras más avanzadas.
	Nivel II	Marcha sin soporte ni órtesis. Limitaciones para andar fuera de casa o en la comunidad.
	Nivel III	Marcha con soporte u órtesis. Limitaciones para andar fuera de casa y en la comunidad.
	Nivel IV	Movilidad independiente bastante limitada.
	Nivel V	Totalmente dependientes. Automovilidad muy limitada.
MACS <sup>[6]</sup>	Nivel I	Manipula objetos fácil y exitosamente.
	Nivel II	Manipula la mayoría de los objetos pero con un poco de reducción de calidad y/o velocidad del logro.
	Nivel III	Manipula los objetos con dificultad; necesita ayuda para preparar y/o modificar actividades.
	Nivel IV	Manipula una limitada selección de objetos fácilmente manipulables en situaciones adaptadas.
	Nivel V	No manipula objetos y tiene habilidad severamente limitada para ejecutar aún acciones sencillas.
CFCS <sup>[7]</sup>	Nivel I	Emisor eficaz y receptor eficaz con interlocutores conocidos y desconocidos.
	Nivel II	Emisor y/o receptor eficaz, pero con un ritmo más lento con interlocutores conocidos y/o desconocidos.
	Nivel III	Emisor eficaz y receptor eficaz con los interlocutores conocidos.
	Nivel IV	Emisor y/o receptor inconstante con los interlocutores conocidos.
	Nivel V	Emisor y receptor raramente eficaz aún con interlocutores conocidos.

Sistemas de clasificación	Niveles	Descripción
EDACS <sup>[8]</sup>	Nivel I	Come y bebe con seguridad y eficacia.
	Nivel II	Come y bebe con seguridad pero con algunas limitaciones de eficiencia.
	Nivel III	Come y bebe con algunas limitaciones de seguridad; Tal vez limitaciones de eficiencia.
	Nivel IV	Come y bebe con limitaciones significativas de seguridad.
	Nivel V	No se puede comer o beber con seguridad. Se puede considerar alimentación por sonda para la nutrición.

Tabla 1. Sistemas de clasificación de la parálisis cerebral.

### *Tipos de tratamiento:*

No existe una cura, pero el tratamiento puede mejorar las vidas de quienes la padecen <sup>[2]</sup>.

A pesar de la prevalencia y del gran abanico de tratamientos que se ofertan, hay muy poca literatura científica que los evidencie. Muchos de ellos son promulgados por prensa y diversos medios, y las familias promovidas por el ansia de encontrar una cura para sus hijos realizan cualquier actividad, siendo inútiles, costosas e incluso a veces perjudiciales <sup>[9]</sup>.

Por todo esto, vamos a realizar un estudio sobre los tratamientos más efectivos, dando datos objetivos sobre su eficacia en niños y adolescentes. Este trabajo se va a centrar en las terapias que se usan para mejorar el equilibrio y la marcha de esta patología y por ello tenemos que conocer la locomoción humana normal que es la base del tratamiento sistemático y del manejo de la marcha patológica <sup>[10]</sup>.

### *Marcha y equilibrio*

La locomoción humana normal se ha descrito como una serie de movimientos alternantes, rítmicos, de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad <sup>[10]</sup>.

También se puede definir la marcha como la forma de desplazamiento en posición bípeda propia del ser humano en la que se suceden los apoyos bipodales y los monopodales <sup>[11]</sup>.

Autores como McGraw y André Thomas estudiaron el reflejo de marcha automática, y de sus observaciones se podría concluir que la marcha es algo innato <sup>[12]</sup>. Para otros autores, sin embargo, la marcha es un proceso aprendido y no el desarrollo de un reflejo innato <sup>[15]</sup>. La marcha se adquiriría por imitación y aprendizaje, mediante el sistema de ensayo-error y percepción-acción <sup>[12-14]</sup>.

La adquisición de la marcha tiene una gran importancia en el desarrollo psicomotor del niño pues le da autonomía para moverse en el espacio, aumenta su campo de visión y le permite coger y manipular objetos que antes no estaban a su alcance <sup>[15-18]</sup>. Entre los 12-15 meses el niño consigue la marcha independiente.

#### *Desarrollo patológico de la marcha:*

La marcha es una actividad altamente compleja por la dificultad para mantener el equilibrio que implica, lo cual requiere la consideración de una gran cantidad de informaciones relativas al propio cuerpo y al ambiente <sup>[14]</sup>.

La PC con debilidad muscular presenta dificultad para desplazar el cuerpo, el niño controla mal el paso por pérdida del control del tibial anterior. Para compensar esta debilidad suelen aumentar los movimientos del tronco <sup>[19,20]</sup>.

En la PC se observan trastornos de la marcha por las alteraciones sensoriales, del tono muscular, coordinación, equilibrio y control motor. La marcha es anormal y además se adquiere tardíamente. Aproximadamente el 85% de los niños con diplegia espástica que caminan, lo hacen hacia los 4 años, con una marcha patológica “en tijeras” con pie en equino y cruzando las rodillas. De estos niños un 20% precisa ayudas técnicas para la

deambulaci3n. Los que presentan hemiplejia suelen caminar hacia los tres a1os y un 66% de los que presentan tetraplejia esp3stica comienzan a caminar despu3s de los 4 a1os de edad <sup>[19]</sup>. Las alteraciones del esquema corporal producen un paso m3s lento, una colocaci3n de pie inadecuada y dificultad para controlar el equilibrio al cambiar de apoyo bilateral a apoyo unilateral. Deformidades de las extremidades inferiores tambi3n producen alteraciones de la marcha (pie equino o pie zambo) <sup>[19]</sup>.

## 2. METODOLOGÍA

Se realiz3 una revisi3n bibliogr3fica de ensayos controlados aleatorizados publicados desde 2007 hasta 2017 tanto en ingl3s como en espa1ol, enfocados a los beneficios del tratamiento de fisioterapia en la marcha y equilibrio en ni1os con P.C, y cuyos resultados hayan sido medidos mediante test o escalas estandarizadas, estableciendo una comparaci3n pre-tratamiento post-tratamiento, con el fin de observar cambios objetivos y poder demostrar la efectividad del tratamiento realizado.

El t3rmino MeSH “cerebral palsy” fue siempre utilizado como criterio de b3squeda quedando combinado junto con el operador “AND” a las siguientes palabras clave (las cuales estaban separadas por el operador “OR”): “postural balance”, “equilibrium”, “posture”, “postural control” y “gait”.

### *2.1. Estrategia y t3rminos de b3squeda bibliogr3fica.*

Se realiz3 una b3squeda electr3nica de la literatura entre diciembre del 2016 y febrero de 2017 en las siguientes bases de datos electr3nicas: MEDLINE y Cochrane.

En una b3squeda inicial realizada desde el 20 de diciembre al 15 de enero, se registraron 4036 citaciones de las bases de datos. En dicha b3squeda y su posterior an3lisis de la

validez de los estudios que finalmente se incluyeron participó 1 revisor (autor de esta revisión). La estrategia de búsqueda está reflejada en la Tabla 2

TÉRMINOS MESH	BASE DE DATOS	COMBINACIONES	RESULTADOS	FILTRO(E.C Y 10 AÑOS)
1-Cerebral palsy 2-Postural balance 3-Posture 4-Gait	MEDLINE (PubMed)	#1AND(#2 OR #3 OR #6)	1468	89
		#1 AND #4	2197	138
		#1 AND #5	43	3
		#1 AND #2 AND #3 AND #4	31	4
OTROS TÉRMINOS: 5-Equilibrium 6-Postural control	COCHRANE	#1 AND #3	28	28
		#1 AND #4	207	207
		#1 AND #5	5	5
		#1AND(#2 OR #3 OR #5 OR #6)	57	57

Tabla 2. Términos y estrategia de búsqueda.

Entre mediados de enero hasta finales de febrero se ejecutó una búsqueda sistemática, en la cual se incluyeron los filtros en el caso de Medline y criterios de inclusión y exclusión para lo demás, en la que un total de 4028 de los resultados obtenidos anteriormente no superaban dichos criterios por diversas razones que se especifican en la figura 1.

Posteriormente se realizó una búsqueda manual en revistas electrónicas y en formato impreso, entre las que se incluyen: Neurorehabilitation, Journal of Advanced Research, Neurorehabilitation and neural repair, Journal of rehabilitation medicine y Research in Developmental Disabilities. De esta búsqueda manual fueron localizadas 5 referencias de las cuales ningún estudio se incluyó en la revisión, ya que no cumplían los criterios de inclusión y exclusión.

En la figura 1 queda resumida la estrategia de búsqueda diseñada para esta revisión, y según las normas pautadas por la misma se pueden observar de forma esquemática los estudios en detalle excluidos procedentes de las búsquedas realizadas, ya que lo estudios incluidos en esta revisión son 8.

Para precisar la búsqueda bibliográfica se establecieron unos criterios de inclusión y exclusión.

*Selección de estudios.*

## *2.2. Criterios de inclusión.*

Los criterios de inclusión, fueron seleccionados de acuerdo a la búsqueda de datos objetivos, y con la mayor fiabilidad y calidad posible. Los criterios de inclusión que cumplían estrictamente los estudios fueron:

### En cuanto al diseño del estudio

Ensayos controlados aleatorios (ECA) evaluados a través de PEDro (valoración de la calidad metodológica) que alcanzaron una puntuación igual o superior a 8, en una escala del 1 al 11, siendo 11 la máxima puntuación.

No fueron incluidos otro tipo de estudios como guías de práctica clínica y revisiones sistemáticas de mayor nivel de evidencia para tener contacto con los estudios originales y así evitar introducir sesgos de publicación y de selección.

### Participantes

Edad de 3 a 25 años con diagnóstico médico de parálisis cerebral

### Intervención

Realizar cualquier tipo de tratamiento que diera como resultado la mejoría de la marcha y equilibrio, ya sea terapia específica de equilibrio y postura, terapia con vendaje como el kinesio-taping, terapia con simuladores (hipoterapia), terapia de vibración, tratamiento marcha atrás y por último terapia sobre el tapiz rodante con o sin ayuda .

### Mediciones y resultados

Estudios con mediciones objetivas (escalas) y evaluadores cegados para comprobar la eficacia del tratamiento.

### Idioma de los estudios

Estudios cuyo idioma oficial sea inglés o español o pueda encontrarse completos en alguno de esos idiomas.

### *2.3. Criterios de exclusión*

Los criterios de exclusión que se toman como referencia para realizar un filtro entre la gran variedad de artículos, se muestran a continuación:

- Estudios en los cuales la población no estuviera bien definida.
- Estudios en los que la lectura del resumen, no correspondiera con el tema seleccionado.
- Estudios que no presenten sus resultados en datos estadísticos.
- Estudios que estén publicados en más de diez años.
- Revisiones sistemáticas.
- Estudios piloto.
- Estudios que no incluyeran ninguna de las modalidades tratadas en fisioterapia.
- Estudios en los que la lectura del resumen no corresponda con el tema seleccionado.

### *2.4 Evaluación metodológica del riesgo de sesgo de los estudios incluidos:*

Los 22 estudios incluidos fueron evaluados mediante el Programa de Lectura Crítica (PEDro). La Escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database) fisioterapia basada en la evidencia, es utilizada para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos en

la revisión. Maher et al <sup>[22]</sup> afirman que la fiabilidad de la puntuación total de la escala PEDro es aceptable y por tanto es íntegra para su aplicación en revisiones sistemáticas de fisioterapia.

La escala PEDro consta de 11 ítems dirigida a puntuar la calidad metodológica de ensayos clínicos. El primer ítem es el único que tiene validez externa, el resto es evaluado con 1 (presente) o 0 (ausente) formalizando el total en un rango de 0 – 10 puntos. Según Moseley et al <sup>[21]</sup> aquellos estudios con una puntuación  $\geq 5$  son calificados como de calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo. Esto es debido, a que es imposible cumplir con ciertos criterios en algunos estudios como puede ser el cegamiento de los terapeutas o participantes, siendo así la máxima puntuación de 8/10 o 9/10, más la validez externa <sup>[22]</sup>.

#### *Análisis de la evidencia científica:*

Los artículos seleccionados para la revisión son evaluados por su calidad, empleando para ello la escala PEDro anteriormente explicada. No tenemos la necesidad de usar otras escalas, debido a que los resultados serían semejantes, y esta se adapta a la perfección de nuestros tipos de estudios. Obteniendo así 4 estudios con calidad moderada (4-5/11), 8 de calidad alta (6-7/11), y 10 cuya calidad es muy alta (8-9-10/11).

La terapia de intervención se está desarrollando más en las últimas décadas, y cómo podemos ver en los artículos seleccionados prevalecen los más modernos.

El análisis de los estudios incluidos acorde a la escala PEDro y sus resultados se presentan en la tabla 3.

ARTÍCULO	Criterios específicos	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Grupos homogéneos	Sujetos cegados	Terapeuta cegado	Evaluador cegado	Seguimiento	Análisis: intención trat.	Análisis entre grupos	Medidas de puntuación	Puntuación total
E. Kwak <sup>[23]</sup> (2007)	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5. Calidad moderada
Y.Baram, R.Lenger <sup>[24]</sup> (2012)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6. Calidad alta
Byoung Lee ,S.Chon <sup>[25]</sup> (2013)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11. Calidad muy alta
S.El-Shamy <sup>[26]</sup> (2014)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10. Calidad muy alta
M.Unger et al <sup>[27]</sup> (2013)	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4. Calidad moderada
M. Borges et al <sup>[28]</sup> (2011)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8. Calidad muy alta
P. Herrero et al <sup>[29]</sup> (2011)	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4. Calidad moderada
N.Ramstrand et al <sup>[30]</sup> (2012)	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	7. Calidad alta
M. Druzbeck et al <sup>[31]</sup> (2013)	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	6. Calidad alta
M. Wu, J. Kim et al <sup>[32]</sup> (2014)	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	6. Calidad alta
I. Borggraefe et al <sup>[33]</sup> (2010)	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	5. Calidad moderada

Tabla 3. Evaluación metodológica de los estudios incluidos en la revisión. Escala PEDro.

ARTÍCULO	Criterios específicos	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Grupos homogéneos	Sujetos cegados	Terapeuta cegado	Evaluador cegado	Seguimiento	Análisis: intención trat.	Análisis entre grupos	Medidas de puntuación	Puntuación total
R. Cherng et al <sup>[34]</sup> (2007)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6. Calidad alta
N. Chrysagis et al <sup>[35]</sup> (2012)	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9. Calidad muy alta
T. Johnston et al <sup>[36]</sup> (2011)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6. Calidad alta
K. Mattern et al <sup>[37]</sup> (2013)	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	6. Calidad alta
L. Grecco et al <sup>[38]</sup> (2013)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10. Calidad muy alta
H.El-Basatiny et al <sup>[39]</sup> (2015)	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10. Calidad muy alta
T. Tarsuslu Simsek et al <sup>[40]</sup> (2011)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8. Calidad muy alta
A. McNee et al <sup>[41]</sup> (2007)	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	7. Calidad muy alta
Y. Salem et al <sup>[42]</sup> (2010)	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	6. Calidad alta
E. Abd El-Kafy et al <sup>[43]</sup> (2014)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	9. Calidad muy alta
D. Pool et al <sup>[44]</sup> (2014)	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4. Calidad moderada

Tabla 3. Evaluación metodológica de los estudios incluidos en la revisión. Escala PEDro.

Extracción de datos: Siguiendo la estrategia definida, el resultado de la búsqueda sistemática inicial fue de 4036 artículos. En un primer análisis 896 estudios fueron excluidos por repetirse en las diferentes búsquedas, 1472 estudios fueron excluidos

después de refinar por año de publicación, 1280 por no ser ensayos clínicos, 67 por no tratar sobre la población de estudio seleccionada y 45 por no tratar sobre intervenciones relacionadas con la fisioterapia. Tras un examen más profundo de los títulos y resúmenes, se desecharon 58 artículos, por no cumplir con los criterios de inclusión. Finalmente 14 artículos fueron excluidos por no alcanzar una puntuación igual o superior a 8 a través de la escala PEDro. En este sentido, se seleccionaron 8 artículos, que serán la base de esta revisión. La selección de artículos se presenta en la figura 1.

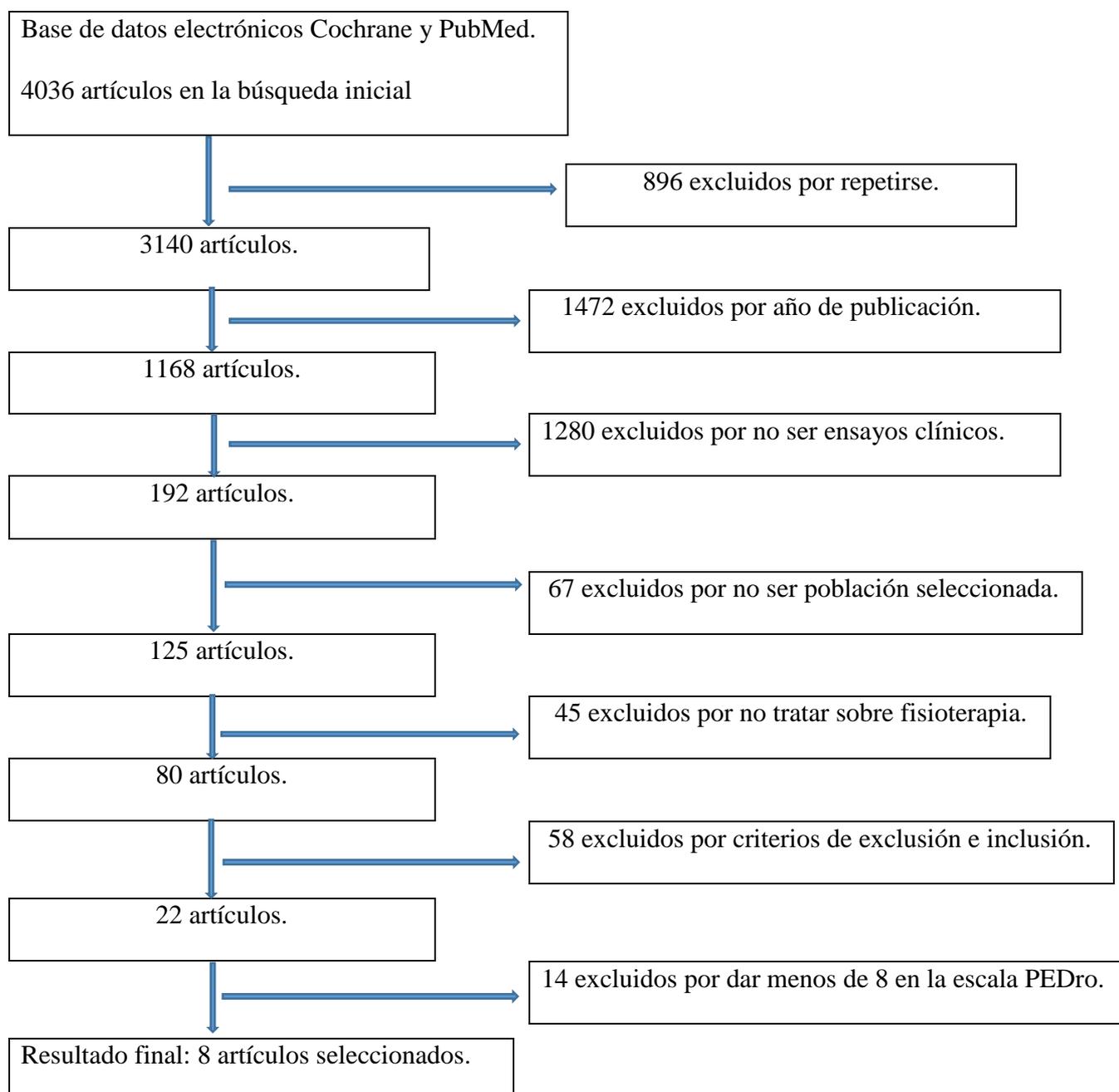


Figura 1. Selección de artículos y criterios de inclusión y exclusión.

### 3. RESULTADOS

Los resultados de los estudios han sido divididos en diferentes apartados para una mejor apreciación de los mismos debido a su diverso contenido.

#### *3.1 Características de los resultados*

##### ***Efecto de la vibración corporal.***

Este ensayo descrito por Byoung lee et al 2013<sup>[25]</sup>, tiene como objetivo evaluar la función y el espesor de los músculos de la pierna después del entrenamiento de vibraciones de cuerpo entero en niños con PC en combinación con fisioterapia frente a tratamiento fisioterapéutico solo.

En total, 30 pacientes con PC fueron reclutados para este estudio. El análisis tridimensional de la marcha y la proyección de la imagen ultrasonográfica de los músculos de la pierna fueron medidos en el pre y post-test de intervención durante ocho semanas.

Las variables a medir eran la velocidad de marcha, la longitud del paso, el tiempo de ciclo, los ángulos de cadera, rodilla y tobillo y el espesor del tibial anterior, gastrocnemio y soleo.

Los cambios fueron analizados mediante ANOVA bidireccional con medidas repetidas. Se mostró un cambio significativo en la en la velocidad de la marcha ( $P = 0,001$ ), longitud del paso ( $P = 0,001$ ) y el tiempo de ciclo ( $P = 0,001$ ) en el grupo experimental.

También se reveló un efecto significativo de la amplitud en el ángulo del tobillo ( $P = 0,019$ ), en el ángulo de la rodilla ( $P = 0,102$ ) y en el ángulo de la cadera ( $P = 0,321$ ).

Otros cambios significativos fueron, en el espesor muscular del tibial anterior ( $P = 0,001$ ) y sóleo ( $P = 0,001$ ).

Por otra parte está el estudio de S. El-Shamy et al 2014<sup>[26]</sup>, el cual tiene como objetivo investigar los efectos del entrenamiento de la vibración en el cuerpo sobre la fuerza muscular y el equilibrio en 30 niños con P.C. Al igual que el estudio anterior, el grupo experimental tenía entrenamiento de vibraciones (WBV) de cuerpo (aumentando la frecuencia 0,5 Hz cada dos sesiones de tratamiento hasta el objetivo de 18 Hz) en combinación con fisioterapia frente a tratamiento fisioterapéutico del grupo control.

La resistencia de extensores de rodilla se evaluó usando el dinamómetro isocinético Biodex y el equilibrio y la estabilidad postural utilizando el Sistema de balance Biodex. El grupo experimental mostró una mejoría significativa ( $P = 0,001$ ) en comparación con el grupo control ( $P = 0,006$ ), con respecto al pico de fuerza en 60 grados por segundo y 90 grados por segundo después del tratamiento.

El índice general de estabilidad del tratamiento fue de 2,75 para el grupo control y 2,2 para el grupo experimental.

Estudios previos como Ruck et al <sup>[45]</sup>, han demostrado recientemente que esta terapia de vibración parecía ser segura y ejercía efectos sobre la movilidad de los niños con P.C, aunque sigue habiendo una carencia de una medición estándar sobre la función de movilidad. Stark et al<sup>[46]</sup> también llegó a la conclusión de que WBV tenía un efecto significativo sobre la densidad mineral ósea, la fuerza muscular y la función motora en los niños con P.C.

Además, los estudios han encontrado que la fuerza muscular, la fuerza selectiva y el control motor se correlacionan mejor con la función de la marcha que con otros factores, como el rango de movimiento y la espasticidad <sup>[47,48]</sup>.

### ***Simulador de hipoterapia.***

El principal objetivo a alcanzar en este proyecto de M. Borges et al 2011<sup>[28]</sup>, es estudiar la relevancia terapéutica de una simulación de hipoterapia para el tratamiento de niños con parálisis cerebral. Cuarenta niños fueron divididos en un grupo que utiliza el simulador (RS) y un grupo que realiza la terapia física convencional.

Considerando como variables de resultado el desplazamiento máximo en antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML) en posición sentada y se utilizó el equipo FScan / Fmat para registrar los cambios producidos.

Antes y después de la intervención, ambos grupos se clasificaron de acuerdo con GMFCS y, después de la intervención, por el AUQEI .

El análisis estadístico del desplazamiento máximo en AP y ML utilizó un modelo de análisis ANCOVA.

La comparación entre grupos reveló una mejoría estadística de la post-intervención tanto en la dirección AP ( $P < 0,0001$ ) como en la ML ( $P < 0,0069$ ) en el grupo experimental. El simulador produjo una mejora significativa en el control postural de niños en sedestación, mostrando además una mayor funcionalidad motora y una mejor aceptación de la intervención terapéutica. El estudio fue evaluado por otro profesional, con mismo resultado.

Estudios han demostrado que el movimiento fisiológico que se consigue montando a caballo y la repetición de este, genera un aumento de fuerza muscular en músculos pélvicos, abdominales y lumbares, causando la mejora del equilibrio del tronco y control postural contra la gravedad <sup>[49,50]</sup>.

Sin embargo, este método ha sido cuestionado, y estudios refieren que es un método repetitivo, aburrido y disconforme para los niños y sus padres <sup>[51,52]</sup>.

### ***Efectos terapéuticos de la cinta de correr.***

N. Chrysagis et al 2012<sup>[35]</sup>, evaluaron el efecto de la cinta de correr sobre variables como la función motora gruesa medida con GMFM, la velocidad de la marcha evaluada con cronómetro (10m/min) y la espasticidad evaluada con MAS, en 22 adolescentes con P.C. El grupo experimental se sometió a un programa de entrenamiento en la cinta de correr (BWSTT) a velocidad cómoda. El terapeuta facilitó la postura correcta y el apoyo de la pelvis, para retener el patrón correcto. El grupo control recibió tratamiento de fisioterapia convencional.

Se encontraron cambios significativos en la GMF ( $P = 0,007$ ) y la velocidad de caminar auto-seleccionada ( $P = 0,000$ ). En ambos grupos hubo mejoría aunque, el grupo experimental tuvo una media más alta en el post-test.

Con respecto a GMF, tuvo un efecto medio ( $d = 0,38$ ), con un IC del 95%. Para la velocidad de marcha auto-seleccionada, tuvo un gran efecto ( $d = 1,13$ ), con un IC de 95%. No se encontraron cambios en la espasticidad de los extensores ni de los flexores de rodilla, pero sí en los flexores plantares del pie ( $P = 0,460$ ).

Smania et al <sup>[53]</sup> reportó una mejoría significativa en la velocidad de la marcha en P.C con un entrenamiento en cinta de correr, usándose un dispositivo de asistencia de la marcha. Los investigadores han sugerido que el entrenamiento de la cinta de correr con o sin BWSTT puede mejorar la velocidad y habilidades de la marcha de los participantes <sup>[54]</sup>.

Por otro lado, Johnston et al <sup>[55]</sup> no encontró diferencias post-test entre los grupos (en la velocidad de la marcha, función física, GMF, control de motor, y espasticidad), expuestos a BWSTT y un programa de ejercicios de fortalecimiento. T. Willoughby et al <sup>[56]</sup> informó que BWSTT puede no ser más eficaz que caminar sobre el suelo para mejorar la velocidad de marcha auto-seleccionada y la P.C.

El objetivo del estudio de L. Grecco et al 2013<sup>[38]</sup>, fue comparar los efectos de la cinta de correr en 15 niños con P.C, pero a diferencia del estudio anterior, el grupo control no realiza ejercicios de fisioterapia convencional sino que anda sobre el suelo.

Las evaluaciones se realizaron con la escala de equilibrio de Berg, así como la evaluación de oscilaciones desde el centro de presión en las direcciones anteroposterior y mediolateral con los ojos abiertos y cerrados.

El análisis entre grupos demostró que con respecto al balance de Berg, el grupo experimental tuvo resultados estadísticamente mejores ( $P = 0,01$ ) en comparación con el grupo control ( $P = 0,03$ ).

No se detectaron diferencias significativas de oscilación entre los grupos en la dirección AP ( $P > 0,05$ ), pero sí en la dirección ML con ojos abiertos ( $P = 0,04$ ).

Los hallazgos descritos en la literatura demuestran que el entrenamiento en cinta mejora la velocidad de la marcha, GMF y el patrón de cinemática de EEII <sup>[57]</sup>.

Smania et al <sup>[53]</sup> encontró que el tratamiento en cinta proporcionó cinemática mejorada de las caderas en el plano sagital, con un aumento de la extensión de las caderas en la fase de soporte de la marcha.

### ***Efectos del tratamiento marcha atrás***

EL estudio de H. El-Basatiny 2015<sup>[39]</sup>, tiene de objetivo el efecto del entrenamiento de la marcha atrás en el control postural en 30 niños con P.C. El grupo experimental tuvo fisioterapia tradicional en combinación con el entrenamiento marcha atrás (al principio con ayuda tanto de las paralelas como del fisioterapeuta y a medida que se avanza se iría quitando progresivamente dicha ayuda) y el grupo control solo fisioterapia tradicional. Los índices de estabilidad se evaluaron utilizando el sistema de balance Biodex.

ANOVA de dos vías reveló una mejoría significativa en ambos grupos, del índice de estabilidad anteroposterior, ( $P = 0,001$ ) para el grupo experimental y ( $P = 0,004$ ) para el grupo control. Para el índice de estabilidad mediolateral la mejora del grupo experimental fue significativamente menor a la mejora del grupo control ( $P = 0,039$  y  $0,028$ ), respectivamente.

Grasso et al <sup>[58]</sup> encontraron que los cambios en la fuerza de los músculos en los miembros inferiores pueden contribuir a la mejora del equilibrio, inducida por el ejercicio de marcha hacia atrás también.

Kramer y Reid <sup>[59]</sup> informaron que durante el entrenamiento de marcha atrás, los músculos de las piernas están activos durante un periodo de tiempo más largo con respecto a la marcha hacia adelante y además Schmitz <sup>[60]</sup> comentó que puede romper el patrón sinérgico dominante.

### ***Efecto del kinesio-taping.***

El objetivo de este estudio de T. Tarsuslu Simsek et al 2011<sup>[40]</sup>, fue investigar los efectos de la aplicación de la cinta Kinesio-taping (KT) paraespinal en sedestación (estabilidad) evaluada con SAS, en la función motora gruesa evaluada con GMFM y en el nivel de independencia funcional evaluada con WeeFIM. Para analizar los datos obtenidos se utilizó (SPSS).

Los 30 niños del estudio fueron separados en dos grupos el experimental (recibiendo KT y Fisioterapia) y control (recibiendo sólo fisioterapia).

Al final de las 12 semanas, sólo las puntuaciones de SAS fueron significativamente relevantes en favor del grupo experimental cuando se compararon los grupos ( $p < 0,05$ ).

Dr. Kase <sup>[61]</sup> el inventor del KT, señaló que los mejores resultados se pueden lograr con KT si se combina con ejercicios terapéuticos.

Sin embargo en este estudio se llega a la conclusión de Footer <sup>[62]</sup> que declaró que 12 semanas de tratamiento con KT paraespinal no tienen un efecto positivo en el control postural en sedestación.

### ***Entrenamiento del equilibrio postural.***

El objetivo de este estudio de E. Abd El-Kafy et al 2014<sup>[43]</sup>, fue evaluar el efecto de la dinámica en la estabilidad postural sobre el control del equilibrio y los parámetros de la marcha en 30 niños con P.C.

Los niños de ambos grupos recibieron terapia física tradicional, 2 horas al día para el grupo control, y 1,5 horas más 30 minutos de tratamiento postural con el Sistema de Estabilidad Biodex para el grupo experimental.

Se utilizó el sistema de estabilidad Biodex para evaluar los índices de estabilidad (anteroposterior, mediolateral y global), y el sistema de análisis de movimiento tridimensional (pro-reflex system), para evaluar la longitud del paso, la velocidad, el tiempo del ciclo, la postura y el porcentaje de la fase de giro.

Ambos grupos mostraron mejoras, aunque el grupo experimental tuvo un cambio más significativo en los valores medios de todas las variables medidas post-tratamiento, tanto en los índices de estabilidad como en los parámetros de la marcha, ( $P = 0,01$ ).

La razón de una mejora significativa en la AP según Runge, y Woollacott <sup>[63]</sup>, es por la actividad del gastrocnemio, que hace que el centro de masa no se mueva lejos de la base de soporte, produciendo pequeñas amplitudes de movimiento del eje central y minimizando el tiempo y fuerza necesaria para la restauración del equilibrio.

La acción coordinada de los aductores son la causa de la mejoría en el índice de estabilidad ML post-tratamiento según De Graaf-Peters et al <sup>[64]</sup>.

Los resultados de este estudio están de acuerdo con Stillman <sup>[65]</sup>, que informa que la conciencia propioceptiva de las posturas y los movimientos son más necesarios durante el aprendizaje de nuevas habilidades.

### 3.2 Síntesis de los resultados

ESTUDIO	EDAD/años	SUJETOS	PROGRAMA	DISEÑO	DURACIÓN	RESULTADOS	
Efecto de la vibración	Byoung Lee ,S.Chon <sup>[25]</sup> (2013)	9-10	n=30	Estimulación vibratoria corporal	Aleatorizado	3 días/sem 8 semanas	Vibración de cuerpo entero resultó significativamente mejor en veolcidad de marcha ,longitud de zancada y tiempo de ciclo (P=0.001) en el grupo experimental con respecto al grupo control.
	S.El-Shamy <sup>[26]</sup> (2014)	8-12	n=30	Estimulación vibratoria corporal	Aleatorizado	3 meses	El grupo experimental mostró mejoría significativa en comparación con grupo control (P=0.001).El índice global de estabilidad fue de 2.75 grupo control y 2.2 en experimental.
Efecto del simulador de hipoterapia	M. Borges et al <sup>[28]</sup> (2011)	3-12	n=40	Simulador de montar a caballo	Aleatorizado	2 días/sem 6 semanas	Comparación entre grupos divulgaron mejora estadísticamente significativa de intervención por tanto en el AP (p < 0.0001) como en el ML (p < 0.0069) dirección en el grupo de RS.
Efectos terapéuticos de la cinta de correr	N. Chrysagis et al <sup>[35]</sup> (2012)	13-19	n=22	Entrenamiento en cinta de correr	Aleatorizado	6 días/sem 12 semanas	El análisis entre los grupos fueron importantes a poca velocidad (P = 0.000) y función motora gruesa (P = 0.007).
	L. Grecco et al <sup>[38]</sup> (2013)	3-12	n=15	Efecto de cinta de correr en el equilibrio	Aleatorizado	2 días/sem 7 semanas	Mejora de equilibrio en ambos grupos. Grupo experimental presentó puntuaciones de equilibrio de Berg más bajas y menor oscilación mediolateral con los ojos abiertos en comparación con grupo control.
Efecto del tratamiento marcha atrás	H. El-Basatiny et al <sup>[39]</sup> (2015)	10-14	n=30	Efecto de la marcha atrás en el equilibrio	Aleatorizado	12 semanas	Hubo mejoría significativa en todas las variables medidas para ambos grupos en ambos niveles (P <0.05).
Efecto del kinesio-taping	T. Tarsuslu Simsek et al <sup>[40]</sup> (2011)	8.27±3.43 y 6.87±2.10	n=31	Aplicación de cinta de kinesio-taping	Aleatorizado	12 semanas	Sólo las puntuaciones de SAS fueron significativamente diferentes en favor del grupo de estudio cuando los grupos fueron comparados (p=0,05).
Entrenamiento de equilibrio postural	E. Abd El-Kafy et al <sup>[43]</sup> (2014)	8-10	n=30	Sistema de estabilidad Biodex	Aleatorizado	3 días/sem 8 semanas	Ambos grupos mostraron mejoras en valores como longitud del paso, velocidad, tiempo de ciclo, postura y porcentaje de fase de oscilación y mejoría en los parámetros de marcha.

Tabla 4. Resultados de los artículos.

#### 4. DISCUSIÓN

Los artículos revisados investigan diferentes abordajes para el tratamiento de la marcha y equilibrio en niños y adolescentes con PC.

Los métodos de tratamiento propuestos en esta revisión son muy diversos pero tienen como denominador común la pertenencia dentro de la terapia física.

Parece razonable el empleo de terapia física como opción principal terapéutica, ya que la cirugía o la farmacología (sobre todo en intervención para reducir la espasticidad) son más invasivas.

Unas de las limitaciones encontradas a la hora de realizar esta revisión sistemática ha sido la dificultad de búsqueda bibliográfica de estudios de tipo ECA disponible en las bases de datos, obligando en algún caso a contactar con el autor vía e-mail.

En general en los estudios debe subrayarse que un análisis de la activación muscular a través de la electromiografía hubiera sido más objetivo, sin embargo, en la mayoría de las evaluaciones no se realizaron y por lo tanto representa una limitación.

En varios artículos se han descrito errores de medición en el sistema Biodex para los niños con P.C ya que no es totalmente preciso y objetivo.

La cantidad total de tiempo de entrenamiento recibido en cada grupo suele ser diferente, debido a que todos los niños suelen recibir la misma cantidad de fisioterapia, mientras que los niños del grupo experimental reciben tiempo adicional para el tratamiento de estudio, eso también se debería corregir.

En la mayoría de estudios la proporción hombre-mujer no es equitativa y esto a nivel general es un sesgo común. Otra de las limitaciones es que no todos los examinadores estaban cegados. Por otro lado, los estudios incluyeron a pacientes con una amplia

diversidad de heterogeneidad, por lo tanto, puede dar lugar a errores en los resultados. Sería adecuado realizar estudios en los que se analicen a pacientes con el mismo nivel de disfunción de su problema (p. ej. GMFCS III). Además, debe aplicarse la estratificación de la muestra durante la aleatorización con respecto a los niveles funcionales de los niños (GMFCS) y esto no se reproduce en todos los artículos.

Como puede observarse, la metodología de cada estudio es diferente, lo que hace que la comparación entre los resultados sea complicada. Además, cada estudio tiene una duración y tipo de tratamiento, y las mediciones se hacen de una forma determinada en cada uno, haciendo que los estudios no puedan analizarse de forma conjunta debido a la heterogeneidad de los resultados obtenidos, por lo que no se puede extraer una conclusión ni se puede extrapolar a la población.

Es importante señalar que un buen abordaje de estos pacientes debe abarcar todas las necesidades o déficits, tanto psicológicos y físicos, como sociales, por lo que la mayor efectividad (objeto de búsqueda en esta revisión) no puede encontrarse en una única terapia, sino que el enfoque debe ser global, complementando unos entrenamientos con otros.

En el empleo de vibraciones, parece que ningún estudio ha proporcionado mediciones válidas y fiables, tales como datos de la marcha tridimensional. Estos estudios de terapia vibratoria sólo han medido la función motora gruesa, el análisis de la marcha tridimensional podría proporcionar datos cinemáticos más válidos.

También hay una ausencia de pautas de entrenamiento específico de solamente una sesión o efecto a corto plazo para pacientes con PC como existen en otros estudios sobre ictus y adultos examinados.

Con respecto al simulador de hipoterapia, es una forma de terapia física que tiene varias ventajas en comparación con la hipoterapia. Puede ser utilizado en cualquier lugar, como en la clínica o incluso en la propia casa del paciente, es independiente de condiciones meteorológicas, y es relativamente pequeño, fácil de manejar y puede programarse la duración, el tipo de movimiento y el nivel de dificultad. En el presente estudio una limitación es que GMFCS se utilizó para clasificar a los niños y no para evaluar su funcionalidad, por lo que hubiera sido necesario evaluar esto con una escala más precisa para medir las ganancias funcionales como ejemplo, el GMFM29.

En los efectos terapéuticos de la cinta de correr, en relación con el entrenamiento en cinta, aunque no se encontraron efectos en la espasticidad, este resultado debe ser interpretado con cautela debido a que MAS tiene mala fiabilidad entre evaluadores.

Ciertas variables de resultado secundarias, tales como la fuerza muscular, el gasto de energía y la calidad de vida, no se evaluaron.

En relación al tratamiento marcha atrás, surgen limitaciones. Variables de resultado como la fuerza muscular y el gasto de energía no se evaluaron en este estudio. También otra limitación era que la velocidad de entrenamiento de la marcha no era determinada ya que los participantes entrenaban en paralelas, de manera que cada niño utiliza su propia velocidad al caminar y esta es diferente de un niño a otro.

Las contracciones de los músculos de las extremidades inferiores son invertidas por la marcha hacia atrás. La contracción excéntrica de los cuádriceps durante la fase de carga es reemplazada por una contracción concéntrica, y es verdad que se consigue ganar fuerza, pero con la contracción excéntrica de marcha adelante se gana más fuerza que con la concéntrica de marcha hacia atrás.

En referencia al kinesio-taping, todavía no existe un estudio que mejore la marcha y equilibrio postural con el tratamiento del kinesio paraespinal.

Otro punto que falta en este estudio es que el efecto inmediatos de KT no fue evaluado, por lo tanto, los efectos inmediatos deben evaluarse y compararse con los efectos a corto/largo plazo. Otra limitación es que GMFM es una evaluación relacionada principalmente con el desarrollo y, por lo tanto, insensible a los cambios en el control postural.

En el entrenamiento del equilibrio postural, Los resultados de este estudio están de acuerdo con Stillman <sup>[65]</sup>, que informó que la conciencia propioceptiva de las posturas y los movimientos son más necesarios durante el aprendizaje de nuevas habilidades. Los resultados positivos de la marcha en el grupo experimental serían causados por la mejora de las capacidades de aprendizaje adquiridas, y no tanto por el sistema Biodex.

## 5. CONCLUSIÓN

La evidencia actual muestra los ensayos clínicos que estudian los diversos beneficios en el abordaje del paciente con PC mejorando su marcha y equilibrio postural.

Desde el punto de vista de la fisioterapia, uno de los objetivos es concienciar e informar y motivar a los familiares a que continúen la rehabilitación en casa.

Existe heterogeneidad en los estudios respecto al tratamiento, a la duración, número de sesiones semanales que se deben llevar a cabo, número de repeticiones, tipo de ejercicio, tiempo, y tipo de patología que presentan los participantes. Se deberían realizar estudios que abarquen todas las necesidades del paciente. Los tamaños muestrales deberían ser mayores y homogéneos.

Los estudios incluidos en esta revisión, ya sea terapia específica de equilibrio y postura, terapia con simuladores (hipoterapia), terapia de vibración, tratamiento marcha atrás y por último terapia sobre el tapiz rodante con o sin ayuda, obtienen resultados estadísticamente significativos a excepción de la terapia con vendaje como el kinesio-taping que es el único que no. Por lo tanto, existe evidencia sobre el tratamiento de PC y sus beneficios tanto en la marcha como en la postura.

Como propuestas futuras de investigación para la mejora en el estudio de este tipo de terapia física parece más recomendable cegar a los evaluadores, para evitar la manipulación de los resultados. Aumentar la cantidad y la variedad de pacientes intervenidos y luego subdividirlos por patologías ya sea por tipo de PC o nivel de disfunción.

También recomiendo estudios dirigidos a promover las comparaciones de los resultados a lo largo de diferentes grupos de edad más específicos. Los estudios tienen un número relativamente pequeño de pacientes y corto seguimiento. No se sabe si después del tratamiento los pacientes conservaron el beneficio.

Con respecto al simulador de equitación no hay estudios que demuestren que se consiguen los mismo efectos fisiológicos que con la hipoterapia tradicional, a parte, los niños se estimulan más con animales que con un simple simulador, por ello sería recomendable hacer un estudio comparando ambos tratamientos.

En el tratamiento marcha atrás, se necesita la realización de más estudios que midan la fuerza muscular y el gasto de energía, además de la sinergia. La velocidad de entrenamiento de la marcha no era determinada ya que los participantes entrenaban en paralelas, de manera que cada niño utiliza su propia velocidad al caminar.

En referencia al KT, las evaluaciones se realizaron después de quitar el kinesio, sin embargo, también hay estudios en los que las evaluaciones se llevaron a cabo cuando KT todavía está en la parte del cuerpo, por ello sería recomendable que en futuros estudios, ambos métodos se utilicen para detectar si hay cambios.

También hay que evaluar los efectos de diferentes programas de entrenamiento del equilibrio para mejorar el rendimiento de la marcha y el desarrollo y mejora de diferentes habilidades motoras que no sean funciones de la marcha.

Otro estudio que propondría, ya que, en las dos investigaciones sobre la rehabilitación en la cinta de correr una es desgravada y otra sin desgravar, sería recomendable un estudio comparando cual sería el mejor método de tratamiento.

Y por último sobre los dos estudios acerca de la eficacia de las vibraciones corporales, sería muy positivo realizar investigaciones sobre el tiempo base recomendado de este tratamiento.

## 6. ANEXOS

En este apartado se procede a explicar los parámetros estadísticos utilizados en los estudios.

ANOVA <sup>[66]</sup> El análisis de varianza (ANOVA) de un factor sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Se trata, por tanto, de una generalización de la Prueba T para dos muestras independientes al caso de diseños con más de dos muestras. Esto permite obtener información sobre el resultado de esa comparación.

ANCOVA <sup>[66]</sup> el análisis de la covarianza ANCOVA, es un modelo lineal general con una variable cuantitativa y uno o más factores. El ANCOVA es una fusión del ANOVA y de la regresión lineal múltiple. Permite eliminar la heterogeneidad causada en la variable de

interés (variable dependiente) por la influencia de una o más variables cuantitativas (covariables). Básicamente, el fundamento del ANCOVA es un ANOVA al que a la variable dependiente se le ha eliminado el efecto predicho por una o más covariables por regresión lineal múltiple. La inclusión de covariables puede aumentar la potencia estadística porque a menudo reduce la variabilidad.

“p-valor” <sup>[68]</sup> El p-valor o nivel de significación empírico del contraste es el dato obtenido a partir del valor del estadístico del contraste, en las observaciones que corresponden a la realización de la muestra de tamaño  $n$  extraída de la población  $X$ , y nos informa sobre cuál sería el nivel de significación  $\alpha$  más pequeño que nos hubiera permitido rechazar la hipótesis nula.

SPSS <sup>[67]</sup> Es una potente aplicación de análisis estadísticos de datos, dotada de una intuitiva interfaz gráfica que resulta muy fácil de manejar

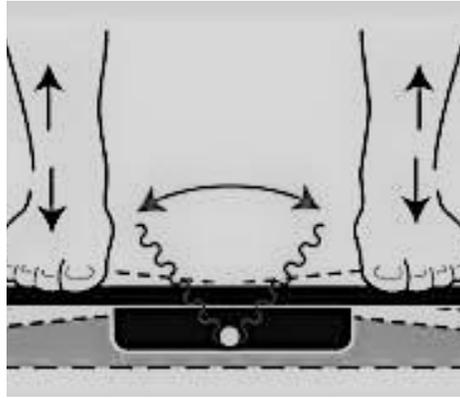
Intervalo de confianza (IC) <sup>[69]</sup> Es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada. La probabilidad de que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido se denomina nivel de confianza, y se denota  $1 - \alpha$ . La probabilidad de equivocarnos se llama nivel de significancia y se simboliza  $\alpha$ . Generalmente se construyen intervalos con confianza  $1 - 95\%$  (o significancia  $= 5\%$ ).

Desviación estándar <sup>[70]</sup> Es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. La desviación estándar es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución. Así, la desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad.

Imágenes relacionadas con las intervenciones empleadas en los artículos.



**Tratamiento con vibración**



**Simulador de hipoterapia**



**Tratamiento de cinta con arnés**



**Tratamiento de cinta**



**Marcha atrás con paralelas**



**Kinesiotape en paraespinales**



**Biodex como tratamiento del equilibrio**

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robaina-Castellanos GR, Riesgo-Rodríguez S, Robaina-Castellanos MS. Definition and classification of cerebral palsy: a problem that has already been solved? *Rev Neurol*. 2007; 45(2):110–7.
2. NIH: Instituto Nacional de Trastornos Neurológicos y Accidentes Cerebrovasculares [Internet]. EE.UU: NIH; 2008 [actualizado 23 mayo 2017; citado 31 mayo 2017]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/cerebralpalsy.html>
3. McManus V, Guillem P, Surman G, Cans C. SCPE work, standardization and definition- - an overview of the activities of SCPE: a collaboration of European CP registers. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi* 2006; 8(4):261–5.
4. Dewar R, Love S, Johnston LM. Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2014.
5. Lorente Hurtado. La parálisis cerebral. Actualización del concepto, diagnóstico y tratamiento. *Pediatría Integral*. 2007; 11(8):687–98.
6. The RP. Manual Ability Classification System Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual para niños con Parálisis Cerebral. *Dev Med Child Neurol*. 2005; 10(8):190–79.
7. Hidecker MJC, Paneth N, Rosenbaum PL, Kent RD, Lillie J, Eulenberg JB, et al. Developing and validating the Communication Function Classification System for individuals with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2011; 53(8):704–10.
8. Jo M, Hidecker C. Classification systems used in cerebral palsy CFCS Walks without Handles objects easily Sends and receives limitations and successfully information with

familiar and unfamiliar partners effectively and efficiently Walks with Handles most objects but Sends. 2015; 39(8):657–64.

**9.** Calderón-González R, Calderón Sepúlveda RF. Terapias de controversia o polémicas en los trastornos del neurodesarrollo. Rev Neurol 2000 31: 368-375.

**10.** Digital Resource Foundation for the orthotics and prosthetics community. The Orthotics & Prosthetics Virtual Library. Protésica del miembro inferior.2010

**11.** Collado Vázquez S. Análisis de la marcha con plataformas dinamométricas. Influencia del transporte de carga. [Tesis Doctoral]. Madrid: Facultad de Medicina de la Universidad Complutense; 2002.

**12.** Blanc Y. Adquisición de la marcha en Viel E. En: La marcha humana. La carrera y el salto. Biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones. Barcelona: Masson; 2002;:205-215.

**13.** Viladot R, Cohi O, Clavell S. Ortesis y prótesis del aparato locomotor. Extremidad inferior.Barcelona: Masson; 2005.

**14.** Martín Casas P, Meneses Monroy A, Beneit Montesinos J, Atín Arratibel M. El Desarrollo de la Marcha Infantil como Proceso de Aprendizaje. Acción Psicológica. 2014; 11(1):45–54.

**15.** Shaffer D R. Psicología del desarrollo. Infancia y adolescencia. Thomson Learning; 2000.

**16.** Gesell A. El niño de 1 a 4 años. Barcelona: Paidós Ibérica; 2008.

**17.** Natanson J. Aprender jugando. Barcelona: Paidós Ibérica; 2000.

- 18.** Comellas i Carbó MJ, Perpinyà i Torregosa A. La Psicomotricidad en preescolar. Barcelona: Ceac; 2009.
- 19.** Rogers JP, Vanderbilt SH. Coordinated treatment in cerebral palsy- Where are we today? *J Prosthet Orthot* 2010; 2: 68-81.
- 20.** Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor Control. Theory and practical applications. Williams and Wilkins; 2005.
- 21.** Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: a survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Aust J Physiother*. 2002; 48:43- 9.
- 22.** Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of PEDro Scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther* 2003; 83:713- 21.
- 23.** Kwak EE. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait performance in children with spastic cerebral palsy. *J Music Ther*. 2007; 44(3):198–216.
- 24.** Baram Y, Lenger R. Gait improvement in patients with cerebral palsy by visual and auditory feedback. *Neuromodulation*. 2012; 15(1):48–52.
- 25.** Lee B, Chon S. Effect of whole body vibration training on mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled experimenter-blinded study. *Clin Rehabil* [Internet]. 2013; 27(7):599–607.  
Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23411791>
- 26.** El-Shamy SM. Effect of whole-body vibration on muscle strength and balance in diplegic cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2014; 93(2):114–21. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24434887>

- 27.** Unger M, Jelsma J, Stark C. Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: a randomized control trial. *Dev Neurorehabil* [Internet]. 2013; 16(2):79–88. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23477461>
- 28.** Borges MBS, Werneck MJDS, Silva MDL Da, Gandolfi L, Pratesi R. Therapeutic effects of a horse riding simulator in children with cerebral palsy. *Arq Neuropsiquiatr*. 2011; 69(5):799–804.
- 29.** Herrero P, Asensio A, García E, Marco A, Oliván B, Ibarz A, et al. Study of the therapeutic effects of an advanced hippotherapy simulator in children with cerebral palsy: a randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2010; 11:71. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20398394><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC2864204>
- 30.** Ramstrand N, Lyngegård F. Can balance in children with cerebral palsy improve through use of an activity promoting computer game? *Technol Heal Care*. 2012; 20(6):501–10.
- 31.** Druzbecki M, Rusek W, Snela S, Dudek J, Szczepanik M, Zak E, et al. Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *J Rehabil Med*. 2013; 45(4):358–63.
- 32.** Wu M, Kim J, Arora P, Gaebler-Spira DJ, Zhang Y. Locomotor training through a 3D cable-driven robotic system for walking function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Conf Proc. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf*. 2014; 2014:3529–32.

- 33.** Borggraefe I, Schaefer JS, Klaiber M, Dabrowski E, Ammann-Reiffer C, Knecht B, et al. Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol* [Internet]. 2010; 14(6):496–502. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpn.2010.01.002>
- 34.** Cherng R-J, Liu C-F, Lau T-W, Hong R-B. Effect of treadmill training with body weight support on gait and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007; 86(7):548–55.
- 35.** Chrysagis N, Skordilis EK, Stavrou N, Grammatopoulou E, Koutsouki D. The Effect of Treadmill Training on Gross Motor Function and Walking Speed in Ambulatory Adolescents with Cerebral Palsy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2012; 91(1):747–60.
- 36.** Johnston TE, Watson KE, Ross SA, Gates PE, Gaughan JP, Lauer RT, et al. Effects of a supported speed treadmill training exercise program on impairment and function for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2011; 53(8):742–50.
- 37.** Mattern-Baxter K, McNeil S, Mansoor JK. Effects of home-based locomotor treadmill training on Gross Motor Function in young children with Cerebral Palsy: A quasi-randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2013; 94(11):2061–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2013.05.012>
- 38.** Grecco LAC, Tomita SM, Christovão TCL, Pasini H, Sampaio LMM, Oliveira CS. Effect of treadmill gait training on static and functional balance in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Brazilian J Phys Ther*. 2013; 17(1):17–23.

- 39.** El-Basatiny HMY, Abdel-Aziem AA. Effect of backward walking training on postural balance in children with hemiparetic cerebral palsy: a randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 2015; 29(5):457–67.
- 40.** Şimşek, GoncaŞimşek, İbrahim Engin TT. The effects of Kinesio-taping on sitting posture, functional independence and gross motor function in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2011; 33(21):2058–63. Available from: [10.3109/09638288.2011.560331%5Cnhttp://ezproxy.usherbrooke.ca/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=pbh&AN=65960791&site=ehost-live](http://ezproxy.usherbrooke.ca/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=pbh&AN=65960791&site=ehost-live)
- 41.** McNee AE, Will E, Lin JP, Eve LC, Gough M, Morrissey MC, et al. The effect of serial casting on gait in children with cerebral palsy: preliminary results from a crossover trial. *Gait Posture.* 2007; 25(3):463–8.
- 42.** 1. Salem Y, Lovelace-Chandler V, Zabel RJ, McMillan AG. Effects of prolonged standing on gait in children with spastic cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* [Internet]. 2010; 30(1):54–65. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20170432>
- 43.** Abd El-Kafy EM, El-Basatiny HMYM. Effect of postural balance training on gait parameters in children with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2014; 93(11):938–47. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24901761>
- 44.** Pool D, Blackmore AM, Bear N, Valentine J. Effects of short-term daily community walk aide use on children with unilateral spastic cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* [Internet]. 2014; 26(3):308–17. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24979083>
- 45.** Ruck J, Chabot G and Rauch F. Vibration treatment in cerebral palsy: a randomized controlled pilot study. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2010; 10: 77–83.
- 46.** Stark C, Nikopoulou-Smyrni P, Stabrey A, Semler O and Schoenau E. Effect of a new physiotherapy concept on bone mineral density, muscle force and gross motor function

in children with bilateral cerebral palsy. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2010; 10: 151–158.

**47.** Scholtes VA, Becher JG, Janssen-Potten YJ, Dekkers H, Smallegenbroek L and Dallmeijer AJ. Effectiveness of functional progressive resistance exercise training on walking ability in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 2012; 33: 181–188.

**48.** Thompson N, Stebbins J, Seniorou M and Newham D. Muscle strength and walking ability in diplegic cerebral palsy: implications for assessment and management. *Gait Posture* 2011; 33: 321–325.

**49.** Shinomiya Y, Osawa T, Hosaka Y, Shuoyo Wang, Ishida K, Kimura T. Development and physical training evaluation of horseback riding therapeutic equipment. *International Conference on advanced intelligent mechatronics*, 2003:1239-1243.

**50.** Shinomiya Y, Nomura J, Yoshida Y, Kimura T. Horseback riding therapy simulator with VR technology. *ACM Symposium on virtual Reality Software and Technology*, 1997; 9-14.

**51.** Graaf Peters VB, Blauw-Hospers CH, Dirks T, Bakker H, Bos AF, HaddersAlgra M. Development of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy: possibilities for intervention? *Neurosci Biobehav Rev* 2007; 31:1191-1200.

**52.** Harris SR, Roxborough L. Efficacy and effectiveness of physical therapy in enhancing postural control in children with cerebral palsy. *Neural Plasticity* 2005; 12:2-3.

**53.** Smania N, Bonetti P, Gandolfi M, et al: Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *Am J Phys Med Rehabil* 2011; 90: 137-48

**54.** Hodapp M, Vry J, Mall V, et al: Changes in soleus H-reflex modulation after treadmill training in children with cerebral palsy. *Brain* 2008; 132:37-44

**55.** Johnston JE, Watson KE, Ross SA, et al: Effects of a supported speed treadmill training exercise program on impairment and function for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011; 3:742-50

**56.** Willoughby KL, Dodd KJ, Shields N, et al: Efficacy of partial body weight supported treadmill training compared with overground walking practice for

childrenwithcerebralpalsy:Arandomizedcontrolledtrial. Arch Phys Med Rehabil 2010; 91:333-9

**57.** Smania N, Bonetti P, Gandolfi M, Cosentino A, Waldner A, Hesse S, et al. Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. Am J Phys Med Rehabil. 2011; 90(2):137-49.

**58.** Grasso R, Bianchi L and Lacquaniti F. Motor patterns for human gait: backward versus forward locomotion. J Neurophysiol 1998; 80: 1868–1885.

**59.** Kramer JF and Reid DC. Backward walking: a cinematographic and electromyographic pilot study. Physiother Can 1991; 33: 77–86.

**60.** Schmitz TJ. Preambulation and gait training. In: Osullivan SB and Schmitz TJ (eds). Physical rehabilitation: assessment and treatment. 4th ed. Philadelphia: FA Davis Company, 2001.

**61.** Kase K, Wallis J. The latest Kinesio Taping method. Tokyo: Ski-Journal; 2002.

**62.** Footer CB. The effects of therapeutic taping on gross motor function in children with cerebral palsy. Pediatr Phys Ther 2006; 18:245–252.

**63.** Chen J, Woollacott MH: Lower extremity kinetics for balance control in children with cerebral palsy. J Mot Behav 2007; 39:306-16

**64.** De Graaf-Peters VB, Blauw-Hospers CH, Dirks T, et al: Development of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy: Possibilities for intervention? Neurosci Biobehav Rev 2007; 31:1191-200

**65.** Stillman BC: Making sense of proprioception: The meaning of proprioception: Kinaesthesia and related terms. Physiotherapy 2002; 88:667-76

**66.** Análisis de varianza de un factor: El procedimiento ANOVA de un factor [Internet]. Universidad Complutense de Madrid. [Citado el 24 de Julio de 2015]. Disponible en: [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D\\_departamento/materiales/analisis\\_datosyMultivariable/14anova1\\_SPSS.pdf](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materiales/analisis_datosyMultivariable/14anova1_SPSS.pdf)

**67.** José Manuel Rojo Abuin. Primeros pasos en SPSS [Internet] CSIC. Laboratorio de Estadística; [Citado el 16 de abril de 2014] Disponible en: [http://portal.uned.es/pls/portal/docs/page/uned\\_main/launiversidad/vicerrectorados/inve](http://portal.uned.es/pls/portal/docs/page/uned_main/launiversidad/vicerrectorados/inve)

stigacion/o.t.r.i/ofertas%20tecnologicas/dmac/documentos%20y%20tutoriales/spssini  
ciacion.pdf

**68.** Aula virtual de Bioestadística de la Universidad Complutense de Madrid [Internet]. Definición del P valor o nivel de significación empírico en un contraste de hipótesis. [Citado el 8 de abril de 2014]. Disponible en: [http://estadística.bio.ucm.es/glosario2/def\\_p\\_valor.html](http://estadística.bio.ucm.es/glosario2/def_p_valor.html)

**69.** Escuela de Medicina universidad católica de Chile [Internet]. Epidemiología analítica: Intervalos de confianza [Actualizado 2007; citado 16 de abril de 2014]. Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/epianal9.htm>

**70.** Virtual de aprendizaje. [Internet] Tecnológico de Monterrey. [Citado 16 de abril de 2014]. Medidas de dispersión; La desviación estándar. Disponible en: [http://www.cca.org.mx/cca/cursos/estadística/html/m11/desviacion\\_estandar.htm](http://www.cca.org.mx/cca/cursos/estadística/html/m11/desviacion_estandar.htm)