



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**  
**Magíster en Terapia Física con**  
**mención en Rehabilitación Neuromotriz**

Proyecto de Trabajo de Grado de Magíster

“Electroestimulación Funcional como estrategia para generar cambios en la  
funcionalidad motora de usuarios con Lesión Medular Adquirida: una revisión  
narrativa”

Estudiante: Klga. Paula Muñoz Ayala

Profesor Guía: Klgo. Gabriel Marzuca Nassr

Temuco, 28 – ABRIL – 2023

## **INDICE**

I.	RESUMEN	4
II.	ABSTRACT	6
III.	FORMULACIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO	8
IV.	PREGUNTA, OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	18
V.	METODOLOGÍA Y MÉTODOS	19
VI.	RESULTADOS	31
VII.	PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN	33
VIII.	DISCUSIÓN	42
IX.	CONCLUSIÓN	46
X.	REFERENCIAS	47
XI.	ANEXOS	53

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1, Distribución nacional de usuarios con lesión medular adquirida por Instituto	11
Figura 2, Neuronas motoras inferiores con denervación de larga data de un sujeto con lesión medular	12
Figura 3, Diagrama de Flujo	23
Figura 4, Protocolo de Intervención. Elaboración Propia	33

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1, Estrategia de Búsqueda	19
Tabla 2, Características de estudios seleccionados para realizar la Revisión Narrativa.	24

## **I. RESUMEN**

Las lesiones medulares se definen como un daño a la médula espinal que causa cambios temporales o permanentes en su función. Etiológicamente pueden dividirse en traumáticas y no traumáticas. Las de origen traumático, poseen una incidencia variable y dentro de sus principales causas están los accidentes automovilísticos y caídas desde altura. Este diagnóstico presenta consecuencias devastadoras en el ámbito físico, social y profesional de los usuarios; conduciendo a discapacidades de tipo permanentes como son: alteraciones esfinterianas, sexuales, motrices, emocionales y económicas. Una de las principales secuelas es la atrofia muscular esquelética y disminución de fuerza muscular lo que llevará a disminuir la funcionalidad motora, que es la capacidad de una persona para realizar actividades motoras cotidianas de manera eficiente y efectiva. El tratamiento de las lesiones medulares involucra ejercicio terapéutico, uso de dispositivos robóticos y electroestimulación. La electroestimulación, es una técnica utilizada hace décadas en las áreas de rehabilitación y entrenamiento; cuando se asocia a un movimiento funcional, se denomina electroestimulación funcional que permite aumentar la masa y fuerza muscular esquelética, llevando como resultado una mejora de la funcionalidad motora.

**Objetivo:** Sintetizar la evidencia existente que respalde el uso de la electroestimulación funcional como estrategia para generar cambios en la funcionalidad motora de usuarios con lesión medular adquirida y proponer un protocolo de uso de electroestimulación funcional en usuarios con lesión medular asociado a ejercicios, con el propósito de generar un aumento en la masa y fuerza muscular de miembros superiores en estos usuarios.

**Método:** Se realizó una Revisión Narrativa utilizando las bases de datos de PubMed, PEDro y Cochrane Library. Se incluyeron ensayos clínicos, meta-análisis, ensayos clínicos aleatorizados y revisiones sistemáticas; publicaciones realizadas hasta Abril del año 2023, en idioma Español, Inglés y Francés.

Se seleccionaron y analizaron 6 Revisiones Sistemáticas, 1 Meta análisis y 3 Ensayos Clínicos Aleatorizados.

**Resultados:** Dentro de las estrategias más utilizadas para entrenamiento de fuerza en usuarios con lesión medular se encuentra la electroestimulación funcional, el ejercicio terapéutico, la estimulación neuromuscular, el entrenamiento de cargas progresivas, la combinación de estimulación eléctrica funcional con otras intervenciones y el entrenamiento robótico, entre otras.

**Conclusión:** Los estudios revisados entregan respaldo en el uso de electroestimulación funcional asociado a ejercicio terapéutico en usuarios con lesión medular adquirida para aumentar la fuerza y masa muscular lo que se traduce en aumento de la funcionalidad motora. Existe amplia variabilidad en parámetros (tiempos de uso, dosis y periodos de seguimiento). Basados en la evidencia sintetizada se propone un protocolo de intervención en usuarios con Lesión Medular utilizando electroestimulación funcional y ejercicio terapéutico.

**Palabras claves:** Lesión de Médula Espinal; Atrofia Muscular; Estimulación Eléctrica Funcional, Electroestimulación Funcional.

## II. ABSTRACT

Spinal cord injury is defined as damage to the spinal cord that causes temporary or permanent changes in its function. Etiologically they can be divided into traumatic and non-traumatic. Those of traumatic origin have a variable incidence and among their main causes are car accidents and falls from height. This diagnosis has devastating consequences in the physical, social and professional environment of the users; leading to permanent disabilities such as: sphincter, sexual, motor, emotional and economic alterations. One of the main sequels is skeletal muscle atrophy. Its treatment involves therapeutic exercise, use of robotic devices and electrostimulation. Electrostimulation is a technique used for decades in the areas of rehabilitation and training; when associated with a functional movement, it is called functional electrostimulation that allows increasing skeletal muscle mass and strength, which decreases muscle atrophy resulting from spinal cord injury.

**Objective:** Synthesize the existing evidence that supports the use of functional electrostimulation as a strategy to generate changes in the motor functionality of users with acquired spinal cord injury and propose a protocol for the use of functional electrostimulation in users with spinal cord injury associated with exercises, with the purpose of generating an increase in the muscular strength of the upper limbs in these users.

**Method:** A Narrative Review was carried out, in PubMed, PEDro and Cochrane Library; who completed clinical trials, meta-analyses, randomized clinical trials, and systematic reviews; publications made until April 2023, in Spanish, English and French; 6 Systematic Reviews, 1 Meta-analysis and 3 Randomized Clinical Trials were selected and analyzed.

**Results:** Among the most used strategies for strength training in users with spinal cord injury are functional electrostimulation, therapeutic exercise, neuromuscular stimulation, progressive load training, the combination of functional electrical stimulation with other crises, robotic training

among other.

**Conclusion:** The reviewed studies support the use of functional electrostimulation and therapeutic exercise in users with acquired spinal cord injury to increase muscle strength. There is a wide variety of parameters (times of use, doses and follow-up periods). Based on the synthesized evidence, an intervention protocol is proposed for users with Spinal Cord Injury using functional electrostimulation and therapeutic exercise.

**Keywords:** Spinal Cord Injury; Muscular atrophy; Functional Electrical Stimulation, Functional Electrostimulation.

### **III. FORMULACIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO**

#### **Introducción**

Las lesiones medulares de origen traumático afectan a un amplio número de personas a nivel mundial. La incidencia es de 39 casos por millón de personas en América del Norte, 16 casos por millón de personas en Australia y 15 casos por millón de personas en Europa Occidental (1). Las lesiones medulares traumáticas afectan sistemas importantes que son claves para el desarrollo de las actividades de la vida diaria de estos usuarios, lo que se traduce en una menor participación de éstos en su entorno. La atrofia muscular esquelética, ya sea por desuso o denervación, se presenta en la evolución natural de esta condición de salud, siendo necesaria la búsqueda constante de estrategias terapéuticas que permitan revertir o mejorar esta alteración estructural (2). Es aquí donde la electroestimulación funcional asociada a un movimiento funcional aparece como un complemento a los tratamientos terapéuticos utilizados regularmente con esta población (2). El propósito de este Trabajo de Grado es realizar una Revisión Narrativa que exponga la evidencia y respalde el uso de la electroestimulación funcional asociada a ejercicio terapéutico, para generar cambios en la funcionalidad motora de usuarios con lesión medular adquirida.

#### **Lesiones medulares y datos epidemiológicos**

El concepto "lesión medular", se refiere a los daños temporales o permanentes que sufre la médula espinal a consecuencia de un traumatismo, enfermedad o degeneración. Los síntomas van a depender de la gravedad de la lesión y de la localización de ésta; afectándose los sistemas autónomo, sensitivo y motor. La tendencia demográfica es que se presenta mayoritariamente en hombres en edad laboral, en una razón 2:1 de acuerdo a los datos entregados por la Organización

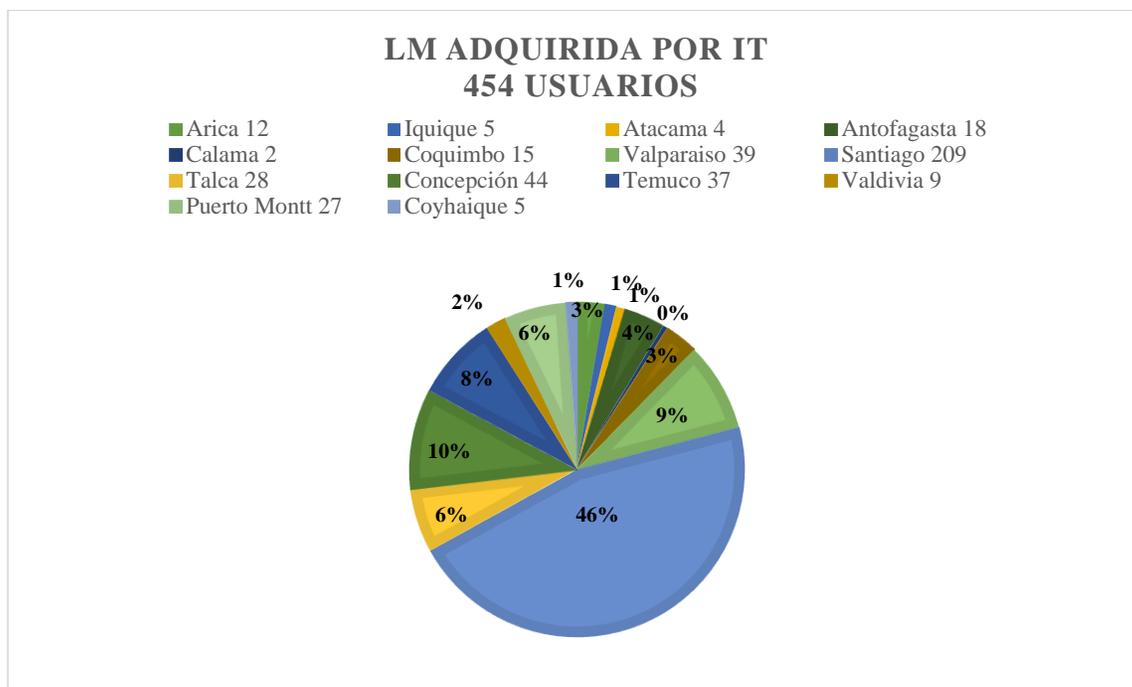
Mundial de la Salud (3). El riesgo de mortalidad es mayor en el primer año luego de sufrir la lesión y permanece más elevado que en la población general. Son factores determinantes de este riesgo la oportuna atención médica, el método y tiempo de traslado al centro de salud. En países de ingresos económicos altos, las afecciones secundarias prevenibles como las úlceras por presión no tratadas, dejaron de ser una de las causas principales de muerte de estos usuarios, no así en países de ingresos económicos bajos (3).

Las lesiones medulares están asociadas al desarrollo de afecciones secundarias que pueden llegar a ser mortales, pero sobre todo discapacitantes, como son trombosis venosas profundas, hipertensión arterial, infecciones urinarias, osteoporosis, úlceras por presión, dolores crónicos y complicaciones respiratorias, siendo necesario el constante uso de los servicios médicos y de rehabilitación existentes en el sistema de salud (3). Además, no se debe olvidar la implicancia a nivel emocional que esta condición provoca tanto al usuario, como a su familia y entorno.

Las lesiones medulares según su causa de origen pueden clasificarse en “lesiones medulares no traumáticas”, las que son provocadas por tumores, patologías degenerativas o congénitas entre otras causas y existen las “lesiones medulares de origen traumático”, que ocurren más comúnmente en hombres (79,8%) que en mujeres (20,2%), con una aparición mayormente entre los 15 y 29 años. En América del Norte, los accidentes de tráfico son la causa principal de las lesiones medulares traumáticas, llegando al 38% entre el año 2010 y 2014, luego le siguen las caídas con el 31% y las relacionadas con deporte en un 10 a 17% (1). En la población general, la lesión medular traumática se presenta con mayor frecuencia a nivel de columna cervical alrededor de un 60%, seguida de la columna torácica en un 32% y, por último, en la columna lumbosacra en un 9% (1).

En cuanto a la mortalidad, si bien es cierto, los usuarios con lesión medular traumática han

mejorado su expectativa de vida con el tiempo, sin embargo, aún la tasa de mortalidad de éstos es mayor a la población de la misma edad. Además, el riesgo de mortalidad aumenta de acuerdo a la gravedad y al nivel de la lesión, así como a la edad del usuario y presencia de traumatismos multisistémicos. No existen datos precisos y fiables de su prevalencia mundial, pero se estima que su incidencia puede variar entre 40 y 80 casos por millón de habitantes, de los cuales un 90% de los casos se deben a causa traumática. Existe una estimación a nivel mundial de la incidencia de lesiones medulares de origen traumático, la que podría variar entre 3,6 a 195,4 pacientes por millón de habitantes de acuerdo a la evidencia encontrada (4). A nivel nacional, los datos encontrados se limitan a los entregados por la Sociedad Pro Ayuda del Niño Lisiado, entidad que al 14 de abril del año 2023 tenía como pacientes activos a 1954 usuarios con diagnóstico de Alteraciones Raquimedulares, de los cuales 454 son de origen Adquiridas, (5). Estos datos pertenecen a usuarios que son atendidos a lo largo del país en los diferentes institutos de rehabilitación infantil “Teletón” (usuarios de hasta 27 años de edad); por lo que deja excluidos a parte de la población que presenta este diagnóstico y que por distintas causas (edad u otras) no ha sido usuarios de Teletón. (Figura 1)

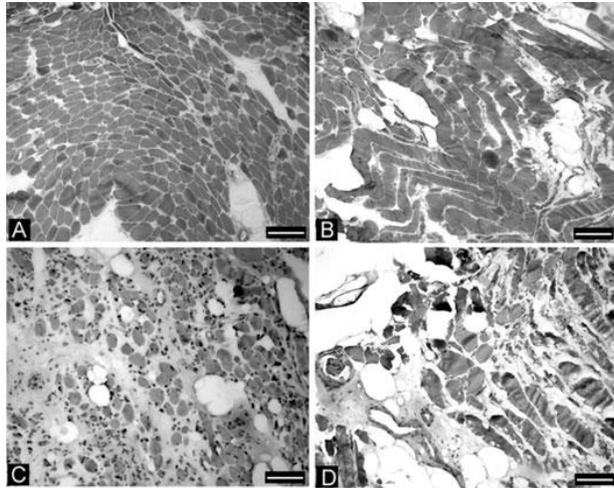


**Figura 1:** Distribución nacional de usuarios con lesión medular adquirida por Instituto Teletón. LM: Lesión Medular; IT: Instituto. Elaboración propia.

### **Impacto de la atrofia muscular esquelética y disminución de fuerza muscular en usuarios con lesión medular**

La atrofia muscular esquelética es una de las secuelas más comunes en los usuarios con lesión medular adquirida. Ocurre rápidamente desde etapas agudas de la condición, específicamente durante el periodo de hospitalización y estabilización primaria, donde aparece la atrofia por desuso y continúa a un ritmo que es mayor que el existente en la población general (6). Estudios demuestran que luego de 6 semanas post injuria, en un lesionado medular completo, existe una disminución del 18 al 46% en el tamaño de los músculos bajo la lesión, en comparación con usuarios controles y a las 24 semanas el área de sección transversa del músculo esquelético puede verse disminuido entre un 30 y 50% (7,8). En la fase crónica de la condición de salud, descrita como tal desde los 6 meses post lesión, además de la atrofia por desuso, ya se

encuentra manifiesta la atrofia por denervación bajo el nivel de lesión. También se evidencia un aumento de la adiposidad e infiltración de tejido graso intramuscular, asociada a la reducción de la actividad física por lo que los riesgos de desarrollar afecciones cardio metabólicas se incrementan en estos usuarios (9). (Figura 2).



**Figura 2:** Neuronas motoras inferiores con denervación de larga data de un sujeto con lesión medular. A, 10 meses post Lesión Medular; B, 16 meses post Lesión Medular; C, 2.9 años post Lesión Medular; D, 8.7 años después de la lesión medular. Figura extraída de Carraro et al. (9), sin autorización.

Todo lo anteriormente señalado, llevará a que el músculo esquelético desarrolle menor fuerza, llevando a que el usuario con lesión medular disminuya su funcionalidad motora y empeore su calidad de vida; pues se limita la capacidad de la persona para realizar actividades de la vida diaria, la movilidad, independencia funcional; afectando su participación en actividades sociales y laborales. Por lo tanto, es importante abordar y tratar la disminución de la fuerza muscular en los usuarios con lesión medular adquirida mediante rehabilitación y entrenamiento de fuerza específicos para cada caso.

## **Rehabilitación en usuarios secueledos de lesión medular**

Siddiqui et al. (2015), sugieren que los pacientes con lesión medular deben realizar a lo menos 20 minutos de ejercicio aeróbico moderado a vigoroso en la etapa aguda y crónica, por lo menos 2 veces por semana al igual que ejercicios de fortalecimiento, para ejercitar los principales grupos musculares en la etapa crónica de la lesión, es decir, a partir de los 6 meses de la injuria primaria, dada la atrofia muscular esquelética ya expresada (10). La atrofia muscular esquelética por desuso, implica en los usuarios secueledos de lesión medular una disminución de la masa y fuerza muscular, lo que se traduce en dificultades para moverse en cama, realizar transferencias desde y hacia la silla de ruedas, cama, sillón, suelo, ducha, auto, mantener un buen control en sedente o bípedo y realizar un manejo óptimo de la silla de ruedas (11). La rehabilitación de estos usuarios debe comenzar lo antes posible para conseguir prevenir complicaciones como atelectasias, trombo embolismos, úlceras por presión, entre otras. Por lo anterior, la rehabilitación se divide en diferentes fases dentro de las que se encuentran el Tratamiento en Fase de cama, Tratamiento en Fase de Sedestación, Tratamiento en Bipedestación y Fase de Deambulaci3n, de ser posible. La fase de sedestaci3n y posterior bipedestaci3n requiere especial atenci3n por la hipotensi3n ortostática existente dada la inestabilidad cardiovascular causada por la mantenci3n en supino durante el periodo de hospitalizaci3n y por la p3rdida de control de los barorreceptores. Esto ocurre principalmente en usuarios con lesiones sobre T6. Esta reeducaci3n ortostática, se realiza con bipedestaci3n asistida en Tabla Supina u otro tipo de bipedestador, comenzando con pocos grados de inclinaci3n hasta conseguir bipedestar sobre los 80 grados por periodos prologados de tiempo. Se debe realizar continuamente monitoreo y registro de signos vitales. Adem3s, es indispensable realizar fortalecimiento muscular analítico de musculatura indemne, de esta manera el usuario tendr3 un mejor desempeñ3 en el manejo de silla de ruedas y en las diferentes transferencias que debe realizar. En caso de tener capacidad de marcha, se realiza

entrenamiento de ésta, ya sea en paralelas o con la ayuda de órtesis robóticas con suspensión de peso, complementando esto con la utilización de diferentes órtesis que permitan la deambulación (como son órtesis tobillo pie, órtesis rodilla - tobillo - pie, entre otras) (11).

## **Electroestimulación**

La electroestimulación es una técnica de fisioterapia utilizada hace décadas en el ámbito de la rehabilitación y del entrenamiento, puede aplicarse de manera invasiva mediante agujas como en la electro acupuntura o de manera no invasiva mediante el uso de electrodos de superficies como en el caso de TENS (del inglés, *Transcutaneous Electrical Nervious Stimulation*). Cuando se aplica electroestimulación por medio de electrodos de superficie, la musculatura puede ser contraída directamente denominándose Electroestimulación Muscular o bien cuando se estimulan las ramas terminales de los axones neurales y la musculatura es estimulada indirectamente se denomina Electroestimulación Neuromuscular. Cuando a este tipo de estimulación se le agrega un movimiento funcional, se denomina **Electroestimulación Funcional** (12). La Electroestimulación funcional, es un tipo de fisioterapia que se utiliza para la rehabilitación y el tratamiento de las complicaciones existentes en diversas patologías, una de ellas es en la lesión de la médula espinal, mejorando el estado funcional y la calidad de vida de estos usuarios. La aplicación directa de una corriente eléctrica en los nervios o fibras musculares induce potenciales de acción. Los dispositivos existentes buscan una excitación óptima para cumplir con el objetivo terapéutico sin peligro de producir daño tisular. La intensidad de la corriente tiene un nivel mínimo o umbral el que debe ser inversamente proporcional al diámetro del axón que se pretende estimular. A nivel electroquímico el potencial de acción electro inducido debe ser idéntico al que en condiciones fisiológicas generan las neuronas (13).

Existen diferencias entre la contracción muscular voluntaria y la contracción muscular

electro inducida; principalmente por la actuación de las vías aferente y eferente en la contracción muscular voluntaria mientras que en la contracción muscular electro inducida actúa preferentemente la vía eferente. Además, mediante este tipo de contracción (electro inducida), se reclutan fibras rápidas desde la superficie hasta la profundidad muscular aumentando la cantidad total de reclutamiento permitiendo ganar fuerza de manera más rápida con su utilización (11). Cuando se suma contracción voluntaria se han descrito beneficios mayores en cuanto a aumento de fuerza muscular, por aumento en la masa muscular, duplicación en el consumo de oxígeno, cambios significativos en los triglicéridos y mejora en la relación músculo/grasa general del cuerpo del usuario entre otros beneficios. (6, 18,19).

Actualmente, existen 2 paradigmas diferentes de estimulación eléctrica. La primera tiene relación con la implementación de carga progresiva en el músculo con la finalidad de hipertrofiarlo y así aumentar su fuerza muscular. La segunda enfocada a aumentar el rendimiento cardiometabólico del músculo mediante la mejora de la capacidad aeróbica, lo que se consigue asociando la electro estimulación con el uso de cicloergómetro de miembros superiores o inferiores, dependiendo del tipo y nivel de lesión medular. En el caso de la hipertrofia del músculo esquelético, existe respaldo científico que implica mejoras en el área de sección transversa muscular, aumento en la resistencia muscular, aumento en el gasto cardíaco tanto en ejercicio como en reposo, generando cambios positivos en la calidad de vida de estos usuarios y favoreciendo la participación en su entorno, por aumento de la funcionalidad (1,6, 9). En un estudio, donde utilizaron la asociación de electroestimulación funcional y bicicleta, observaron que se pueden activar un total de 6 grupos musculares, lo que provocaría mayor adaptación metabólica y cardiovascular de los usuarios, disminuyendo los riesgos de desarrollar afecciones secundarias descritas previamente (7).

Diversos estudios respaldan la seguridad y efectividad del uso de electroestimulación funcional en usuarios adolescentes y adultos secueledos de lesión medular adquirida, por lo que se debiera fomentar su uso regular como herramienta terapéutica (2, 6, 9, 11). A pesar de lo anterior, su uso no está estandarizado, protocolizado, ni los dispositivos son ampliamente conocidos, lo que dificulta en la realidad nacional su uso regular como parte del proceso de rehabilitación de ésta población, siendo recientemente incorporados a establecimientos como Teletón, Hospital del Trabajador en Santiago, Hospital Félix Bulnes, entre otros.

### **Funcionalidad Motora**

La Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF), permite definir el concepto de funcionalidad motora como el grado en que una persona puede realizar actividades físicas básicas y complejas de la vida diaria; lo que incluye aspectos relacionados con funciones con funciones de control motor, como son la capacidad de controlar los movimientos del cuerpo de manera voluntaria; movilidad, la manipulación y la coordinación de objetos y herramientas; se realiza una conjunción entre el constructo de funcionales corporales, B7 y el constructo de S7 de actividades y participación; pues ambas describen el desempeño de la persona en tareas específicas, su participación en las actividades de la vida diaria y en la sociedad. Sin dejar de lado factores ambientales y personales que pueden afectar la capacidad de una persona para realizar estas actividades como el entorno físico, las actitudes y creencias sociales, las habilidades y experiencias individuales. En resumen, la funcionalidad motora se refiere a la capacidad de una persona para realizar actividades físicas de manera independiente y efectiva en su entorno. (29)

Debido a todo lo mencionado anteriormente, el propósito de este Trabajo de Grado es realizar una Revisión Narrativa que exponga la evidencia y respalde el uso de la electroestimulación funcional asociada a ejercicio terapéutico, para generar cambios en la funcionalidad motora de usuarios con lesión medular adquirida.

#### **IV. PREGUNTA, OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS**

##### **Pregunta:**

¿Cuál es la evidencia actual del efecto de la electroestimulación funcional, como estrategia para generar cambios en la funcionalidad motora, expresada por medio de la fuerza y masa muscular, de usuarios con lesión medular adquirida?

##### **Objetivo General:**

Sintetizar el efecto de la electroestimulación funcional como estrategia para generar cambios en la funcionalidad motora de usuarios con lesión medular adquirida.

##### **Objetivos Específicos:**

- Sintetizar el efecto de la electroestimulación funcional, para generar cambios en la funcionalidad motora de usuarios con lesión medular adquirida expresada por medio de cambios en la masa y fuerza muscular.
- Evidenciar la variabilidad de parámetros, dosificación y tiempo de seguimiento existentes en programas donde se utiliza la electroestimulación funcional como intervención en usuarios con lesión medular adquirida.
- Proponer protocolo de intervención de electroestimulación funcional asociado a ejercicios terapéuticos en usuarios con lesión medular adquirida, con el propósito de generar aumento en la funcionalidad motora de miembros superiores a través de la ganancia de masa y fuerza muscular esquelética.

## V. METODOLOGÍA Y MÉTODOS

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica, para recopilar, sintetizar y organizar la información existente relacionada con el tema en estudio.

### a) Estrategia de búsqueda

Se realizó para el cumplimiento del objetivo y en coherencia con la pregunta de investigación una búsqueda amplia en las principales bases de datos atinentes al área de rehabilitación: PubMed, *Cochrane Library* y PEDro, utilizando la siguiente Estrategia de búsqueda PICO<sub>R</sub> (Tabla 1).

**Tabla 1:** Estrategia de búsqueda. Elaboración propia.

<b>PICO<sub>R</sub></b>		<b>Términos Libres</b>	<b>Términos MesH</b>
<b>Pacientes</b>	Lesionados Medulares Adquiridos	<i>Tetraplegia</i> <i>Paraplegia</i> <i>Spinal Cord Injury</i>	<i>“Spinal Cord Injuries”</i>
<b>Intervención</b>	Estimulación eléctrica funcional	<i>Electrical stimulation</i> <i>Electrostimulation</i> <i>Functional electrical stimulation</i>	<i>“Electric Stimulation Therapy”</i>
<b>Comparación</b>	-	-	-
<b>Resultado</b>	Atrofia Muscular Fuerza Muscular Calidad de Vida	<i>Muscular Atrophy</i> <i>Muscular Strength</i> <i>Muscle Strengthening</i> <i>Quality of Life</i>	<i>“Muscular Atrophy”</i> <i>“Quality of life”</i>

PICO<sub>R</sub>: Acrónimo de Pacientes, Intervención, Comparación, Resultado; MesH: *Medical Subject Headings*.

Como parte de la estrategia utilizada se buscaron los términos libres mencionados en cada columna y luego los términos MeSH que se encontraron, además, se escogió el Operador Boleano "OR" el que se utilizó entre los conceptos tanto de Pacientes, Intervención, Resultados y los términos MeSH, luego de esto se utilizó el operador "AND" para revisar la intersección de los términos. Se aplicaron los filtros, *Clinical Trial*, *Meta – Analysis*, *Randomized Controlled Trial*, *Systematic Review*, *Humans*; se obtuvieron un total de 65 artículos en PubMed; en PEDro se utilizaron para la búsqueda los términos "*Spinal Cord Injury*", "*Functional Electrical Stimulation*", "*Muscle Atrophy*", "*Muscle Strength*" y "*Quality of Life*", se obtuvo un total de 7 artículos; en Cochrane Library se obtuvieron 5 artículos.

Se muestra el ejemplo de la estrategia de búsqueda en la base de datos PubMed/MEDLINE:

*(((((((tetraplegia) OR paraplegia) OR spinal cord injury) OR "Spinal Cord Injuries"[Mesh] AND Humans[Mesh])) AND (((("electrical stimulation") OR "functional electrical stimulation") OR "Electric Stimulation Therapy"[Mesh] AND Humans[Mesh])) AND (((("Muscular Atrophy"[Mesh] OR "muscle strength") OR "muscle strengthening") OR ("Quality of Life"[Mesh] AND Humans[Mesh])) AND Humans[Mesh])*

#### **b) Criterios de elegibilidad**

- Tipo de Estudio: Se consideraron Meta análisis; Revisiones Sistemáticas; Ensayos Clínicos no aleatorizados y Ensayos Clínicos Aleatorizados; de acuerdo al alto nivel de evidencia que proporcionan, permitiendo evaluar efectividad de diferentes intervenciones.
- Tipo de Participantes: Usuarios secuestrados de Lesión Medular Adquirida, de todos los niveles de lesión medular, edad y tiempo de evolución.

- Tipo de Intervención: Se consideraron estudios con intervenciones que involucren algún tipo de electroestimulación; electroestimulación funcional; cicloergómetro mediado por electroestimulación funcional; electroestimulación neuromuscular con y sin entrenamiento de carga progresiva; electroestimulación funcional asociada a ejercicio terapéutico; entrenamiento de marcha con soporte de peso corporal asociada a electroestimulación; estimulación magnética transcraneal repetitiva.
- Tipo de Resultados: Cambios en Fuerza Muscular; cambios en diámetro muscular; cambios en funcionalidad de los usuarios; cambios en la calidad de vida; cambios en la participación.

**c) Criterios de Exclusión Considerados**

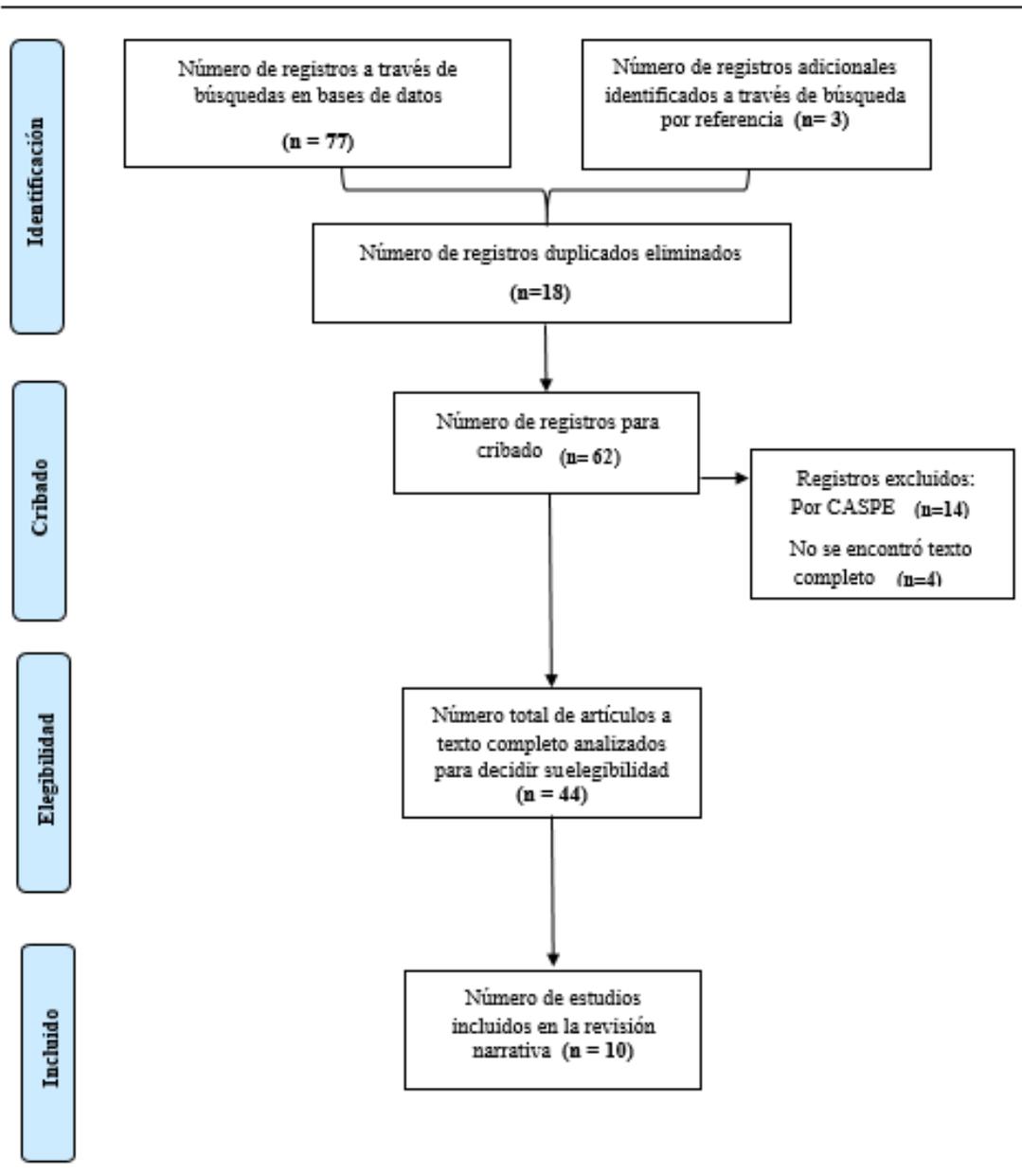
- Estudios en usuarios con Lesión Medular Congénita.
- Publicaciones duplicadas o en proceso de término.
- Artículos en idioma diferentes al inglés, español y francés.

**d) Selección de los estudios**

- Luego de aplicar las estrategias de búsqueda en las bases de datos y de incorporar registros adicionales identificados a través de búsqueda por referencia; se obtuvo un total de 80 artículos; se eliminaron por duplicación 18 artículos, utilizando el programa Mendeley; teniendo un total de 62 artículos; se realizó una primera selección en base al título de artículo y al resumen; se aplicaron las plantillas de CASPE (“*Critical Appraisal Skills Programme Español*”) para ensayos clínicos aleatorizados y para revisiones sistemáticas y meta análisis para evaluar aspectos claves de la calidad metodológica de

los estudios. En el caso de los artículos que presentaban ítems desfavorables, es decir, que en las preguntas de eliminación de las plantillas no obtuviesen SI como respuesta, fueron excluidos del análisis general (14 artículos). (Revisar Anexo 1 y 2).

- Se buscaron textos completos de los artículos y se excluyeron aquellos donde no fue posible su obtención, (4 artículos); de esta forma; fueron revisados 44 artículos, dando como resultado 10 artículos que se consideraron elegibles y se incluyeron en la revisión; esto se realizó junto a un segundo revisor del área de rehabilitación, con la finalidad de identificar posibles omisiones o errores en la selección de los estudios incluidos, para así escoger los artículos que efectivamente fuesen capaces de responder la pregunta formulada. (Revisar Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama de Flujo. CASPE: *Critical Appraisal Skills Programme*.

### e) Extracción de datos

Luego de la selección y lectura de los artículos incluidos, se extrajeron los datos en una tabla dónde se consideraron las siguientes variables: autor/año, título, objetivo del estudio, tipo de estudio, tamaño de muestra/población, intervención, dosis/exposición, resultados (Tabla 2).

**Tabla 2:** Características de artículos seleccionados para realizar la Revisión Narrativa

Autor/año	Título	Objetivo	Tipo de Estudio	Tamaño de Muestra/Población	Intervención	Dosis/ Exposición	Resultados
Sergio Ricardo Thomaz, et al. 2018	<i>Effect of electrical stimulation on muscle atrophy and spasticity in patients with spinal cord injury – a systematic review with meta-analysis</i>	Evaluar el efecto de la estimulación eléctrica, sobre el volumen del músculo esquelético y la espasticidad en individuos con lesión medular.	Revisión Sistemática con meta análisis	- 6 estudios incluyeron 104 pacientes con LME completa o incompleta.	- Estimulación eléctrica sobre el volumen muscular de las extremidades inferiores y sobre espasticidad.	Electroestimulación desde 30 a 45 minutos por sesión, 3 o 5 veces por semana, por máximo 14 semanas.  - Estudios relacionados con espasticidad se utilizó electroestimulación desde 15 a 60 minutos, desde 1 a 7 veces por semana, por un máximo de 16 semanas.	- Cambios en Volumen Muscular en LME Agudo el efecto global fue estadísticamente significativo (diferencia media: 0,86; IC del 95%: 0,04 a 1,69; $p < 0,04$ ).  - Cambios en espasticidad en MMII (4 estudios), el efecto global no fue significativo (diferencia de medias: 0,55; IC del 95%: - 0,31 a 1,41; $p = 0,21$ ).
Xiao Lu, et al. 2015	<i>Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic</i>	Resumir la evidencia de la efectividad del entrenamiento físico para promover la recuperación	Revisión Sistemática	- 16 estudios, con un total de 426 participantes con LME Cervical	- Ejercicio Terapéutico - Electroestimulación. - Electroestimulación funcional. - Entrenamiento	- Media de 60 minutos de intervención, media de 4 días a la semana, durante 2 semanas a 9	- La mayoría de los estudios informaron mejorías en la fuerza muscular, la función del brazo y la mano, la actividad

	<i>review.</i>	de la función de las extremidades superiores después de una lesión de la médula espinal cervical.			- o robótico. Estimulación magnética transcraneal repetitiva.	meses la mayoría (56 %) duró entre 6 y 8 semanas.	cotidiana o la calidad de vida después de las intervenciones.
Lisa A. Harvey, et al. 2021	<i>Do any physiotherapy and interventions increase spinal cord independence measure or functional independence measure scores in people with spinal cord injuries? A systematic review.</i>	Determinar si alguna intervención de fisioterapia aumenta las puntuaciones de la Medida de Independencia de la Médula Espinal o de la Medida de Independencia Funcional (SCIM/FIM) en personas con lesión de la médula espinal, con el objetivo general de determinar si es necesario controlar alguna intervención de fisioterapia en estudios que examinen los efectos de nuevas	Revisión Sistemática	- El número de participantes en los ensayos varió de 7 a 116 con una mediana (rango intercuartílico) de 30 participantes. - Sólo se incluyeron los ensayos de adultos con una LME traumática o no traumática, independientemente del tiempo transcurrido desde la lesión.	- Cualquier intervención de fisioterapia que genere cambios en la Medida de Independencia de la Médula Espinal o de la Medida de Independencia Funcional en personas con lesión medular	- Intervenciones variadas; en el caso de Electroestimulación Funcional; exposición fluctuante entre 30 a 45 minutos, 3 a 5 veces por semana, por 8 a 16 semanas.	- Treinta y tres ensayos cumplieron con los criterios de inclusión, pero solo 27 proporcionaron datos utilizables. - Un meta análisis de dos ensayos que compararon el entrenamiento de las extremidades superiores con y sin estimulación eléctrica funcional usando FIM indicó una diferencia combinada (IC del 95 %) entre grupos de 1,31 SMD (0,62–1,99) Otros seis ensayos que examinaron una variedad de diferentes intervenciones de fisioterapia

		intervenciones experimentales.					informaron una diferencia media estadísticamente significativa entre los grupos en la Medida de Independencia Funcional y en la Medida de Independencia funcional en personas con Lesión Medular.
Tanja A. Mayson, et al. 2014	<i>Functional electrical stimulation cycling in youth with spinal cord injury: A review of intervention studies</i>	Revisar la evidencia sobre la estimulación eléctrica funcional en cicloergómetro en jóvenes con LME	Revisión sistemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 estudios.</li> <li>- 40 participantes.</li> <li>- Edad entre 5 a 20 años.</li> <li>- Niveles de Lesión C3 y T11.</li> <li>- Clasificaciones A, B y/o C de la American Spinal Injury Association.</li> </ul>	- Ciclismo mediado por FES.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 60 minutos 3 veces por semana por 6 meses.</li> <li>- 30 minutos, 3 veces por semana por 9 meses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El ciclismo mediado por FES es para los jóvenes con LME.</li> <li>- Ciclismo mediado por FES, durante 6 meses 3 veces por semana puede influir positivamente en los niveles VO2.</li> <li>- Existió cambios positivos en la Fuerza de los cuádriceps al usar ciclismo mediado por FES.</li> </ul>
Jan W. van der Scheer, et al. 2021	<i>Functional electrical stimulation cycling exercise after spinal cord injury: a systematic review</i>	Resumir y evaluar la evidencia sobre el ejercicio de ciclismo con estimulación eléctrica funcional	Revisión Sistemática.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 92 estudios.</li> <li>- 999 adultos con LME.</li> <li>- Variedad de edad, sexo, tiempo desde la lesión, nivel de lesión y estratos de</li> </ul>	- Ciclismo mediado por FES.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En promedio 30 minutos por sesión. (10-60 min)</li> <li>- 3 veces por semana. (2-5 veces).</li> <li>- Por 16 semanas (8-26</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se encontraron mejoras significativas en Masa Muscular y Composición en el tipo de fibra muscular; Producción de potencia y en el</li> </ul>

	<i>of health and fitness-related outcomes</i>	después de una lesión de la médula espinal, con el fin de desarrollar guías de práctica clínica basadas en la evidencia.		<p>integridad de la lesión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la salud muscular (p. ej., masa muscular, composición del tipo de fibra.</li> </ul>		semanas).	estado físico aeróbico.
Gabriel Ribeiro de Freitas, et al. 2017	<i>Does Neuromuscular Electrical Stimulation Therapy Increase Voluntary Muscle Strength After Spinal Cord Injury? A Systematic Review</i>	Determinar la efectividad de la estimulación eléctrica neuromuscular para aumentar la fuerza voluntaria en los músculos parcialmente paralizados de personas con LME.	Revisión sistemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 estudios.</li> <li>- 170 participantes.</li> <li>- Edad media 18 y 61 años.</li> <li>- Tiempo desde LME 5 meses hasta 11 años.</li> <li>- Todos los niveles de lesión.</li> <li>- 4 estudios incorporaron desde C3 a C8. 1 estudio incorporó todos los niveles de LME.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NMES + Entrenamiento de resistencia progresiva v/s No intervención.</li> <li>- NMES + Entrenamiento de resistencia progresiva v/s Entrenamiento de carga progresiva.</li> <li>- NMES + Cicloergómetro v/s Cicloergómetro</li> <li>- NMES v/s otras intervenciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 días por semana por 8 semanas, 12 series por 10 repeticiones por día.</li> <li>- 3 días por semana por 8 semanas, 6 series por 10 repeticiones por día.</li> <li>- 3 días por semana, 10 minutos por día por 8 semanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento en la fuerza medida por la fuerza máxima y la prueba de fuerza muscular manual después de un protocolo NMES</li> <li>- Diferencia entre grupos a favor de la NMES asociada con el entrenamiento de resistencia progresiva.</li> <li>- Aumento en la cantidad de músculos mejorados en al menos 1 grado de fuerza después de la NMES en combinación con cicloergómetro.</li> </ul>
EJ Nightingale et al. 2007	<i>Benefits of FES gait in a spinal cord injured population.</i>	Evidenciar beneficios derivados de la marcha asistida por	Revisión Sistemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 36 estudios</li> <li>- Lesiones Medulares completas e incompletas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marcha asistida por estimulación eléctrica funcional en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejercicios de fortalecimiento y entrenamiento de marcha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de Fuerza Muscular; Velocidad de la Marcha, Función y cambios</li> </ul>

		estimulación eléctrica funcional, para personas con lesión de la médula espinal.		- Todos niveles de lesión.	lesionados medulares.	asistida por estimulación eléctrica funcional. - Intervenciones desde 8 a 24 semanas y con seguimiento de hasta 12 meses.	cardiorespiratorios.
Sander L. Hitzig et al. 2013	<i>Randomized Trial of Functional Electrical Stimulation Therapy for Walking in Incomplete Spinal Cord Injury: Effects on Quality of Life and Community Participation.</i>	Comparar los efectos de la marcha asistida por estimulación eléctrica funcional sobre la calidad de vida y la participación en lesionados medulares con un programa de ejercicios sin estimulación eléctrica funcional.	Ensayo Clínico Aleatorizado de Grupos paralelos.	- 27 Individuos con lesión medular incompleta crónica. - Nivel de lesión C2 a T12. - Clasificación en Escala de <i>American Injury Spine C</i> o <i>D</i> .	- Marcha asistida por estimulación eléctrica funcional o entrenamiento aeróbico/de resistencia.	- 3 veces por semana durante 16 semanas. - Evaluaciones realizadas a los 4, 6 y 12 meses.	- El grupo con la intervención tuvo un aumento significativo ( $p < 0.01$ ) en subpuntuaciones de movilidad en la Medida de Independencia de la Médula Espinal en comparación con el grupo de ejercicio. - Ambos grupos reportaron ganancias positivas en el bienestar al participar del estudio.
Mostafa Rahimi et al. 2019	<i>Advanced weight-bearing mat exercises combined with functional electrical stimulation to improve the</i>	Determinar los efectos de los ejercicios avanzados en colchoneta con carga de peso con/sin estimulación eléctrica funcional de	Ensayo Clínico Aleatorizado o Controlado	- 16 usuarios, divididos en 3 grupos de 5, 5 y 6 personas. - Lesionados medulares traumáticos. - Crónicos (sobre 1 año de evolución),	- Grupo 1, 5 usuarios, ejercicios avanzados en colchoneta. - Grupo 2, 5 usuarios, ejercicios avanzados en colchoneta	- Grupo 1, 3 sesiones por semana, durante 24 semanas. Aumentaron de 10 minutos durante el periodo.	- Medida de Independencia de la Médula Espinal varió positivamente en algunos ítems. - Tiempo en cuadrupedia aumentó en grupo 1 y 2 v/s grupo

	<i>ability of wheelchair-dependent people with spinal cord injury to transfer and attain independence in activities of daily living: a randomized controlled trial.</i>	los músculos cuádriceps y gastrocnemios en la capacidad de lesionados medulares dependientes de silla de ruedas para transferirse y lograr la independencia en las actividades de la vida diaria.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con paraplejia, nivel T2 a T12.</li> <li>- Escala de deterioro A o B de la <i>American Spinal Injury Association</i>.</li> <li>- Sin movimiento voluntario en extremidades inferiores.</li> <li>- Edad entre 25 y 45 años.</li> <li>- Respuesta de estimulación eléctrica funcional en cuádriceps y gastrocnemios.</li> </ul>	<p>con uso simultáneo de estimulación eléctrica funcional, en cuádriceps y gastrocnemios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 3, 6 usuarios, grupo control sin ejercicio y sin estimulación eléctrica funcional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 2, 3 sesiones por semana durante 24 semanas.</li> </ul>	<p>control.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerza Muscular: aumentó en los grupos 1 y 2.</li> <li>- Mejora en la capacidad de transferencia en grupos 1 y 2.</li> <li>- Mayor independencia en actividades de la vida diaria en grupo 2 v/s grupo control (3)</li> </ul>
James C Baldi et al. 1998	<i>Muscle atrophy is prevented in patients with acute spinal cord injury using functional electrical stimulation.</i>	Explorar si las contracciones isométricas provocadas por estimulación eléctrica funcional o el cicloergómetro mediado por estimulación eléctrica funcional, previenen la atrofia muscular posterior en	Ensayo Clínico Aleatorizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 26 individuos, con lesión medular, 14 – 15 semanas post lesión</li> <li>- Lesión medular completa.</li> <li>- Escala Frankel A o B.</li> <li>- Nivel de lesión torácica o cervical.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 1, Contracciones isométricas provocadas por Estimulación eléctrica funcional.</li> <li>- Grupo 2, cicloergómetro mediado por estimulación eléctrica funcional.</li> <li>- Grupo Control sin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 1; recibió estimulación eléctrica funcional, estando en supino, 1 hora, por 5 veces por semana.</li> <li>- Grupo 2, cicloergómetro mediado por estimulación eléctrica funcional; 30 minutos, 3 veces por</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo 1 perdió masa corporal magra constantemente pero menos que el grupo control.</li> <li>- Grupo 2 impidió atrofia en todas las regiones (Masa corporal magra total, masa corporal magra de las extremidades inferiores y masa corporal magra de glúteos), a los 3 y 6 meses al</li> </ul>

		individuos con lesión medular aguda ( menos 3 meses post lesión)			uso de estimulación eléctrica funcional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- semana.</li> <li>- Mediciones realizadas al comienzo del estudio a los 3 y a los 6 meses de intervención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- compararlo con el grupo control. La masa corporal magra aumentó.</li> <li>- Grupo 3 Control: perdieron entre 6.1 a 15% de masa muscular durante los primeros 3 meses y entre 9.5 y 31% a los 6 meses.</li> </ul>
--	--	------------------------------------------------------------------	--	--	------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

LME: Lesión de la Médula Espinal, MMII: Miembros Inferiores, SCIM: Medida de Independencia de la Médula Espinal, FIM: Medida de Independencia Funcional, NMES: Electroestimulación Neuromuscular.

## VI. RESULTADOS

La búsqueda se comenzó en el año 2018 y se actualizó el año 2023. Arrojó un total de 80 artículos, de los cuales se excluyeron duplicados, 18 artículos, se aplicaron las plantillas de CASPE excluyendo 14 artículos; no encontrados a texto completo 4 artículos, obteniendo un total de 10 artículos que dan respuesta a la pregunta de investigación formulada; existiendo una posibilidad de sesgo pues en conjunto con un segundo revisor, se escogieron artículos que respondieran a la pregunta planteada. Luego, se confeccionó una tabla resumen con 6 revisiones sistemáticas, 1 meta-análisis y 3 Ensayos Clínicos Aleatorizados; respaldando en la gran mayoría la electroestimulación funcional como estrategia terapéutica eficaz y segura para ser usada en usuarios con lesión medular adquirida, así como su asociación con cicloergómetro u otro tipo de ejercicio terapéutico; entregando como resultados, cambios favorables en la composición muscular (30, 35), en el volumen muscular (31), en la espasticidad (31), en la fuerza muscular (32, 34, 36, 37, 39), en la funcionalidad motora (32, 33, 37, 38, 39) y calidad de vida (32, 38) de los usuarios con lesión medular adquirida. (Revisar Tabla 2)

La síntesis de la información de la revisión narrativa llevada a cabo evidenció multiplicidad de parámetros utilizados en la aplicación de la electroestimulación funcional en usuarios con lesión medular adquirida; en relación a los estudios incorporados en la tabla resumen suman a lo menos 1700 participantes; cuyas edades fluctúan entre los 12 hasta los 61 años, incorporando compromisos funcionales diversos, así como niveles de lesión y tiempo de evolución de la misma. En cuanto a las intervenciones, la duración de una sesión tipo va desde los 10 los 60 minutos de electroestimulación, 3 a 5 veces por semana, durante a lo menos 5 semanas con un máximo de 26 semanas.

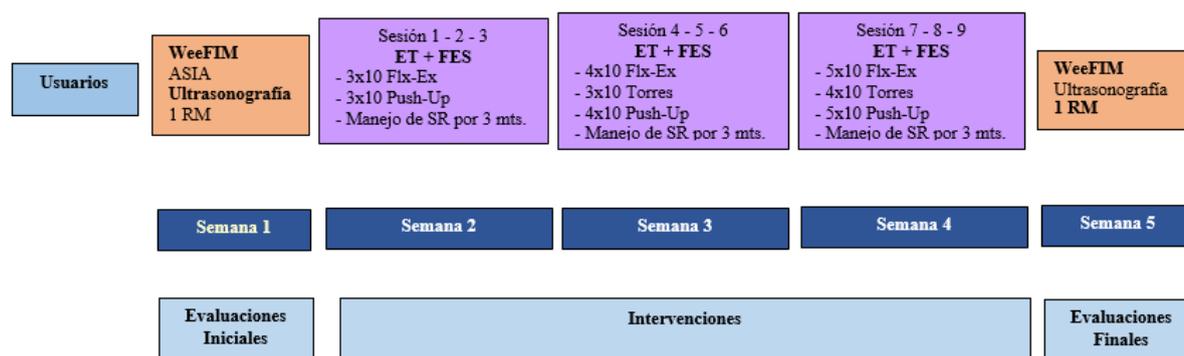
En relación a los parámetros de electroestimulación funcional; los artículos arrojaron como resultado valores de Ancho de Pulso entre 200-500 us (30, 34, 35, 36, 38) ; una intensidad

entre 0 a 200 mA (31, 35, 38, 39) y una frecuencia de estimulación entre 20 y 60 Hz (30, 34, 35, 36, 38, 39) ; cabe mencionar que el ajuste de este tipo de electroestimulación depende del músculo a tratar y de cada individuo, especialmente en relación a la intensidad de la corriente.

Con todos los hallazgos obtenidos en la presente revisión narrativa se decidió proponer un protocolo de intervención que contemple la electroestimulación funcional como estrategia terapéutica en usuarios con lesión medular adquirida; que permita a los clínicos aplicar de manera ordenada y sistemática esta herramienta de tratamiento en el quehacer profesional.

## VII. PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN

De acuerdo a la evidencia recolectada, se propone un protocolo de intervención de 5 semanas de duración (2 evaluaciones + 9 sesiones); que se distribuye de la forma detallada en la Figura 4.



**Figura 4:** Protocolo de Intervención. Elaboración propia.

WeeFIM: *The Functional Independence Measure for Children*, ASIA: *American Spinal Injury Association Impairment Scale*, 1RM: Una Repetición Máxima, ET: Ejercicio Terapéutico, FES: Electroestimulación Funcional, Flex; Flexión, Ext: Extensión, SR: Silla de Ruedas.

### EVALUACIONES; PRIMERA SEMANA

1. A cada usuario participante del protocolo se le realizará una **Encuesta de caracterización**, datos obtenidos durante la primera consulta; Sexo, edad, peso, talla, índice de masa corporal y redes de apoyo, entre otros.
2. **WeeFIM (*The Functional Independence Measure for Children*):** Se aplicará este test que es una adaptación del FIM (*Functional Independence Measure*), el cual es un test para adultos con discapacidad, creado y validado por un grupo de expertos en 1990. Su estandarización se realizó con una muestra de más de quinientos niños sin discapacidad y setecientos cinco niños con discapacidad. (21) El manual clínico del WeeFIM creado en 1998, señala que la herramienta tiene una buena correlación al aplicarla entre distintos

encuestadores. (21) Sus fundamentos están basados en dos conceptos de la independencia funcional: el primero se desprende de la definición de discapacidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS), donde se menciona la importancia que tiene la interferencia en las actividades de la vida diaria; y segundo la asistencia que requiere el sujeto en sus actividades y como esto repercute en el nivel social y económico (22). El WeeFIM tiene un total de 18 ítems de 1 a 7 de puntaje que se engloban en tres sub categorías: auto cuidado (8 ítems), movilidad (5 ítems) y social cognitivo (5 ítems). El WeeFIM fue traducido de la versión 5.01 y 6.0 en el Instituto de Rehabilitación Infantil Teletón de Santiago, su aplicación requiere de entrenamiento que dura dos horas y de completar una prueba para quedar registrado. (22). En caso de no tener la licencia para aplicar WeeFIM, se pueden utilizar la FIM (*Functional Independence Measure*) o SCIM (*Spinal Cord Independence Measure*) para medir la independencia funcional del usuario.

3. **ASIA/AIS (*ASIA Impairment Scale*):** Durante la primera semana también se aplicará la Escala de discapacidad ASIA/AIS (*ASIA Impairment Scale*) la que clasifica el deterioro motor y sensorial que resulta de una lesión de la médula espinal, desarrollada por la *American Spinal Injury Association* y la *International Spinal Cord Society*: la que entrega las normas internacionales para la clasificación neurológica de las lesiones medulares (23). Esta evaluación permite determinar el nivel neurológico, nivel motor, nivel sensorial y zonas de preservación parcial del sujeto, permitiendo su clasificación posterior. Mediante esta escala se determinará la fuerza de grupos musculares claves que se trabajaran con la electroestimulación.

La escala de deterioro ASIA se basa en la escala Anterior de Frankel, pero incluye una serie de mejoras significativas. La Clasificación AIS A (completa) se define por ausencia de función motora y sensorial en los segmentos sacros S4 - S5. La clasificación AIS B

(sensorial incompleta) es para sujetos con función sensorial pero no motora conservada por debajo del nivel neurológico e incluye los segmentos sacros S4 - S5 y ninguna función motora se conserva más de tres niveles por debajo del nivel motor a cada lado del cuerpo.

**AIS C (Motor Incompleto)** La función motora se conserva en los segmentos sacros más caudales para la contracción anal voluntaria o el paciente cumple con los criterios para el estado sensorial incompleto y tiene algo de función motora más de tres niveles por debajo del nivel motor ipsilateral a cada lado del cuerpo, incluye funciones musculares claves o no claves, para clasificar en este nivel menos de la mitad de las funciones musculares claves por debajo del nivel neurológico deben tener grado muscular mayor o igual a 3.

**AIS D (motor incompleto)**, tal como se definió en el punto anterior con al menos la mitad o más de las funciones musculares clave por debajo del nivel neurológico con un grado muscular igual o mayor a 3.

**AIS E, normal**, si la sensación y la función motora, se clasifican como normales mediante la escala, en todos los segmentos y el paciente tenía déficits previos, se clasifica como grado AIS E, alguien sin una lesión medular inicial no recibe un grado AIS. (23).

- 4. Ultrasonografía:** La ultrasonografía o ecografía músculo esquelética es una importante herramienta diagnóstica, pero también para el seguimiento de sujetos, que tiene múltiples ventajas, como accesibilidad, menor costo si lo comparamos con otras técnicas de imágenes, no es invasivo y no tiene contraindicaciones; dentro de las desventajas que presenta se encuentran, que es operador dependiente y la visualización de estructuras más profundas, como por ejemplo en un sujeto de gran contextura física, se ve limitada. Su aplicación requiere tener un importante conocimiento previo. Han existido grandes avances tecnológicos en el equipamiento ecográfico en este último tiempo, lo que permite en la actualidad obtener imágenes de mejor calidad, con más resolución y mayor detalle;

lo que la convierte en una excelente modalidad de imagen para evaluar tejidos blandos, entregando buen detalle anatómico además de una visión multiplanar y en tiempo real (24). Se sugiere realizar Ultrasonografía en los músculos bíceps y tríceps durante la primera semana y a la quinta semana del estudio para evaluar resultados; así como en el resto de músculos de los cuales se quiera llevar registro. Técnica de exploración: Para el músculo bíceps braquial se realizará con el usuario sentado en la silla de ruedas, frente al médico fisiatra, quien posicionará el brazo a evaluar sobre una mesa, con flexión de codo en 90°, palma hacia arriba, marcando un punto a 10 cm desde pliegue del codo, ubicado en la fosa del codo, en el vientre muscular del bíceps braquial, donde posicionará el transductor perpendicular y luego paralelo a las fibras musculares, registrando las mediciones del grosor muscular en milímetros. Repetirá la acción con el otro brazo, de la misma forma, registrando así las 4 mediciones realizadas en cada brazo al sujeto. Para el músculo tríceps braquial se realizará con el usuario sentado en la silla de ruedas, en "*Crab Position*", hombro en extensión y brazo en rotación interna, asistido por un tercero en caso de ser necesario por falta de control motor, fisiatra marcará un punto a 10 cm del Olecranon en el vientre muscular del tríceps braquial donde posicionará el transductor primero de manera perpendicular y luego paralelo a las fibras musculares, registrando en milímetros el grosor de éste músculo. Repetirá la acción con el otro brazo, de la misma forma, registrando así las 4 mediciones realizadas en cada brazo al sujeto. (24)

5. **1 Repetición Máxima:** Una repetición máxima (1RM), es una medida establecida de evaluación de la fuerza muscular, definida como el valor de la resistencia contra la cual un movimiento dado puede realizarse solo una vez, a través de todo el rango de movimiento. (25). La evaluación confiable de la fuerza muscular es importante para el diseño de este protocolo de intervención, por lo que se realizará, tanto para la flexión de codo, como para

la extensión de éste. Se sugiere realizar esta medición en todos los sujetos participantes del protocolo en la semana 1 y 5, en bíceps y tríceps braquial, adaptando la sujeción de las máquinas de entrenamiento de ser necesario, debido al nivel de lesión, por ejemplo, utilizando un guante de neopreno para favorecer agarre. Se realizará monitorización de presión arterial durante la evaluación puesto que por el tipo de contracción muscular realizada y el tipo de paciente sometido a la evaluación, estos valores podrían incrementarse de manera brusca. En la primera visita para familiarización y evaluación inicial, el sujeto deberá realizar un calentamiento previo de la musculatura a analizar por 5 minutos en cicloergómetro, luego se evaluará y registrarán los valores tanto para bíceps como para tríceps braquial, logradas en no más de 6 intentos de 10 repeticiones, separados por 2 minutos de descanso, lo que se define como 1RM estimada, que es lo que se utilizará en el protocolo; se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{1RM = \underline{Carga\ en\ kg}} \\ \mathbf{(1.0278 - 0.0278 \times N^{\circ}Repeticiones)}$$

En la segunda visita, se evaluará comenzando con el 90% de 1RM estimado para luego, en no más de 6 intentos, determinar 1RM real, tanto para bíceps como para tríceps braquial. Se propone utilizar Máquina ARM EXTENSIÓN, marca Impulse y Máquina ARM CURL, marca Impulse.

## **INTERVENCIONES: SEGUNDA, TERCERA Y CUARTA SEMANA.**

Luego de aplicarse las evaluaciones primarias (Encuesta de caracterización, WeeFIM, ASIA, ultrasonografía de bíceps y tríceps braquial y 1RM de bíceps y tríceps braquial), los usuarios serán sometidos a 9 sesiones de ejercicio terapéutico asociado a electroestimulación funcional.

### **Ejercicio Terapéutico:**

Para efectos de este protocolo se definió que se utilizarán series de ejercicios terapéuticos funcionales en cada una de las sesiones, definidos como gestos motores de alguna tarea de las actividades de la vida diaria, como son llevarse comida a la boca, lavarse la cara, colocar un objeto sobre otro, transferencia de cama a silla de ruedas, traslado entre otras; acompañadas de estimulación eléctrica funcional.

- a) **Series de ejercicios de flexo - extensión de codo;** sujeto sentado en silla de ruedas frente a mesa regulada a altura que permita al sujeto apoyar el codo, una vez ubicados los electrodos en ambos brazos y regulados a tolerancia del sujeto, se solicitará que realice contracción de bíceps al mismo tiempo que perciba la estimulación eléctrica, la que durará 3 segundos, los impulsos van alternando entre los brazos. Cada brazo realizará 3 series de 10 repeticiones la segunda semana del estudio, 4 series de 10 repeticiones la tercera semana y 5 series de 10 repeticiones la cuarta semana.
- b) **Series de Push – Up;** luego de ubicar los electrodos en tríceps braquial, de ambos brazos, se le solicitará al sujeto la realización de extensión de codos al mismo tiempo que perciba la estimulación eléctrica, la que durará 3 segundos y se activará de manera paralela en ambos brazos. El sujeto realizará 3 series de 10 repeticiones la segunda

semana, 4 series de 10 repeticiones la tercera semana y 5 series de 10 repeticiones la cuarta semana.

- c) **Manejo de Silla de Ruedas por 3 metros;** se marcará esta distancia en una superficie plana, se cronometrará el tiempo que tarde en realizar el recorrido. Luego de ubicar los electrodos tanto en bíceps como en tríceps de ambos brazos, se solicitará al sujeto realizar la acción de avanzar por tres metros, moviendo la silla desde el aro, de ser necesario se utilizará un guante que favorezca el agarre. Se activarán de manera conjunta en ambos brazos, primero los electrodos ubicados en tríceps braquial y luego los ubicados en bíceps, con una contracción inicial de 3 segundos, la que se evaluará de acuerdo al desempeño del sujeto.
- d) **Torres,** desde la tercera semana, se sugiere sumar a lo anteriormente descrito la confección de dos torres; es decir, colocación y posterior retiro de 5 cubos, los que miden 2 por 2 centímetros y pesan 30 gramos. Luego de colocar los electrodos en cada bíceps y tríceps braquial se solicitará que el sujeto realice la actividad primero con el brazo derecho y luego con el izquierdo. Durante la tercera semana serán 3 series de 10 repeticiones del movimiento por brazo, luego en la cuarta semana se realizarán 4 series de 10 repeticiones del movimiento por brazo.

### **Electroestimulación Funcional:**

Luego de una lesión medular, la activación muscular necesaria para realizar un movimiento se ve interrumpida debido a lesiones implicadas en la transmisión de las señales motoras y sensitivas, convirtiéndose en un desafío terapéutico, por lo que asociado a las diferentes estrategias de rehabilitación convencional como son los entrenamientos de fuerza, coordinación y motricidad fina, se encuentra la utilización de la electroestimulación

funcional, la cual favorece la contracción y coordinación muscular necesaria para realizar movimientos funcionales. Se utilizará un dispositivo de 6 canales, lo que permite activar músculos de forma simultánea y coordinada para generar patrones de movimientos funcionales como alcance, agarre y aproximación de objetos. Se utilizarán electrodos de superficie o transcutáneos de 2,5 x 2,5 centímetros, ubicados de acuerdo a lo que indica el Proyecto SENIAM, para bíceps y tríceps braquial (26). Se debe mencionar que una de las ventajas de la electroestimulación funcional (FES) es la flexibilidad de su aplicación permitiendo modificar la localización de los electrodos y el patrón de estimulación en función de la respuesta muscular del sujeto. (27)

**Equipo posible a utilizar:** TrainFES 6 Advance, cuya forma de onda es Bifásica, simétrica, compensada, ancho de pulso 20-400 us, Control por corriente (CC) hasta 130mA y frecuencia de estímulo 1-60 hz.

### **SISTEMATIZACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DESARROLLO DEL PROTOCOLO:**

En el caso de realizar la propuesta de protocolo; se proponen los siguientes análisis para registrar los eventuales cambios generados por las intervenciones. Se debe crear una base de datos en el software Excel versión 2015. La base de datos se podría exportar para su limpieza en el software SPSS versión 24.0 o similar. En el caso de inconsistencia de la información o errores de digitación, se debe contrastar la información con los registros previos.

**Análisis Descriptivo:** Se propone realizar la descripción de las variables cualitativas nominales y ordinales mediante tablas de distribución de frecuencias y porcentajes. Para las variables cuantitativas continuas y discretas (Talla, Peso, IMC) se deberían expresar según normalidad con análisis de promedio y desviación estándar y en caso de no normalidad en percentil 25, 50 y 75.

**Análisis de Contraste:** Se sugiere realizar análisis de contraste entre los tiempos primera y quinta semana del protocolo, para grosor de bíceps y tríceps braquial y fuerza muscular, mediante el test de T de Student para muestras pareadas en caso de normalidad y en caso de no normalidad mediante Prueba estadística de Wilcoxon. Los análisis estadísticos se podrían realizar con el software SPSS versión 24.0 o similar aceptando un  $p < 0.05$  como significativo.

**Análisis WeeFIM:** Se describirá mediante análisis de frecuencia y porcentajes y se evaluará la mejora o cambio mediante porcentaje.

## VIII. DISCUSIÓN

A pesar de los limitados datos epidemiológicos encontrados particularmente para Chile (5), es sabido que la lesión medular adquirida es una de las principales causas de discapacidad crónica existente a nivel mundial, en población en edad laboral (3). Actualmente, la gama de tratamientos para sus secuelas es amplia (3, 6, 7, 11, 15), por lo que los tratantes deben buscar estrategias terapéuticas que permitan resolver de manera rápida y eficaz las complicaciones secundarias que genera ésta condición, en particular la atrofia muscular esquelética y disminución de fuerza muscular (30, 31, 32), la que afecta tanto a la musculatura indemne como infralesional, aumentando el riesgo de generar patologías cardio metabólicas, afectando directamente su funcionalidad puesto que se dificulta la realización de actividades de la vida diaria, participación laboral como social y como consecuencia afecta su calidad de vida.

La evidencia existente relacionada con tratamientos que generen incremento de fuerza muscular en usuarios con lesión medular adquirida, como la electroestimulación funcional, muestra limitaciones pues existen variedad de parámetros, dosificaciones y seguimiento; esta revisión narrativa tuvo como objetivo sintetizar el efecto de la electroestimulación funcional como estrategia para generar cambios en la funcionalidad motora de usuarios con lesión medular (7, 9, 10, 13). La funcionalidad motora se define como la conjunción de dos constructos de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF); relacionados directamente con la movilidad y la capacidad de realizar actividades físicas diarias de manera independiente y eficaz (29); por esta razón cambios en la fuerza muscular de usuarios con lesión medular, generan cambios importantes en su funcionalidad. Se sintetizaron 10 estudios, los cuales arrojaron a pesar de la heterogeneidad de parámetros, dosis y periodos de seguimiento; que el uso de electroestimulación funcional genera cambios positivos en la masa y fuerza de la musculatura entrenada, con estos datos se propone un

protocolo básico de intervención, que presente evaluaciones de fácil aplicabilidad, así como un plan de intervención simple considerando los datos recopilados en la revisión; permitiendo generar una herramienta a los clínicos.

Kapadia et al. en el año 2011, determinaron como resultado que la terapia de electroestimulación funcional combinada con tareas específicas manuales, generó mejores resultados en comparación con las estrategias convencionales utilizando solamente técnicas de terapia ocupacional (20). La terapia con electroestimulación funcional no solo mejoró la función manual voluntaria de usuarios secuestrados de lesión medular traumática cervical incompleta en el periodo subagudo, sino que los beneficios funcionales obtenidos persistieron durante los 6 meses post fase de tratamiento. Lo anterior, refuerza que la electroestimulación funcional es una terapia que puede incorporarse fácilmente al tratamiento de estos usuarios. (20)

La electroestimulación funcional provoca cambios sobre la fisiología muscular, dependiendo de los parámetros con los que se use (11, 16, 17). Se identificó que una amplitud de corriente creciente provoca un reclutamiento de unidades motoras adicionales a las que se reclutarían con una amplitud estable, así mismo el aumento en el ancho de pulso permite aumentar la activación de la unidad motora. En relación a la fuerza, hay estudios que demuestran que se aumenta la potencia muscular si se asocia el uso de electroestimulación funcional a ejercicios, siempre y cuando la motoneurona inferior esté indemne. Se sugiere un ancho de pulso entre 250 y 400 milisegundos y una frecuencia entre 20 y 50 Hz con amplitud alta (11, 16, 17). Es importante mencionar que el electrodo utilizado actúa como un conductor, entregando carga eléctrica desde un suministro de energía al tejido, en este caso muscular. La transferencia de carga ocurre cuando la tensión aplicada entre el electrodo activo y un segundo electrodo genera un campo eléctrico, que a su vez potencia el flujo de la carga eléctrica (11). Se debe mencionar que la electroestimulación utilizada en usuarios secuestrados de lesión medular, se

utiliza tanto en musculatura atrofiada pero inervada normalmente (musculatura supralesional) como en musculatura que se encuentre parcialmente desnervada (musculatura infralesional) debiendo seleccionar para esto músculos o grupos musculares cuya mejoría, activación o recuperación genere un beneficio funcional para el usuario (13).

El uso de electroestimulación funcional asociada a cicloergómetro tanto en miembros inferiores como superiores, es difundida ampliamente y se expone como intervención en esta población, uso respaldado por Mayson et al. en el año 2014, así como por Jan W. van der Scheer et al. en el año 2021; se demostró su seguridad tanto en jóvenes como adultos, evidenciando aumento de fuerza y cambios metabólicos obtenidos con su uso (34,35).

Intervenciones como ejercicio terapéutico, ejercicios de carga progresiva, soporte robótico asociado a electroestimulación, también se utilizan en el tratamiento de usuarios con lesión medular, pues generan cambios en la funcionalidad de éstos (32, 33, 37, 38, 39).

La evidencia es variada en cuanto a parámetros de uso de electroestimulación, existiendo diferentes formas de aplicación por lo que se propusimos un protocolo de intervención que incorpore electroestimulación funcional y ejercicio terapéutico. Se considerarán los parámetros más utilizados en la literatura; recogidos en esta revisión; Ancho de Pulso Ancho de Pulso entre 200-500 us; intensidad entre 0 a 200 mA y una frecuencia de estimulación entre 20 y 60 Hz (30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39). El protocolo propuesto si bien es cierto está diseñado para usuarios con lesiones medulares altas, puede ser utilizado en paraplejas más bajas pues las evaluaciones sugeridas, además de ser ampliamente conocidas por los clínicos; así como las intervenciones, son aplicables a diferentes grupos musculares; se consideraron además, parámetros y tipo de electroestimulación, corriente bifásica cuadrada, pues no provoca efectos térmicos en la piel, disminuyendo los riesgos de eventos adversos, garantizando la seguridad en su uso. Al ser propuesto en un tiempo de 5 semanas, disminuye las probabilidades de baja adherencia al tratamiento, su aplicabilidad es sencilla; generando

cambios importantes en la funcionalidad motora de los usuarios y por consiguiente cambios positivos en su calidad de vida.

## **IX. CONCLUSIÓN**

Los estudios revisados entregan respaldo en el uso de la electroestimulación funcional asociado a ejercicio terapéutico en usuarios con lesión medular adquirida para aumentar la funcionalidad motora, la que se ve afectada por la atrofia muscular y la disminución de la fuerza generada por la lesión medular. La evaluación y promoción de la funcionalidad motora es un componente importante en la rehabilitación y el cuidado de la salud de personas con lesión medular pues afecta su capacidad para moverse y realizar actividades cotidianas. Existe una amplia variedad de parámetros en la aplicación de la electroestimulación funcional, relacionados con el tiempo de uso, dosis y periodos de seguimiento de la terapia. Se propuso un protocolo de intervención en usuarios con lesión medular adquirida, utilizando electroestimulación funcional y ejercicio terapéutico; considerando los parámetros más utilizados en la literatura.

## **X. REFERENCIAS**

1. Ahuja, C., Wilson, J., Nori, S., Kotter, M., Druschel, C., Curt, A. and Fehlings, M. (2017). Traumatic spinal cord injury. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, pp.1 - 21.
2. Deley G, Denuziller J, Babault N. Functional Electrical Stimulation: Cardiorespiratory Adaptations and Applications for Training in Paraplegia. *Sports Medicine*. 2014;45(1):71-82.
3. Lesiones medulares [Internet]. World Health Organization. 2013 [cited 10 October 2018]. Available from: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
4. Jazayeri S, Beygi S, Shokraneh F, et al. "Incidence of Traumatic Spinal Cord Injury Worldwide: A Systematic Review". *European Spine Journal*. 2015;24 (5):905-918.
5. Memorias Anuales [Internet]. Teletón. 2022 [citado el 14 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.teleton.cl/memorias-anuales/2022.pdf>
6. Mayson T, Harris S. "Functional Electrical Stimulation Cycling in Youth with Spinal Cord Injury: A review of intervention studies". *The Journal of Spinal Cord Medicine*. 2014;37(3):226-277.
7. Gorgey A, Khalil R, Lester R, Dudley G, Gater D. "Paradigms of Lower Extremity Electrical Stimulation Training After Spinal Cord Injury". *Journal of Visualized Experiments*.2018;(132).
8. Galea M, Dunlop S, Marshall R, Clark J, Churilov L. Early exercise after spinal cord injury ('Switch-On'): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2015;16(1):1 - 8
9. Carraro U, Rossini K, Mayr W, Kern H. Muscle Fiber Regeneration in Human Permanent Lower Motoneuron Denervation: Relevance to Safety and Effectiveness of FES-Training, Which Induces Muscle Recovery in SCI Subjects. *Artificial Organs*. 2005;29(3):187-191.

10. Siddiqui A, Khazaei M, Fehlings M. Translating mechanisms of neuroprotection, regeneration, and repair to treatment of spinal cord injury. *Sensorimotor Rehabilitation - At the Crossroads of Basic and Clinical Sciences*. 2015;218:15-54
11. Esclarín de Ruz A, Arzoz Lezaun T. *Lesión Medular*. Madrid: Médica Panamericana; 2010: 61 - 65.
12. Herrero A, Martín J, Benito P, Gonzalo-Martínez I, Chulvi-Medrano I, García-López D. Posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2015;8(4):155-162.
13. Ho C, Triolo R, Elias A, Kilgore K, DiMarco A, Bogie K et al. “Functional Electrical Stimulation and Spinal Cord Injury”. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2014;25(3):631-654.
14. Fitzarris M, Cripps R. A., Lee B.B. “Estimating the Global Incidence of Traumatic Spinal Cord Injury.” *Spinal Cord*. 2013; (52): 117-122.
15. Ma V, Chan L, Carruthers K. “Incidence, Prevalence, Costs and Impact on Disability of Common Conditions Requiring Rehabilitation in the United States: Stroke, Spinal Cord Injury, Traumatic Brain Injury, Multiple Sclerosis, Osteoarthritis, Rheumatoid Arthritis, Limb Loss, and Back Pain”. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014;95(5):986-995.
16. Bersch I, Fridén J. “Role of Functional Electrical Stimulation in Tetraplegia Hand Surgery”. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2016;97(6):S154-S159.
17. Ibitoye M, Hamzaid N, Hasnan N, Abdul Wahab A, David G. “Strategies for Rapid Muscle Fatigue Reduction during FES Exercise in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review”. *PLOS ONE*. 2016;11(2):e0149024 .

18. Kuhn D, Leichtfried V, Schobersberger W. "Four Weeks of functional electrical stimulated cycling after spinal cord injury". *International Journal of Rehabilitation Research*. 2014;37(3):243-250.
19. Deley G, Denuziller J, Babault N. Functional Electrical Stimulation: Cardiorespiratory "Adaptations and Applications for Training in Paraplegia". *Sports Medicine*. 2014;45(1):71-82.
20. Kapadia N, Zivanovic V, Furlan J, Craven B, McGillivray C, Popovic M. "Functional Electrical Stimulation Therapy for Grasping in Traumatic Incomplete Spinal Cord Injury: Randomized Control Trial". *Artificial Organs*. 2011;35(3):212-216.
21. Grilli L, Feldman D, Majnemer A, Couture M, Azoulay L, Swaine B. "Associations between a functional independence measure (WeeFIM) and the pediatric quality of life inventory (PedsQL4.0) in young children with physical disabilities". *Quality of Life Research*. 2006;15(6):1023-1031.
22. García D. "Instrumentos de evaluación de funcionalidad en niños con discapacidad: Una comparación descriptiva entre The Functional Independence Measure for Children (WeeFIM) y The Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI)". *Rehabil. Integral* 2011; 6 (2): 79-86.
23. Asia Spinal Injury [Internet]. Asia Spinal Injury Association. 2019 [cited 25 July 2019]. Available from: <https://asia-spinalinjury.org/international-standards-neurological-classification-sci-isncsci-worksheet/>
24. Astudillo C A. Indicaciones del ultrasonido musculo esquelético diagnóstico. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 2013;24(1):88-97.
25. Niewiadomski W, Laskowska D, Gasiorowska A, Cybulski G, Strasz A, Langfort J. "Determination and Prediction of One Repetition Maximun (1RM): Safety Considerations". *Journal of Human Kinetics*. 2008; 19(1): 109-120.

26. Sensor Locations [Internet]. Seniam.org 2019 [cited 25 July 2019]. Available from: [http://seniam.org/sensor\\_location.htm](http://seniam.org/sensor_location.htm)
27. Avandaño J, Basco - López J. "Electroestimulación funcional en el lesionado medular (Revisión Científica)". *Fisioterapia*. 2001; 23 (monográfico 2): 12-22
28. Scireproject.com. [cited 2023 Apr 23]. Available from: [https://scireproject.com/wp-content/uploads/2022/04/SCIM\\_Toolkit\\_Printable-1-1-1.pdf](https://scireproject.com/wp-content/uploads/2022/04/SCIM_Toolkit_Printable-1-1-1.pdf)
29. ICF Browser (Internet). Who.int (citado el 25 de abril de 2023). Disponible en: <http://who.int/classifications/icfbrowser/Default.aspx>
30. Baldi JC, Jackson RD, Moraille R, Mysiw WJ. Muscle atrophy is prevented in patients with acute spinal cord injury using functional electrical stimulation. *Spinal Cord* (Internet). 1998 (citado el 27 de abril de 2023); 36(7):463-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.gov/9670381/>
31. Thomaz SR, Cipriano G Jr, Formiga MF, Facin-Martins E, Cipriano GFB, Martins WR, et al. Effect of electrical stimulation on muscle atrophy and spasticity in patients with spinal cord injury – a systematic review with meta-analysis. *Spinal Cord* (Internet). 2019 (citado el 27 de abril de 2023);57(4):258-66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30696926/>
32. Lu X, Battistuzzo CR, Zoghi M, Galea MP. Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic review. *Clin Rehabil* [Internet]. 2015 [citado el 27 de abril de 2023];29(1):3–13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25575932/>
33. Harvey LA, Glinsky JV, Chu J. Do any physiotherapy interventions increase spinal cord independence measure or functional independence measure scores in people with spinal cord injuries? A systematic review. *Spinal Cord* [Internet]. 2021 [citado el 27 de abril de 2023];59(7):705–15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34099880/>

34. Mayson TA, Harris SR. Functional electrical stimulation cycling in youth with spinal cord injury: A review of intervention studies. *J Spinal Cord Med* [Internet]. 2014 [citado el 27 de abril de 2023];37(3):266–77. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24621033/>
35. Van der Scheer JW, Goosey-Tolfrey VL, Valentino SE, Davis GM, Ho CH. Functional electrical stimulation cycling exercise after spinal cord injury: a systematic review of health and fitness-related outcomes. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2021 [citado el 27 de abril de 2023];18(1):99. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34118958/>
36. De Freitas GR, Szpoganicz C, Ilha J. Does neuromuscular electrical stimulation therapy increase voluntary muscle strength after spinal cord injury? A systematic review. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* [Internet]. Invierno de 2018 [citado el 27 de abril de 2023];24(1):6–17. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29434456/>
37. Nightingale EJ, Raymond J, Middleton JW, Crosbie J, Davis GM. Benefits of FES gait in a spinal cord injured population. *Spinal Cord* [Internet]. 2007 [citado el 28 de abril de 2023];45(10):646–57. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17646840/>
38. Hitzig SL, Craven BC, Panjwani A, Kapadia N, Giangregorio LM, Richards K, et al. Randomized trial of functional electrical stimulation therapy for walking in incomplete spinal cord injury: effects on quality of life and community participation. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* [Internet]. Otoño de 2013 [citado el 28 de abril de 2023];19(4):245–58. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24244090/>
39. Rahimi M, Torkaman G, Ghabaee M, Ghasem-Zadeh A. Advanced weight-bearing mat exercises combined with functional electrical stimulation to improve the ability of wheelchair-dependent people with spinal cord injury to transfer and attain independence in activities of daily living: a randomized controlled trial. *Spinal Cord* [Internet]. 2020 [citado el 8 de mayo de 2023];58(1):78–85. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31312016/>

40. Cabello, J.B. por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender un Ensayo Clínico. En: CASPe. Guías CASPe de Lectura Crítica de la Literatura Médica. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno I. p.5-8.

41. Cabello, J.B. por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender una Revisión Sistemática. En: CASPe. Guías CASPe de Lectura Crítica de la Literatura Médica. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno I. p.13-17.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1:



## PROGRAMA DE LECTURA CRÍTICA CASPe

### Leyendo críticamente la evidencia clínica

## 11 preguntas para entender un ensayo clínico

### *Comentarios generales*

- Para valorar un ensayo hay que considerar tres grandes epígrafes:

*¿Son válidos los resultados del ensayo?*

*¿Cuáles son los resultados?*

*¿Pueden ayudarnos estos resultados?*

**Las 11 preguntas de las siguientes páginas están diseñadas para ayudarte a centrarte en esos aspectos de modo sistemático.**

- Las primeras tres preguntas son de eliminación y pueden ser respondidas rápidamente. Si la respuesta a las tres es "sí", entonces vale la pena continuar con las preguntas restantes.
- Puede haber cierto grado de solapamiento entre algunas de las preguntas.
- En *itálica* y debajo de las preguntas encontrarás una serie de pistas para contestar a las mismas. Están pensadas para recordarte por qué la pregunta es importante. ¡En los pequeños grupos no suele haber tiempo para responder a todo con detalle!

El marco conceptual necesario para la interpretación y el uso de estos instrumentos puede encontrarse en la referencia de abajo o/y puede aprenderse en los talleres de CASPe:

Juan B Cabello por CASPe. Lectura crítica de la evidencia clínica. Barcelona: Elsevier; 2015. (ISBN 978-84-9022-447-2)

Esta plantilla debería citarse como: Cabello, J.B. por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender un Ensayo Clínico. En: CASPe. Guías CASPe de Lectura Crítica de la Literatura Médica. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno I. p.5-8.

**A/¿Son válidos los resultados del ensayo?**

**Preguntas "de eliminación"**

<p><b>1 ¿Se orienta el ensayo a una pregunta claramente definida?</b></p> <p><i>Una pregunta debe definirse en términos de:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La población de estudio.</li> <li>- La intervención realizada.</li> <li>- Los resultados considerados.</li> </ul>	<p align="center"><input type="checkbox"/> SÍ</p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÉ</p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>2 ¿Fue aleatoria la asignación de los pacientes a los tratamientos?</b></p> <p><i>- ¿Se mantuvo oculta la secuencia de aleatorización?</i></p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> SÍ</p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÉ</p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>3 ¿Fueron adecuadamente considerados hasta el final del estudio todos los pacientes que entraron en él?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿El seguimiento fue completo?</li> <li>- ¿Se interrumpió precozmente el estudio?</li> <li>- ¿Se analizaron los pacientes en el grupo al que fueron aleatoriamente asignados?</li> </ul>	<p align="center"><input type="checkbox"/> SÍ</p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÉ</p>	<p align="center"><input type="checkbox"/> NO</p>

### Preguntas de detalle

<p><b>4 ¿Se mantuvo el cegamiento a:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Los pacientes.</li><li>- Los clínicos.</li><li>- El personal del estudio.</li></ul>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO SÉ      <input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>5 ¿Fueron similares los grupos al comienzo del ensayo?</b></p> <p><i>En términos de otros factores que pudieran tener efecto sobre el resultado: edad, sexo, etc.</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO SÉ      <input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>6 ¿Al margen de la intervención en estudio los grupos fueron tratados de igual modo?</b></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO SÉ      <input type="checkbox"/> NO</p>

**B/ ¿Cuáles son los resultados?**

<p><b>7 ¿Es muy grande el efecto del tratamiento?</b></p> <p><i>¿Qué desenlaces se midieron?</i> <i>¿Los desenlaces medidos son los del protocolo?</i></p>	
<p><b>8 ¿Cuál es la precisión de este efecto?</b></p> <p><i>¿Cuáles son sus intervalos de confianza?</i></p>	



## Anexo 2:



### PROGRAMA DE LECTURA CRÍTICA CASPe Leyendo críticamente la evidencia clínica

#### 10 preguntas para ayudarte a entender una revisión

##### *Comentarios generales*

- Hay tres aspectos generales a tener en cuenta cuando se hace la lectura crítica de una revisión:

*¿Son válidos esos resultados?*

*¿Cuáles son los resultados?*

*¿Son aplicables en tu medio?*

- Las 10 preguntas de las próximas páginas están diseñadas para ayudarte a pensar sistemáticamente sobre estos aspectos. Las dos primeras preguntas son preguntas "de eliminación" y se pueden responder rápidamente. Sólo si la respuesta es "sí" en ambas, entonces merece la pena continuar con las preguntas restantes.
- Puede haber cierto grado de solapamiento entre algunas de las preguntas.
- En *itálica* y debajo de las preguntas encontrarás una serie de pistas para contestar a las preguntas. Están pensadas para recordarte por que la pregunta es importante. ¡En los pequeños grupos no suele haber tiempo para responder a todo con detalle!
- Estas 10 preguntas están adaptadas de: Oxman AD, Guyatt GH et al, Users' Guides to The Medical Literature, VI How to use an overview. (JAMA 1994; 272(17): 1367-1371)

El marco conceptual necesario para la interpretación y el uso de estos instrumentos puede encontrarse en la referencia de abajo o/y puede aprenderse en los talleres de CASPe:

Juan B Cabello por CASPe. Lectura crítica de la evidencia clínica. Barcelona: Elsevier; 2015. (ISBN 978-84-9022-447-2)

Esta plantilla debería citarse como:

Cabello, J.B. por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender una Revisión Sistemática. En: CASPe. Guías CASPe de Lectura Crítica de la Literatura Médica. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno I. p.13-17.

**A/¿Los resultados de la revisión son válidos?**

**Preguntas "de eliminación"**

<p><b>1 ¿Se hizo la revisión sobre un tema claramente definido?</b></p> <p><i>PISTA: Un tema debe ser definido en términos de</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- La población de estudio.</li><li>- La intervención realizada.</li><li>- Los resultados ("outcomes") considerados.</li></ul>	<p><input type="checkbox"/> SÍ</p> <p><input type="checkbox"/> NO SÉ</p> <p><input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>2 ¿Buscaron los autores el tipo de artículo adecuado?</b></p> <p><i>PISTA: El mejor "tipo de estudio" es el que</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Se dirige a la pregunta objeto de la revisión.</li><li>- Tiene un diseño apropiado para la pregunta.</li></ul>	<p><input type="checkbox"/> SÍ</p> <p><input type="checkbox"/> NO SÉ</p> <p><input type="checkbox"/> NO</p>

*¿Merece la pena continuar?*

### Preguntas detalladas

<p><b>3 ¿Crees que estaban incluidos los estudios importantes y pertinentes?</b></p> <p><i>PISTA: Busca</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Qué bases de datos bibliográficas se han usado.</i></li><li>- <i>Seguimiento de las referencias.</i></li><li>- <i>Contacto personal con expertos.</i></li><li>- <i>Búsqueda de estudios no publicados.</i></li><li>- <i>Búsqueda de estudios en idiomas distintos del inglés.</i></li></ul>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO SÉ      <input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>4 ¿Crees que los autores de la revisión han hecho suficiente esfuerzo para valorar la calidad de los estudios incluidos?</b></p> <p><i>PISTA: Los autores necesitan considerar el rigor de los estudios que han identificado. La falta de rigor puede afectar al resultado de los estudios ("No es oro todo lo que reluce" El Mercader de Venecia. Acto II)</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO SÉ      <input type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>5 Si los resultados de los diferentes estudios han sido mezclados para obtener un resultado "combinado", ¿era razonable hacer eso?</b></p> <p><i>PISTA: Considera si</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Los resultados de los estudios eran similares entre sí.</i></li><li>- <i>Los resultados de todos los estudios incluidos están claramente presentados.</i></li><li>- <i>Están discutidos los motivos de cualquier variación de los resultados.</i></li></ul>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO SÉ      <input type="checkbox"/> NO</p>

**B/ ¿Cuáles son los resultados?**

**6 ¿Cuál es el resultado global de la revisión?**

*PISTA: Considera*

- *Si tienes claro los resultados últimos de la revisión.*
- *¿Cuáles son? (numéricamente, si es apropiado).*
- *¿Cómo están expresados los resultados? (NNT, odds ratio, etc.).*

**7 ¿Cuál es la precisión del resultado/s?**

*PISTA:*

*Busca los intervalos de confianza de los estimadores.*

**C/¿Son los resultados aplicables en tu medio?**

<p><b>8 ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?</b></p> <p><i>PISTA: Considera si</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Los pacientes cubiertos por la revisión pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área.</li><li>- Tu medio parece ser muy diferente al del estudio.</li></ul>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÉ      <input checked="" type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>9 ¿Se han considerado todos los resultados importantes para tomar la decisión?</b></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÉ      <input checked="" type="checkbox"/> NO</p>
<p><b>10 ¿Los beneficios merecen la pena frente a los perjuicios y costes?</b></p> <p><i>Aunque no esté planteado explícitamente en la revisión, ¿qué opinas?</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ      <input checked="" type="checkbox"/> NO</p>