

**EL CANTO: TRATAMIENTO  
ALTERNATIVO PREVENTIVO DE LAS  
COMPLICACIONES RESPIRATORIAS  
EN LA ESCLEROSIS MULTIPLE**

Marion IRIGOIN

4r Curso de Fisioterapia, M1

Trabajo Final de Grado

Tutor: **Iván Romero Delgado**

Facultad de Ciencias de la Salud y el Bienestar

Universidad de Vic - Universidad central de Cataluña

Vic, junio 2019

## ÍNDICE

Resumen.....	3
1. Antecedentes y estado actual del tema.....	5
1.1. La Esclerosis Múltiple.....	5
1.1.1.Etiología de la enfermedad.....	5
1.1.1.1. Etiologías posibles de la EM.....	5
1.1.1.2. Causas de las disfunciones respiratorias.....	6
1.1.2.Fisiopatología y manifestaciones clínicas.....	7
1.1.3.Síntomas.....	9
1.1.4.Epidemiología.....	10
1.1.5.Diagnóstico.....	11
1.1.6.Tratamiento.....	13
1.2. El canto.....	14
1.2.1. ¿Qué es el canto? .....	14
1.2.2. Efectos del canto sobre la salud.....	15
1.2.2.1. Efectos globales del canto.....	15
1.2.2.2. Efectos físicos sobre el cuerpo.....	15
1.3. Canto y Esclerosis Múltiple.....	16
Justificación.....	18
2. Hipótesis y Objetivos.....	19
3. Metodología.....	20
3.1. Ámbito del estudio.....	20
3.2. Diseño.....	20
3.3. Población de estudio.....	21
3.4. Criterios de inclusión y exclusión.....	22
3.5. Intervención realizada.....	23
3.6. Variables estudiadas y instrumentos de recogida de datos.....	25
3.7. Análisis de registros.....	28
3.8. Limitaciones del estudio.....	29
3.9. Aspectos éticos.....	30
4. Utilidad práctica de los resultados.....	31
5. Bibliografía.....	32
6. Anexos.....	36
7. Agradecimientos.....	58
8. Nota final.....	59

## Resumen

**Resumen:** La Esclerosis Múltiple es una enfermedad crónica inflamatoria desmielinizante del Sistema Nervioso Central que presenta complicaciones respiratorias durante el curso de la enfermedad, la neumonía siendo una de las causas más comunes de muerte. La fisioterapia respiratoria convencional se utiliza cuando los pacientes ya tienen síntomas respiratorios establecidos. Terapias alternativas pueden asociarse para prevenir estas complicaciones pulmonares.

**Objetivo:** Prevenir posibles complicaciones respiratorias a través un protocolo de prevención proporcionado por sesiones de fisioterapia respiratoria y de canto grupal en pacientes con Esclerosis Múltiple leve a moderada.

**Metodología:** El estudio es un ensayo clínico realizado por intervención experimental. Está compuesta por una muestra de 120 pacientes entre 30 y 40 años que están separados en dos grupos principales para evaluar la eficacia del protocolo experimental: 60 personas en el grupo control (2 grupos control de 30 personas) seguirán sesiones de fisioterapia respiratoria convencional y 60 personas seguirán el protocolo experimental (2 grupos experimental de 30 personas) a través sesiones de fisioterapia respiratoria convencional acompañadas de canto 2 veces a la semana. Todas las sesiones del estudio son grupales.

**Análisis de los resultados:** Se utilizará el programa SPSS para el análisis de los datos de las variables estudiadas. Después el trabajo de campo realizado, se establecerá el análisis descriptivo a través todas las variables, para conocer las características de cada grupo en cada momento de la intervención. El análisis será de tipo inferencial para comparar la tendencia de todos los parámetros durante el tratamiento entre los grupos experimental y control, y también intra-grupos, en el objetivo de conseguir el tratamiento el más eficaz entre los dos.

**Limitaciones:** Las limitaciones residen principalmente en la falta de adherencia al protocolo durante toda la estada del estudio, con posibles personas que quitan el estudio.

**Palabras claves:** Esclerosis Múltiple – Canto – Fisioterapia respiratoria.

## Summary

**Abstract:** Multiple Sclerosis is a chronic inflammatory demyelinating disease of the Central Nervous System that presents respiratory complications during the course of the disease, pneumonia being one of the most common causes of death. Conventional respiratory physiotherapy is used when patients already have established respiratory symptoms. Alternative therapies can be associated to prevent these pulmonary complications.

**Aim:** Prevent possible respiratory complications through a preventive protocol provided by sessions of respiratory physiotherapy and group singing in patients with mild to moderate Multiple Sclerosis.

**Methodology:** The present study is a clinical trial conducted by experimental intervention. It consists of a sample of 120 patients who are separated into two main groups to evaluate the efficacy of the experimental protocol: 60 people in the control group (2 control groups of 30 people) will follow conventional respiratory physiotherapy sessions and 60 people will follow the experimental protocol (2 experimental groups of 30 people) through sessions of conventional respiratory physiotherapy with singing, 2 times a week. All the sessions of the study are realized in group.

**Analysis of the results:** The SPSS program will be used to analyze the data of the variables studied. After the fieldwork, the descriptive analysis will be established through all the variables, to know the characteristics of each group at each moment of the intervention. The analysis will be an inferential type to compare the trend of all parameters during the treatment between the experimental and control groups, and also intra-groups in order to achieve the most effective treatment between the two.

**Limitations :** The limitations mainly reside in the lack of adherence to the protocol during the all study, with some people who can quit the study.

**Key-words:** Multiple Sclerosis - Singing - Respiratory Physiotherapy.

# 1. Antecedentes y estado actual del tema

## 1.1. La Esclerosis Múltiple

La Esclerosis Múltiple (EM) es una enfermedad crónica inflamatoria desmielinizante que afecta el Sistema Nervioso Central (SNC), y representa la causa más común de discapacidad no traumática en adultos jóvenes (1). Los pacientes que padecen esta enfermedad pueden presentar entre otras cosas, una movilidad alterada o una debilidad muscular, que varía según el paciente ya que depende de la localización, del tamaño y del número de lesiones que aparecen (2). Según el Dr Caroline Papeix, neuróloga francesa, las primeras manifestaciones de la enfermedad no son siempre fácilmente identificables, ya que hay una grande diversidad de síntomas que pueden desaparecer en algunos días dificultando el diagnóstico de EM (3). La EM se caracteriza en efecto por múltiples áreas de desmielinización nerviosas que alteran la producción y/o propagación del influjo nervioso, hasta todos los músculos del cuerpo, y entre otros, los músculos respiratorios. Nos centramos aquí sobre los trastornos respiratorios de la EM, ya que las complicaciones respiratorias que aparecen durante la enfermedad son una de las causas más comunes de muerte y representan 47% de todas las muertes en EM (4).

### 1.1.1. Etiología de la enfermedad

#### 1.1.1.1. Etiologías posibles de la EM

Se desconoce la etiología exacta de la enfermedad, pero se sabe que la EM implica una respuesta inmune anormal del SNC (5). Al nivel de las posibles causas que desencadenan la EM, diversos autores como el Dr Caroline Papeix, exponen los resultados de diversos estudios que analizan las etiologías de esta enfermedad (1,3,6):

- **¿Causa hereditaria?** No se puede decir que la EM es hereditaria. Puede existir diversos casos de EM en una familia, pero solamente 15% de las personas afectadas tienen un familiar que padece también la enfermedad (6).
- **¿Causa genética?** Existe una predisposición genética a través de factores de susceptibilidad. En efecto, a causa de ciertos genes, algunas personas pueden ser más vulnerables a los factores ambientales (virus, tóxicos...). Por ejemplo, los genes del locus HLA (Human Leucocyte Antigen) tienen un papel de 40% en las defensas inmunitarias pero explican solamente una parte del desarrollo de la enfermedad. Efectivamente, tener este gen es más frecuente en personas con

EM, pero algunas personas sanas tienen también este gen y no desencadenan la enfermedad. Se asocia también más de 100 genes de susceptibilidad, pero el riesgo ligado a cada gen está relativamente bajo (6).

- **¿Causa ambiental?** El virus Epstein-Barr (presente en la mononucleosis infecciosa) aumentaría el riesgo de EM por 4, con su frecuencia en 100% de los casos de EM, pero este virus está presente en el 95% de la población general, así que no se puede confirmar el enlace. Existe también un gradiente de frecuencia según la latitud: en efecto, la EM aparece con más frecuencia en el norte del hemisferio norte y en el sur del hemisferio sur, es decir, que el gradiente aumenta con más distancia al ecuador. Se puede posiblemente asociar con el impacto de una carencia en vitamina D por culpa de la poca exposición al sol. Además, la EM es más frecuente en los países desarrollados ya que tienen un mejor acceso a los cuidados médicos, por la industrialización, el estilo de vida urbano, la contaminación, la medicación, los cambios alimentarios, y posiblemente los antibióticos. Por el momento, ninguna dieta ha mostrado su función protectora o perjudicial respecto al riesgo de EM, pero se ha visto que el tabaco multiplica por 1.5 el riesgo de EM y que parece existir también un riesgo asociado con el tabaquismo pasivo. Como otra posible causa, se observa que la obesidad infantil aumenta el riesgo de desarrollar la EM. Por fin, existe una hipótesis sobre el microbiota intestinal que puede estar involucrado en el desarrollo de enfermedades autoinmunes humanas, como la EM. (3,6).

Así, al nivel preventivo, no se puede establecer un plan concreto porque no se conoce el impacto real de todos los factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad, por lo tanto, dificulta su prevención. Sin embargo, es posible luchar contra algunos factores prevenibles como: el tabaquismo, la falta de sol (al promover el tiempo que pasamos afuera), y la obesidad en niños y adolescentes con una dieta equilibrada. En cambio, tomar más vitamina D no parece importante por el momento, ya que no existe suficiente evidencia científica. Así para resumir, aparece que los factores que favorecen la enfermedad son múltiples: tan genéticos como ambientales (3).

### **1.1.1.2. Causas de las disfunciones respiratorias**

Dependiendo del área afectado, las causas de disfunciones respiratorias pueden ser una debilidad muscular respiratoria con una tos deteriorada, una disfunción de los músculos bulbares, anomalías en el control de la respiración, una insuficiencia respiratoria, una respiración desordenada durante el sueño, o un edema pulmonar neurogénico. Al nivel de la

debilidad muscular respiratoria, aparece por culpa de una desmielinización de las vías motoras respiratorias, pero puede incluir también: una pérdida muscular, una miopatía en pacientes tratados crónicamente con esteroides, una desnutrición o una fatiga central (a través de una incapacidad para mantener el impulso neural requerido hacia el músculo) (4).

Existen también otros factores que alteran la función de los músculos respiratorios, como:

- *La fatiga*: por causa de la enfermedad que necesita energía,
- *Un bloqueo de la conducción nerviosa*: debido a una elevada temperatura corporal, ya que la velocidad de conducción nerviosa (de una fibra normal) aumenta cuando la temperatura aumenta, hasta llegar a una temperatura crítica en la que aparece un bloqueo en la conducción. En el caso de las fibras desmielinizadas, este bloqueo de conducción aparece para temperaturas más bajas y proviene de la propagación del óxido nítrico producido por las citoquinas (presentes en el proceso de inflamación) (7).
- Los efectos de *la medicación* que toma el paciente para reducir el impacto de la enfermedad, pueden también alterar la función de los músculos respiratorios (4).

### **1.1.2. Fisiopatología y manifestaciones clínicas**

La EM se caracteriza por lesiones que aparecen por destrucción de la mielina, vaina protectora de las neuronas. Esto provoca una degeneración neuronal a través de la lesión del axón, generalmente secundario al daño de la mielina, con una pérdida de comunicación entre el cerebro y los órganos periféricos, como las vías motoras respiratorias que conducen a los músculos respiratorios (1,8). Al nivel fisiológico, el SNC se compone de 2 tipos de células: las neuronas que transmiten la información, y las células gliales (como los oligodendrocitos productores de mielina) que constituyen el entorno de la neurona para protegerla (9).

Se observa en el anexo 1, que normalmente la conducción nerviosa es funcional con los oligodendrocitos que forman los entrenudos de mielina sobre el axón, y los nodos de Ranvier que se intercalan entre la mielina. Los canales de sodio se agrupan entre los nudos de mielina (principalmente en la superficie de los procesos de los astrocitos) y así, facilitan los mecanismos de conducción saltatoria rápida para transmitir la información nerviosa (flechas curvas a la izquierda). Por lo contrario, a la derecha aparece una desmielinización con una conducción lenta de la membrana del neurona (flechas rectas) (anexo 1) (10). En realidad, es por culpa de los linfocitos T (glóbulos blancos) que se activan y cruzan la barrera hemato-encefálica para pasar de la sangre al SNC. Estos linfocitos provocan una reacción inflamatoria que se traduce por la destrucción de la mielina (9).

Existen 2 tipos generales de EM (Anexo 2):

- 1) **La esclerosis múltiple recurrente** (85%) formada por la EM recurrente-remitente (RRMS), la EM secundaria progresiva (SPMS) y la EM secundaria progresiva con recaídas superpuestas.
- 2) **La esclerosis múltiple progresiva** (15%) formada por la EM primaria progresiva (10%), y la EM progresiva recurrente (5%) (11).

### **1) Esclerosis múltiple recurrente-remitente**

85% de los pacientes que empiezan por una esclerosis múltiple recurrente-remitente, presentan después una esclerosis múltiple secundaria progresiva, que aparece en el 75% de los pacientes con un empeoramiento de los síntomas (Anexo 3). Al inicio de la EM recurrente-remitente, aparecen lesiones inflamatorias en lugares específicos de la sustancia blanca, llamadas "placas" conduciendo a un daño tisular. Aparece también en las primeras etapas de la enfermedad, una inflamación de la zona cortical con una desmielinización seguida de una neurodegeneración cortical (asociada a lesiones neuronales, neuríticas y oligodendrogiales), y una atrofia cortical (1).

### **2) Esclerosis múltiple progresiva**

15% de los pacientes presentan la enfermedad de manera progresiva desde el inicio: corresponde a la EM progresiva primaria y la EM progresiva remitente, con una edad mediana de inicio de 40 años. En los cursos progresivos de la enfermedad, las placas de la sustancia blanca no son frecuentes como en la forma recurrente-remitente. La fisiopatología principal que predomina es la atrofia difusa de la sustancia blanca y gris, y una degradación lenta de las placas anteriores ya que no existe una inflamación importante en este tipo de EM. Además, existe una lesión difusa de la sustancia blanca fuera de la placa, que consiste en una inflamación y activación microglial alterando el axón (1). Los síntomas clínicos aparecen por disfunciones de los tractos corticoespinales y los cursos de la enfermedad son más severos en comparación con las formas inicialmente recurrentes de EM.

Al nivel respiratorio, se distingue de las enfermedades neuromusculares que involucran solamente los nervios periféricos y músculos intrínsecos para respirar. En realidad, en la EM la disfunción respiratoria aparece solamente cuando las placas de desmielinización afectan regiones cerebrales asociadas con la respiración, entonces al nivel central (4).



### **1.1.3. Síntomas**

Existen varios síntomas en la EM que varían de una persona a una otra. Se observan alteraciones visuales entre 20-30% de los casos a través de una neuritis óptica como síntoma inicial (1,3,4,11). Los síntomas de presentación más comunes son sensoriales a través de sensaciones anormales (40%) y motores por debilidad muscular (39%) (11). Se encuentra también dificultades de equilibrio y marcha, vértigos y episodios de incontinencias urinarias (3). Se puede traducir también por una fatiga generalizada, dolor, rigidez, posible depresión (12), trastornos sexuales o cognitivos, como una alteración de la memoria, de la concentración o de la atención (4,9,11,13) (Anexo 4). El estudio de Tzelepis y McCool añade la presencia de espasticidad y de deterioro de la coordinación, en más de la fatiga generalizada, y posible pérdida de la visión y deterioro cognitivo citado previamente (4,13)

Al nivel respiratorio, la mayoría de los pacientes con EM presenta una disfunción respiratoria restrictiva. Puede conducir a una reducción del volumen pulmonar y a una insuficiencia respiratoria a través de una ventilación ineficaz, lo que puede implicar una alteración de la limpieza bronquial, proporcionando un mayor riesgo para presentar una neumonía. Los síntomas respiratorios que se destacan son:

#### **Fatiga generalizada**

La fatiga representa uno de los síntomas más comunes y más incapacitantes en esta población, afectando 90% de los pacientes con EM. Aunque no se conoce la causa de la fatiga en la EM, pueden contribuir factores neurológicos, inmunológicos y neuroendocrinos. Varios estudios muestran que al nivel de los factores neurológicos, el deterioro de la corteza parietal y frontal, los ganglios basales y el tálamo, son más común en pacientes que presentan fatiga que en aquellos sin (14).

#### **Debilidad de la motricidad respiratoria**

La debilidad muscular respiratoria es frecuente en pacientes con EM, en general más pronunciada en pacientes en cama o silla de ruedas que en pacientes ambulatorios (4). Consiste en una disnea (sensación subjetiva de dificultad para respirar), tan al esfuerzo como al reposo, con una disminución de la resistencia, una limitación de la marcha y se asocia generalmente a una disminución de la tos (4,13) Puede causar una insuficiencia respiratoria si se asocia con otras complicaciones respiratorias que reducen suficientemente la fuerza.

Al nivel de los músculos respiratorios que impactan la respiración normal en EM, se observa que es más frecuente que el diafragma sea afectado en la EM avanzada, con cuadriplejía

y disfunción bulbar comparado a las etapas iniciales de la enfermedad, pero se observa sobretodo que la alteración de los músculos espiratorios predomina considerablemente comparado a los músculos inspiratorios (15).

La debilidad muscular espiratoria, es más frecuente en pacientes con debilidad en las extremidades superiores, y también en presencia de una tos débil y dificultad para eliminar las secreciones (4,16). La debilidad muscular espiratoria se explica por una progresión de la parálisis desde las extremidades inferiores a las superiores, ya que la afectación del músculo abdominal ocurre antes del diafragma y de los músculos intercostales. Por eso la función de la fuerza muscular espiratoria se afecta en mayor medida que la fuerza muscular inspiratoria (4).

### **Alteraciones de la deglución**

Si aparece una tos o una modificación de la voz después de la deglución se puede pensar en una alteración de la deglución normal (13).

### **Alteraciones respiratorias durante el sueño**

Posibles alteraciones respiratorias como ronquidos o el Síndrome de Apnea del Son (SAS) con pausas respiratorias durante la noche, pueden representar signos de alarma. Se pueden sospechar si aparece una fatiga inusual, cambios en el comportamiento, alteración de la concentración, dolor de cabeza, o despertarse frecuentemente en la noche (4,13).

#### **1.1.4. Epidemiología**

Según el atlas de EM realizado en 2013, aparece que hay aproximadamente 2,3 millones de personas con EM en todo el mundo. Se puede pensar que actualmente la enfermedad afecta seguramente más de 2,5 millones de personas ya que este atlas no se ha actualizado recientemente (5,11,17). Al nivel europeo, la tasa de prevalencia de la EM es de aproximadamente 83 enfermos para 100.000 personas (1) lo que representa 400.000 personas, y más de 100.000 personas están afectadas en Francia (18). Además, se observa que la EM es 3 veces más común en mujeres que en hombres (1,18–20).

### **Prevalencia de la EM**

La prevalencia de la enfermedad (número de personas enfermas a un momento T expresada para 100.000 personas) es muy heterogénea ya que, como dicho antes, varía según la latitud (Anexo 5). Se observa que los países más afectados son principalmente el Canadá y el Norte de la Europa con una prevalencia superior a 80 personas afectadas para cada 100.000 personas. La Francia y España presentan una prevalencia mediana entre 30 y 80 personas

afectadas para cada 100.000 personas. Las últimas décadas muestran que la prevalencia de EM ha aumentado, principalmente debido a una mayor supervivencia, gracias a la mejora de las tecnologías al nivel médico (5). Además, aparece relativamente mayor en pacientes con una enfermedad avanzada (4).

### **Incidencia de la EM**

La incidencia de la EM (número de casos nuevos durante un período de tiempo expresado para 100.000 personas) está baja en la infancia y aumenta después de los 18 años. La enfermedad aparece normalmente entre 20 y 40 años, después, la incidencia disminuye y se vuelve rara en edades mayores de 50 años (1).

### **Esperanza de vida de la EM**

La esperanza de vida se reduce de 7 a 10 años comparada a pacientes sin EM (1).

### **Tasa de mortalidad de la EM**

La tasa de mortalidad estandarizada aumenta, pero se ha mejorado en las últimas décadas gracias a la recerca científica (1).

#### **1.1.5. Diagnóstico**

Primero, se realiza una anamnesis para determinar si los síntomas han ocurrido antes y si existen factores de riesgo como familiares afectados o historia de mononucleosis infecciosa en el pasado. Después se realiza un examen físico y neurológico para determinar el área del sistema nervioso posiblemente afectado por la enfermedad. Por esto, se utiliza la “Escala de estado de discapacidad expandida” (EDSS), un sistema de evaluación que permite recopilar los síntomas y así estimar la evolución de la EM (21).

El diagnóstico se objetiva después a través del proceso de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) al nivel del encéfalo y de la médula espinal. Permite comprobar si existen focos inflamatorios activos al nivel del sistema nervioso, así como la cantidad y la ubicación de los brotes; informaciones que pueden ayudar a determinar la evolución de la enfermedad (3,21). Se asocia a datos clínicos que se analizan con los criterios de McDonald (Anexo 6) para facilitar el diagnóstico temprano de la EM y así permitir un tratamiento y apoyo tempranos. Según estos criterios, los síntomas neurológicos deben aparecer varias veces, en diferentes momentos y en diferentes áreas del SNC para justificar el diagnóstico (1,21)

1 año de progresión de la enfermedad, permite diagnosticar una EM primaria progresiva, junto a algunos criterios, como la presencia de lesiones en regiones del cerebro,

diseminadas en la médula espinal y descubrimientos positivos en el líquido cefalorraquídeo (destacar la presencia de proteínas especiales como las bandas oligoclonales) (1,21).

Para excluir otras enfermedades, como enfermedades infecciosas o otras enfermedades autoinmunes, se puede realizar evaluaciones como análisis de sangre y punciones lumbares para apoyar el diagnóstico de EM (1,21).

Al nivel respiratorio, se pueden realizar IRM y autopsias para mostrar una posible afectación de la médula y del cordón cervical hasta el nivel C7 (4). La función pulmonar se evalúa al inicio clínicamente, y después puede ser completada por una exploración funcional respiratoria (13).

Se puede realizar una espirometría a través de una maniobra inspiratoria para medir la Capacidad Vital (CV), la Capacidad Vital Forzada (CVF), y el volumen espiratorio forzado en 1 s (FEV1).

El diagnóstico de una tos débil frecuentemente es arbitrario y se basa en una anamnesis del paciente. Pero el Flujo Máximo de Tos (FMT) se puede calcular mediante un medidor de flujo conectado a una máscara facial. El paciente respira profundamente sin la máscara, y luego tose lo más posible con la máscara. Si el FMT está inferior a 2,67 L / s, se considera que el paciente tiene un factor de riesgo para presentar insuficiencia respiratoria. (15)

Para evaluar la expansión torácica, se utiliza una cinta alrededor del pecho para medir la expansión del tórax a través de la diferencia entre la máxima inspiración y expiración. Las manos sobre la cabeza, se tiene que inhalar al máximo y ser lo más grande posible y exhalar al máximo y ser lo más pequeño posible (2).

Para evaluar la debilidad muscular, se evalúa la fuerza muscular respiratoria por la boca a través de la Presión Inspiratoria Máxima (PIM) y la Presión Espiratoria Máxima (PEM) que no van específicamente ligados con la duración de la enfermedad. Se observa en todos los estudios que presenta el artículo de Tzelepis y McCool, una disminución de los índices PIM y PEM con una disminución mayor de la PEM (4).

Al nivel de una posible afectación del diafragma, se analiza la aparición de ortopnea, trastornos del sueño severos, paradoja abdominal o una reducción significativa de la capacidad vital en decúbito-supino (4).

Para evaluar un posible Síndrome de Apnea del Sueño, se debe realizar un registro no invasivo del sueño a través de un polisomnografía o poligrafía nocturna durante una noche en el hospital (13).

Para evaluar una afectación de la deglución, se realiza una fibroscopia de deglución (13).

Para evaluar el rendimiento funcional se puede realizar la prueba que calcular distancia recorrida durante la marcha: el "6 Minute Walking-Test" (6MWT) (5).

### **1.1.6. Tratamiento de la Esclerosis Múltiple**

- **Tratamiento médico**

Todavía no existe un tratamiento curativo para la EM pero existen medicaciones, como los inmunomoduladores e inmunosupresores que permiten retrasar y estabilizar la evolución de la incapacidad que aparece a lo largo de la enfermedad (1,22).

- **Tratamiento de fisioterapia**

La rehabilitación puede ayudar la reducción de los síntomas de la EM, intentando recuperar algunas funciones alteradas por culpa de los brotes sucesivos de la enfermedad. De manera general, según los síntomas que presenta cada paciente, se puede trabajar la musculatura afectada en caso de un déficit motor o espasticidad, y se puede acompañar de estiramientos y posturas. El equilibrio, el trabajo de resistencia, y el entrenamiento físico global son también ejercicios que mantienen la capacidad física de los pacientes y que pueden también realizarse de manera autónoma en casa (13).

Al nivel respiratorio, el trabajo de la respiración y de los músculos respiratorios es muy importante. El fisioterapeuta utiliza diversas técnicas para mantener una función ventilatoria adecuada para prevenir complicaciones pulmonares, así como el uso de los cambios de posición que representan una de las pautas respiratorias a tener en cuenta (23). Encontramos también el:

#### **Tratamiento de las alteraciones de la expectoración**

El fisioterapeuta se centra sobre el trabajo de la tos para aliviar las vías respiratorias y así proteger las vías aéreas de posibles complicaciones como infecciones o neumonías que representan la principal complicación caracterizada por un aumento de la tos y de la congestión respiratoria (13). Por eso, el fisioterapeuta realiza técnicas de expulsión de moco asistida y dirigida mediante: el Aumento del Flujo Espiratorio (AFE), la Tos Dirigida, la Espiración Lenta Total con la Glotis Abierta (ELTGOL), o el Drenaje Autógeno (DA) (23). Sin embargo, a partir de un CPF inferior a 4.50 L/s se pueden utilizar dispositivos de asistencia para la tos junto a una fisioterapia manual (15).

#### **Tratamiento de la debilidad de la motricidad respiratoria**

Al nivel preventivo, se encuentra solamente un artículo que evalúa una intervención respiratoria en pacientes con EM leve o moderada, en etapas tempranas del deterioro físico. Es el estudio de Westerdahl y al. (2016), que muestra que el entrenamiento muscular respiratorio

proporciona una estabilización y una mejora de la función pulmonar con una mejora de la CV y CVF en el grupo experimental en comparación al grupo control, y también una mejora de la PIM y PEM. La intervención dura 2 meses a través una respiración profunda con Presión Positiva Espiratoria (PEP) a casa, y aparece que este protocolo ayuda a preservar el deterioro de la función pulmonar (2).

Se trabaja la resistencia con una actividad física constante a través cualquier deporte que no aumenta los síntomas presentes, y también la respiración con un trabajo de los músculos inspiratorios, espiratorios y la tos (13).

Se puede utilizar aparatos con una asistencia ventilatoria para favorecer la respiración en pacientes que no presentan una ventilación correcta, como una CV <50%, una hipercapnia diurna (> 6 kPa) o una apnea del sueño (15,23).

## **1.2. El canto**

### **1.2.1. ¿Qué es el canto?**

Según Thomassen y al. el canto permite la producción de sonidos musicales con la voz, a través de diversos órganos implicados como el laringe y las cuerdas vocales (24).

### **1.2.2. Anatomía y Fisiología**

La laringe forma parte del aparato vocal, órgano esencial para desarrollar un sonido vocal. Se encuentra entre la tráquea y la faringe, y contiene las cuerdas vocales que permiten la producción de un sonido (Anexo 7 y 8).

Lo que pasa en el canto es que las cuerdas vocales se estiran gracias al músculo crico-tiroideo o músculo tensor de las cuerdas vocales que se contrae. Este músculo permite la báscula del cartílago tiroideo por delante y abajo, alargando las cuerdas vocales (Anexo 9). Se observa en el Anexo 10, que durante el canto las cuerdas vocales se acercan mientras que normalmente durante la respiración, están abiertas dejando pasar el aire (Anexo 10). Cuando entra y sale el aire gracias a un gradiente de presión favorable que aparece en la inspiración y espiración, las cuerdas vocales entran en vibración. En la parte derecha del Anexo 11, aparece un sonido más agudo cuando más estiradas están las cuerdas vocales y se produce el contrario en sonidos más graves (Anexo 11).

Así, las cuerdas vocales provocan una resistencia cuando pasa el aire al momento de la espiración, provocando una presión subglotal (25).

Sundberg encontró que el canto requiere una mayor utilización de la capacidad pulmonar vital que hablar normalmente, debido a las frases más largas que figuran en canciones

(24). Los cantantes, por lo tanto, necesitan usar su capacidad pulmonar de manera eficiente con el fin de sostener frases largas mientras cantan. Los cantantes clásicos utilizan casi el 100% de su capacidad vital de los pulmones al inicio de frases largas.

Existe varios estilos de respiración para cantar, entre otros: el *appoggio* descrito por McCoy en 2004. En primer, aparece un descenso del diafragma por inhalación, la contracción de los intercostales externos seguida por la relajación de la pared abdominal. Después, al momento de expirar, los músculos abdominales se contraen lentamente, empujando las vísceras abdominales contra el diafragma relajado, mientras los intercostales externos continúan sosteniendo la caja torácica (Anexo 12) (26).

### **1.2.3. Efectos del canto al nivel respiratorio**

#### **1.2.3.1. Efectos globales del canto**

Al nivel global según Clift y al. (2017), el canto permite reducir la sensación de ansiedad, representa un apoyo adicional al paciente, proporciona una neta mejora al nivel de la calidad de vida y reduce las visitas al médico general. El estado de ánimo está también mejorado por el canto según Skingley y al. (2018) (16) así como el sentido de pertenencia social, la función inmune del cuerpo, la felicidad personal y la euforia. Cantar permite una autoexpresión del individuo, produciendo así un impacto personal y social positivo (24).

#### **1.2.3.2. Efectos físicos sobre el cuerpo**

##### **Mejora de la capacidad pulmonar**

Durante el proceso del canto, se activa la musculatura abdominal lo que permite reducir la Capacidad Residual Funcional final (CRF), para obtener un volumen pulmonar más cerca de lo normal (Anexo 13) (16). Efectivamente, para cantar se activan los músculos respiratorios que aseguran una presión adecuada para iniciar y mantener la vibración de las cuerdas vocales. Este aumento de fuerza en los músculos respiratorios permite aumentar la CV, la CVF, la FEV1, la Tasa del Flujo Espiratorio Máximo (TFEM) y la Variabilidad del Ritmo Cardíaco (VRC), y así mejorar la eficacia de la respuesta respiratoria (24).

El canto permite respirar de una manera más controlada según Lord y al., evitando cambios innecesarios en volúmenes de respiración. Se confirma en el estudio de Baz y al., que afirma una mejora del control de la respiración a través de la relación entre el canto y el aumento considerable del estrechamiento, provocado por el canto sobre las cuerdas vocales de pacientes con EPOC. Según Bott y al., los calentamientos vocales que utilizan sonidos

consonantes producidos por una obstrucción parcial del flujo de aire (por ejemplo los labios fruncidos) presentan también efectos a través de la prolongación de la espiración en el objetivo de controlar la disnea y mejorar la falta de aire (16).

### **Ayudar la tos y la expectoración**

Como la fisiología del canto se parece a las técnicas de limpieza de las vías respiratorias que se utilizan actualmente, se observa que el canto puede también mover las mucosidades.

Normalmente el hecho de hablar provoca una presión subglotal de 0.6 kPa, a la diferencia del canto que presenta una presión de 7 kPa. Al nivel fisiológico, el canto contribuye a la rehidratación de la substancia que se encuentra a la superficie de la vía aérea, a través de la liberación de adenosín trifosfato (ATP) en la vía aérea, que se encuentra gracias a una presión obtenida por un estrés de cizallamiento fásico de 0,98 kPa, ampliamente logrado por el canto. Se observa también que las vibraciones del canto por debajo de 350 Hz se pueden sentir en la pared torácica. Esto permite estimular el movimiento de los cilios y así aumentar el flujo de moco, gracias a la liberación de Acetilcolina que aparece debido a oscilaciones de presión de 13Hz al mínimo en la pared torácica. Se añade que las vibraciones provocadas por el canto, pueden también cambiar las propiedades físicas del moco. Efectivamente, aparece una reducción de la viscoelasticidad del moco permitiendo su eliminación más fácilmente. Para acabar, se sabe según Sundberg (1987) que la capacidad pulmonar vital en el canto está superiormente utilizada comparado al hecho de hablar, debido a las frases de canciones que movilizan más aire. Así, la inspiración que aparece durante el canto es de aproximadamente 5 litros por segunda. La tos que sigue, permite al moco expulsarse más fácilmente ya que es frecuente observar un aumento de producción de esputos durante el canto. Se explica porque el flujo espiratorio máximo es superior a 0,5 litros por segunda permitiendo extraer el moco de manera efectiva dentro de la vía aérea (16,26).

### **1.3. Canto y Esclerosis Múltiple**

Al nivel de los estudios que existen sobre la asociación entre la EM y el canto, encontramos en primer el estudio de Wiens y al. (1999) (27). Han intentado en 1999 evaluar el impacto de la musicoterapia para fortalecer los músculos de la respiración a través de una respiración diafragmática y una coordinación de la respiración con el habla, en un ensayo controlado aleatorio en pacientes con EM progresiva crónica (entre 37 y 68 años). El estudio se ha realizado con un grupo cantador de 9 pacientes, en tres sesiones individuales de 30 minutos por semana durante 12 semanas con un musicoterapeuta especializado en voz, mientras que el



grupo control recibió sesiones de apreciación musical. Han analizado una mejora en la fuerza muscular espiratoria en el grupo que cantaba, pero los resultados no fueron estadísticamente significativos ya que el estudio contaba solamente de 19 pacientes.

El estudio de Goldenberg (2018) (26) revisa la literatura actual que existe, respecto al uso del canto como terapia con efectos fisiológicos y psicológicos sobre las enfermedades respiratorias que existen. Aparece dentro el estudio de Wiens y al. (1999) (27) sobre la esclerosis múltiple y también otros estudios que aplican el canto sobre la EPOC, el Asma, la Fibrosis quística, Parkinson, el Cáncer, y la Cuadriplejía. Todos los estudios presentan un efecto positivo al nivel físico: un aumento de la fuerza muscular respiratoria, una reducción de la disnea y síntomas respiratorios percibidos, ya que la mejora del funcionamiento físico se relaciona fácilmente con el canto que tiene su particularidad física. Aparecen también efectos psicológicos con una mejora del estado de ánimo, una mejor vitalidad y confianza, un mejor funcionamiento social, y una reducción del dolor mental. Aparece también un aumento de la calidad de vida en globalidad (Cuestionario SF-36) con la sensación que el canto ha mejorado la postura y respiración de los pacientes, además de la importancia de la interacción social y del apoyo de las otras personas con experiencias similares (26).

El estudio de Bonilha y al. (2009) sobre la EPOC, presenta una mejora de la PEM estadísticamente significativa después del uso del canto. Aparece también una mejora estadísticamente significativa en la PIM y PEM en el estudio de Stegemöller y al. (2016) sobre Parkinson y en el estudio de Irons y al. (2012) sobre la Fibrosis quística. Además, según Mendes y al. (2006) se observa que el entrenamiento muscular inspiratorio y espiratorio de alta intensidad puede influir en estas presiones, ligado a la respiración del cantante. Se sabe que el aprendizaje de una respiración diafragmática y el uso de los labios fruncidos juegan un papel en la rehabilitación pulmonar, porque permiten aumentar la fuerza muscular y coordinar mejor el uso del aire. Al nivel fisiológico, se observa que las frases largas y sostenidas que se requieren para cantar (que corresponden a presiones espiratorias positivas) pueden inhibir el colapso de las vías respiratorias, lo que puede así evitar el atrapamiento de aire y la hiperventilación del paciente. Se ha observado también que el entrenamiento muscular espiratorio además de proporcionar una mejora de las funciones espiratorias, puede también mejorar la capacidad funcional (6MWT) (28). Al nivel del interés sobre el uso de la espirometría, solamente 2 estudios, el de Di Benedetto y al. y de Skingley y al. sobre los 11, presentan aumentos significativos en las mediciones espirométricas con el canto, lo que no permite establecer el real impacto de la espirometría en enfermedades respiratorias, pero la revisión de Goldenberg propone su utilización en estudios con un período de tratamiento más prolongado (26). Esta revisión afirma que el canto se puede considerar como un tratamiento complementario en enfermedades respiratorias, con resultados óptimos si se realiza a largo plazo.

## Justificación

Según el estudio de Wiens y al. (27) citado previamente, he pensado que sería interesante inspirarse del estudio que han realizado, pero cambiando algunos parámetros ya que este estudio se focaliza más sobre la musicoterapia en general. En primer, centrar el tema del estudio solamente sobre el canto, y acumular un número suficiente de pacientes para que el estudio sea significativamente efectivo. Después, estudiar una población más joven para intentar prevenir las complicaciones respiratorias citadas previamente, ya que ocurran frecuentemente en la EM. En la revisión de Goldenberg citado previamente (26), aparecen diversos estudios que analizan el impacto del canto sobre diversas patologías. Se observa que en la EPOC, Parkinson y Fibrosis quística se mejora parámetros respiratorios que no se han observado en el estudio de Wiens y al. (27). Se podría así observar estos estudios para crear un nuevo estudio más específico a la EM pero inspirado de protocolos que funcionan para otras enfermedades respiratorias. Por ejemplo, el estudio sobre la enfermedad de Parkinson de Stegemöller y al., ya que la neumonía representa también una de las principales causas de muerte en las personas con Parkinson, igual que en la EM. Efectivamente, se observa en este estudio que el canto permite aumentar el control respiratorio y así ayuda a expulsar con más fuerza cuerpos extraños situados en los pulmones (29). Por lo tanto, cantar aparece como un posible tratamiento protector para ayudar a mantener la función respiratoria en pacientes que padecen una enfermedad degenerativa progresiva.

Además, en el estudio de Westerdahl y al. (2), se observa una diferencia significativa de la CV y CVF entre los pacientes con EM leve y moderada del grupo que realiza ejercicios de respiración profunda comparado a un grupo control. Este estudio muestra que los ejercicios de respiración profunda podrían disminuir o prevenir el deterioro de la función pulmonar. Así, gracias al papel del canto que reduce la Capacidad Residual Funcional (CRF), se podría también inspirarse de este estudio como una posible intervención para prevenir el deterioro pulmonar de los pacientes con EM a través de ejercicios de canto establecidos.

Realizar un estudio, únicamente sobre el impacto del canto al nivel respiratorio de la EM, no ha sido nunca realizado. Además, proporcionar un estudio al nivel preventivo tampoco ha sido experimentado adelante. El único artículo que se acerca, es el citado previamente de Wiens y al. (27).

Efectivamente, se sabe que el entrenamiento muscular respiratorio es efectivo al nivel de la salud porque mejora la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios, pero realizarlo de manera básica, los pacientes pueden aburrirse. Por eso, utilizar el canto se ha presentado como una posible alternativa más lúdica y desviada para trabajar la respiración sin que los pacientes realmente piensen a que están trabajándola. (30) Así que sería una oportunidad para

actualizar y posiblemente proporcionar una alternativa a los protocolos clásicos que existen en la nuestra sociedad, en la idea de prevenir posibles futuras complicaciones respiratorias a través del canto.

## 2. Hipótesis y objetivos del estudio

### 2.1. Hipótesis

“Observar el impacto positivo del canto sobre pacientes con EM leve a moderada, entre un grupo control que realiza ejercicios de respiración profunda básica y un grupo intervención que añade a estos ejercicios, un programa de canto preventivo para disminuir y prevenir el deterioro de la función pulmonar y posibles complicaciones respiratorias.

### 2.2. Objetivos del estudio

#### Objetivo general:

*Prevenir posibles complicaciones respiratorias* a través un protocolo de prevención proporcionado por sesiones de fisioterapia respiratoria y *canto grupal* en pacientes con Esclerosis Múltiple leve a moderada.

#### Objetivos específicos:

Mantener y mejorar la *ventilación pulmonar*

Mantener y mejorar la *fuerza muscular respiratoria*

Alargar el tiempo de vida con una *calidad de vida* la más sana posible

Analizar la *frecuencia de participación* a las sesiones de fisioterapia colectiva

## 3. Metodología

### 3.1. Ámbito del estudio

El estudio se realiza en la Clínica Pasteur de Tolosa en Francia. Esta clínica presenta una especialidad respiratoria de referencia muy conocida que recibe pacientes con afecciones respiratorias de todos tipos. Recibe también pacientes ambulatorios que vienen a la consulta, y entre otros, pacientes que presentan una EM. En esta estructura, los pacientes con EM pueden venir a la consulta para realizar su reeducación global según la afectación específica que cada uno tiene según la evolución de la enfermedad.

### 3.2. Diseño

Este estudio se realiza gracias a una metodología cuantitativa, con una investigación científica a través de un estudio de intervención aleatorizado y controlado que permitirá al final analizar los datos que tendremos con las variables determinadas en el estudio.

El objetivo es realizar un nuevo protocolo de prevención a través de un ensayo clínico con una intervención experimental prospectiva. La muestra de este protocolo (calculada después) ha sido elegida a través de un muestreo aleatorio simple en continuidad a los estudios realizados antes citados previamente (muestras muy pequeñas no representativas), por un investigador que realizará el reclutamiento de los participantes del estudio y analizará los datos, participando también en la elaboración del protocolo, haciendo de coordinador entre los 2 fisioterapeutas para asegurar una intervención equitativa.

Los individuos con EM de este programa se dividen por eso al azar en 2 grupos de forma aleatoria, es decir sin la intervención de los 2 investigadores: unos en el grupo experimental de intervención (N= 60), y los otros en el grupo control del estudio (N=60). El paciente no sé cuál es el grupo de experimentación (Ciego científico) para tener un estudio lo más significativo posible pero el terapeuta que realiza la experimentación sí que lo sé.

- En el grupo control, se realizan ejercicios de respiración profunda básica con una apreciación musical 2 veces a la semana.

- En el grupo de intervención experimental, se realizan también los ejercicios de respiración profunda junto a ejercicios de canto grupal 2 veces a la semana.

Por razones prácticas, cada grupo de análisis se divide en 2 subgrupos de manera aleatoria para realizar las sesiones exactamente iguales, solamente para que las sesiones sean más cómodas en pequeños grupos. Así, se obtiene *un grupo control 1* (n=30), que realiza exactamente lo mismo que el *grupo control 2* (n=30), y un *grupo experimental 1* (n=30) que

realiza exactamente lo mismo que *el grupo experimental 2* (n=30) a través la planificación siguiente (Tabla 1):

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>Grupo control 1</b>	17h00-17h30		17h00-17h30		X
<b>Grupo control 2</b>		17h00-17h30		17h00-17h30	X
<b>Grupo experimental 1</b>	18h00-19h30		18h00-19h30		X
<b>Grupo experimental 2</b>		18h00-19h30		18h00-19h30	X

Tabla 1: Planificación semanal de las sesiones del estudio. Elaboración propia.

Las intervenciones de canto son dirigidas por 2 fisioterapeutas que han seguido una formación de musicoterapia y fisioterapia respiratoria, con un entrenamiento en todos los procedimientos de intervención antes el inicio del estudio. Los 2 terapeutas trabajan juntos a cada sesión y siguen la misma rutina en cada sesión para verificar la coherencia entre las sesiones, con el mismo tiempo en cada ejercicio así como la duración de las canciones.

### 3.3. Población de estudio

La población del estudio se compone de pacientes franceses con EM leve a moderada que vienen en la Clínica Pasteur de Tolosa. La muestra escogida ha sido realizada a través del cálculo siguiente (31):

$$n = \frac{2}{d^2} \times c_{p,power}$$

Donde:

$n$  es el número de individuos requeridos en cada grupo para el estudio,

$d$  es la diferencia estandarizada,

$c_{p,power}$  es una constante definida por los valores de  $P_{0,05}$  y de la Potencia de 80% ( $c_{p,power} = 7,9$ )

Para calcular la diferencia estandarizada  $d$ , se utiliza la formula siguiente:

$$d = \frac{p1 - p2}{\sqrt{p(1 - p)}}$$

$$d = 0,80 - 0,56 / \sqrt{(0,68(1 - 0,68))}$$

$$d = 0,24 / \sqrt{0,2176}$$

$$d = 0,24 / 0,466 = 0,515$$

$$d^2 = 0,265$$

$$p1 = 0,80 \text{ (31)}$$

$$p2 = 0,56 \text{ (2)}$$

$$p = (p1 + p2) / 2 = 0,68 \text{ (31)}$$

Así:

$$n = (2 / d^2) C_{p,power}$$

$$n = (2 / 0,265) \times 7,9$$

$$n \approx 60$$

=> Necesitamos 60 personas en cada grupo para detectar una diferencia estandarizada de 0.52 con 80% de potencia utilizando un p valor de 0.05 para una significación estadística.

Entonces la muestra está formada de 120 pacientes con un nivel de confianza de 95%, con pacientes que tienen entre 30 y 40 años al inicio del estudio. Por eso, tenemos 60 personas para formar el grupo experimental y 60 personas en el grupo control. Al final del reparto aleatorizado, los participantes están informados del grupo asignado. Han firmado el consentimiento informado (Anexo 14) para realizar el protocolo y tienen acceso a la clínica Pasteur de Tolosa para el seguimiento fisioterapéutico y la evaluación regular de los parámetros analizados. El estudio longitudinal se realiza durante un periodo de 10 años y al final los participantes tendrán entre 40 y 50 años.

### 3.4. Criterios

Para formar parte del estudio, los siguientes *criterios de inclusión* son:

- Pacientes que presentan una EM leve a moderada.
- Pacientes de ambos sexos.
- Pacientes que tienen entre 30 y 40 años.
- Pacientes sin recaída de EM durante al menos 3 meses antes del ingreso al estudio.
- Pacientes con capacidad preservada para caminar con o sin el uso de dispositivos.
- Pacientes con acceso a la clínica Pasteur.
- Pacientes que viven en la región de Tolosa.
- Pacientes que piensan quedarse en Tolosa en los 10 años que siguen.
- Pacientes que aceptan el estudio y firman el consentimiento informado (Anexo 14).

Los *criterios de exclusión* establecidos son:

- Pacientes en fase muy aguda con brotes o si el estado general no permite realizar el protocolo.
- Pacientes que han realizado previamente otros protocolos de prevención respiratoria.
- Pacientes con dificultades de lenguaje o afectaciones cognitivas (por ejemplo retraso mental moderado o severo) que podrían influir negativamente en el rendimiento de las pruebas de función pulmonar.
- Pacientes en un estado avanzado en una silla de ruedas.

- Pacientes que presentan otras enfermedades crónicas respiratorias que afectan la capacidad funcional (por ejemplo, otras enfermedades neurológicas o cardiopatías isquémicas graves).

### **3.5. Intervención realizada**

Todas las personas que cumplan los criterios de inclusión y que están interesadas de manera voluntaria por el estudio pueden participar. Los potenciales participantes que realizan sesiones de fisioterapia convencional en la Clínica Pasteur reciben por e-mail la información al nivel del estudio de investigación con el fin de reclutarlos. Se envía una hoja de información explicando el desarrollo del proyecto con sus objetivos, criterios de inclusión y exclusión, el protocolo experimental previsto y al final el consentimiento informado (Anexo 14). Después se asigna a cada participante de manera aleatoria un número de identificación de 1 a 120. Cada sesión está dirigida por los 2 fisioterapeutas juntos para cada subgrupo.

En cada grupo control, las sesiones duran 30 minutos y los 2 fisioterapeutas enseñan a los pacientes a respirar profundamente para controlar la inspiración y espiración a través ejercicios establecidos para aumentar la conciencia sobre el control adecuado de la respiración abdominal. Por eso, los pacientes colocan las manos sobre el abdomen y se concentran en una respiración lenta y profunda, notando el movimiento de la pared del abdomen que se mueve. Se realiza también un trabajo sobre la postura ligado a una respiración controlada, con un auto-crecimiento de todo el cuerpo a través varias posturas (sentados en un Swissball, de pie, alargado al suelo...) En las primeras semanas, se utiliza un espejo para proporcionar una retroalimentación de la respiración abdominal realizada (y no una respiración clavicular). Se utiliza la música solamente para acompañar y facilitar la respiración a través de canciones sin palabras (piano, violín) como *Ludovico Einaudi, Bruno Bavota, Lindsey Stirling...* que se aprecian en un ambiente relajado. A lo largo de las sesiones, se puede realizar esta respiración abdominal sobre el ritmo de la música. Se trabaja también la columna de aire que tenemos en nuestro cuerpo, soplando en un tubo durante 10s. Se empieza el ejercicio después una inspiración normal, donde la pared abdominal se distiende junto con la abertura de las costillas y la contracción del diafragma que baja en dirección del suelo. El hecho de soplar en el tubo proporciona una presión interna que aparece a causa de la resistencia provocada por el tubo (por su diámetro pequeño), movilizand así más la musculatura abdominal. La espiración empieza por la parte abdominal baja (al nivel superior del pubis) con la implicación de los músculos oblicuos internos, seguido después por el trabajo de los músculos superiores hasta que sale todo el aire (asociado a la ascensión del diafragma que se relaja ayudado por el trabajo abdominal).

Las sesiones en los 2 grupos experimentales se realizan durante 90 minutos con uno de los 2 fisioterapeutas que acompaña el grupo de canto jugando la melodía en un piano eléctrico y el otro que corrige los pacientes al nivel de la postura, respiración y canto. La primera parte de

la sesión consiste como el grupo control, en una relajación global del cuerpo a través una postura correcta y la presa de conciencia de una respiración diafragmática, durante 30 minutos. Después durante 1 hora, la sesión se centra sobre ejercicios vocales para calentar al inicio y después sobre el canto de canciones familiares. Al final de la sesión, los participantes reciben una grabación de los ejercicios vocales y canciones para realizar los mismos ejercicios y cantar en casa si quieren.

Como lo hemos dicho previamente, las personas que cantan utilizan la musculatura abdominal para sacar el aire, como la técnica del “*appoggio*”. Este trabajo ayuda a reducir la capacidad residual funcional respiratoria, lo que permite tener un volumen funcional más cómodo para respirar. Los ejercicios de respiración abdominal permiten aumentar la conciencia corporal sobre el control de la respiración, lo que ayude en la proyección de la voz. Así, se realiza en este protocolo ejercicios que se centran en esta musculatura, poniendo las manos sobre la pancha para tener un feedback de lo que pasa en el cuerpo durante la respiración abdominal.

La sesión de canto empieza por sonidos de llamada para activar el mecanismo vocal, en primer con los labios fruncidos (= zumbidos de labios) “*brrrrrrrrrr*” ya que se sabe como dicho en los estudios antes, que permite aumentar la fuerza muscular y posiblemente inhibir el colapso de las vías aéreas. Después, un otro ejercicio consiste en cantar las sílabas “*ma, me, mi, mo, mu*”. Estos ejercicios se realizan a través de una escala de cinco pasos en una tonalidad que sube y baja. Cada semana se cambia la consonante de inicio a través de un: “*t*”, “*d*”, y “*s*” para alternar los ejercicios de calentamiento. Estos ejercicios permiten traducir el control de la respiración a través una variedad de sonidos vocales comunes durante la espiración. Al inicio, se realizan lentamente para después incrementar progresivamente el ritmo a lo largo del ejercicio. Sigue después el momento de canto real entre todos. Al inicio del estudio, como los participantes no se conocen, los fisioterapeutas proponen 3 canciones conocidas para empezar todos juntos, con “*Hallelujah*” de John Cale, “*Oh happy day*” de Edwin Hawkins Singers y “*Imagine*” de John Lennon. Estas 3 canciones son elegidas de manera colegial entre los fisioterapeutas, porque permiten una espiración prolongada gracias a las palabras muy largas de cada canción. Después cada semana, un participante con la aprobación de los 2 fisioterapeutas, propone una canción que le gusta particularmente para trabajarla durante la semana que sigue.

Así a cada sesión los participantes después del calentamiento vocal, siguen la sesión con el aprendizaje de una nueva canción para después acabar la sesión con el canto de las canciones aprendidas las semanas pasadas. La sesión de canto se realiza alrededor del piano y los participantes tienen la posibilidad si quieren, de caminar y desplazarse durante el calentamiento para liberarse de posibles tensiones y ayudar a concentrarse en la sesión. A lo largo de todos los ejercicios durante la sesión de canto grupal, se recuerda continuamente a los participantes la postura adecuada y la respiración abdominal correcta a tener en cuenta.



### 3.6. Variables estudiadas y instrumentos de recogida de datos

A través este protocolo, se estudia diversas variables en el objetivo futuro de desarrollar un análisis del número de personas en los dos grupos que presentarán complicaciones respiratorias después del estudio, siguiendo la evolución de la enfermedad a través pruebas protocolizadas por la “*World Health Organization – WHO*” (11). Las variables que queremos estudiar se separan en: variables dependientes cuantitativas físico-fisiológicas con la ventilación pulmonar, la fuerza muscular respiratoria, la capacidad funcional física, y dos variables cualitativas con el nivel de calidad de vida y la participación a las sesiones de fisioterapia. La variable independiente del estudio es el tratamiento con el canto. Las variables de ajuste son: la edad y el sexo, y se recogen en la hoja de registro (Anexo 15). Todas las medidas dependientes se recogen en 5 ocasiones y se compilan en el anexo 16.

#### Variables físico-fisiológicas

- Ventilación pulmonar

Como dicho previamente, la EM puede afectar el aparato pulmonar en estados más o menos avanzados, provocando las complicaciones respiratorias ya conocidas. Puede aparecer una disminución de la FEV1 con un volumen residual - VR que aumenta (aire que queda en los pulmones después una espiración forzada) y una alteración de los volúmenes pulmonares.

Por eso, se estudia la ventilación pulmonar a través del análisis de 2 parámetros que definen el grado de obstrucción del flujo aéreo: la capacidad vital forzada (CVF) y el volumen espiratorio forzado en 1s (FEV1). Se realiza a través de una espirometría, principal prueba que mide volúmenes y ritmo del flujo de aire dentro de los pulmones (32). La prueba se realiza siempre en la misma posición “sentada”, para comparar los resultados al final sin modificación de parámetros. Para la prueba de la CVF, se pregunta al paciente respirar dentro de una boquilla conectada al espirómetro que registra el aire inspirado y espirado al máximo. Para medir la FEV1, se pregunta al paciente después una inspiración máxima, exhalar en el mismo tubo de la forma más rápida y completa posible, ya que la máquina registra el volumen espirado en 1s. Normalmente en el primer segundo sale 80% del aire. Se mide una obstrucción del flujo aéreo con el coeficiente de Tiffeneau < 70% (23,33,34):

$$\text{Coeficiente de Tiffeneau (\%)} = \text{FEV1} / \text{CVF} < 70\%$$

- Fuerza muscular respiratoria

La fuerza de los músculos respiratorios se analiza a través la *presión inspiratoria máxima* y la *presión espiratoria máxima*, con un manómetro MicroLab (MicroMedical) según las recomendaciones de la “American Thoracic Society” (ATS) y la “European Respiratory Society (ERS) (2). Se calibra cada mañana antes de las mediciones y se explica a los pacientes como presionar sus labios con fuerza sobre la máquina para realizar la prueba correctamente. Los participantes se ponen en una posición sentada con una pinza al nivel de la nariz.

- Para medir la PIM, los participantes soplan todo el aire de los pulmones y luego respiran por el tubo con la mayor fuerza posible durante 2s. Los resultados se pueden comparan a medidas en adultos sanos que generan una PIM superior a 60 cmH<sub>2</sub>O para tener una idea de la normalidad.

=> El umbral para el diagnóstico de debilidad muscular inspiratoria (33):

**PIM Hombres** = 45 cmH<sub>2</sub>O (Cálculo = 10.4 - 1.96 x 3.0 kPa)

**PIM Mujeres** = 30 cmH<sub>2</sub>O (Cálculo = 7.2 - 1.96 x 2.1 kPa)

- Para la PEM, es el contrario: los participantes inspiran la mayor cantidad de aire posible y luego soplan a través del tubo con la mayor fuerza posible durante 2s. Se compara a adultos sanos que generan una PEM de más de 80–100 cmH<sub>2</sub>O (2,32).

=> El umbral para el diagnóstico de debilidad muscular espiratoria (33):

**PEM Hombres** = 80 cmH<sub>2</sub>O (Cálculo = 14.4 - 1.96 x 3.3 kPa)

**PEM Mujeres** = 60 cmH<sub>2</sub>O (Cálculo = 9.1 - 1.96 x 1.6 kPa)

Al final de la prueba, se conserva el valor más alto de los cinco intentos y se expresa el resultado en cmH<sub>2</sub>O.

- Capacidad funcional física

La capacidad funcional física se mide a través de la Prueba “6 Minuts-Walking-Test - 6MWT”, donde el paciente tiene que caminar durante 6 minutos. Esta prueba permite evaluar el impacto fisiológico del deterioro de la función pulmonar sobre la capacidad para realizar ejercicios en pacientes que presentan enfermedades respiratorias crónicas. Se realiza en un corredor de la clínica Pasteur según las pautas ATS, es decir en un sitio totalmente plano que tiene como longitud al mínimo 30m. Después el señal de inicio: “1, 2, 3, comience”, se inicia el cronometraje y el paciente tiene que caminar sólo, en el objetivo de recorrer la mayor distancia

posible en 6 minutos. En cada minuto el fisioterapeuta comunica el tiempo al participante (28,34). Se puede clasificar la distancia recorrida en 4 categorías (23) en la Tabla 2:

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Distancia 6MWT (m)	>350	250-350	150-250	< 150

Tabla 2: Distancia recorrida durante el 6MWT. Elaboración propia.

### **Variable al nivel de la calidad de vida**

Para analizar la calidad de vida de los participantes, se utiliza el cuestionario validado *Short Form Health Survey – 36 (SF-36)* que permite proporcionar un perfil del estado de salud a través de la percepción del ambiente alrededor del paciente. Se compone de 36 preguntas (ítems) en 8 escalas que observan componentes físicos y mentales de la salud y del bienestar, con: la función física, el rol físico, el dolor corporal, la vitalidad, la función social, el rol emocional, la salud general y mental. Cada escala está codificada de 0 a 100, donde una puntuación de 0 representa el peor estado de salud, y 100 el mejor estado de salud con un bienestar percibido muy alto. Así, las puntuaciones indican mejor o peor estado de salud, y se pueden comparar entre grupos. Para realizar el análisis de la calidad de vida, se pregunta al paciente lo que piensa él de su estado de salud. Las respuestas permiten saber cómo se encuentra el participante y hasta qué punto está capaz realizar sus actividades habituales. Si el paciente no está seguro de una respuesta, tiene que contestar lo que le parezca lo más cierto posible poniendo una cruz (X) en el cuadro correspondiente (Anexo 17) (28,34,35).

### **Variable de la participación a las sesiones de fisioterapia**

Esta variable cualitativa presenta la implicación de los participantes en el estudio, vigilando al nombre de sesiones realizadas en la práctica. Permite observar la adherencia al protocolo, siendo en el grupo control o de experimentación (Anexo 15).

### 3.7. Análisis de registros

Este trabajo ha sido realizado en el objetivo de evaluar un protocolo alternativo y complementario de Fisioterapia respiratoria, con 2 sesiones a la semana de canto grupal asociado a ejercicios respiratorios en una reeducación pulmonar en pacientes que padecen normalmente afectaciones respiratorias en estados de EM más avanzada.

Las variables de ajuste del estudio: *la edad y el sexo*, han sido registradas directamente en la hoja de registro, así como *la participación a las sesiones de fisioterapia*, analizada en porcentajes para todos los participantes (Anexo 15). Las variables dependientes estudiadas: *la ventilación pulmonar* con la utilización de un espirómetro para analizar la obstrucción del flujo aéreo (FEV1/CVF), *la fuerza muscular respiratoria* con la utilización de un manómetro que mide las presiones inspiratorias y espiratorias máximas (PIM y PEM), *la capacidad funcional física* que analiza la distancia recorrida durante 6 minutos (6MWT), *la calidad de vida* con preguntas sobre la percepción del participante sobre su estado de salud durante la duración del estudio (Cuestionario SF-36), han sido registrados en el Anexo 17.

Se recoge todos los resultados del estudio para realizar un análisis descriptivo de cada variable en el objetivo futuro de conocer las características específicas de los participantes seguidos en cada momento del protocolo (Tabla 3). Después, para analizar y comparar la evolución de cada grupo al nivel individual intra-grupos y también inter-grupos en relación a las variables estudiadas, se elaborará un análisis de tipo inferencial para establecer el tratamiento el más eficaz (a través de gráficos y tablas de frecuencia, tipificación de variables y la relación que pueden tener entre ellas). Se realizará el Test T-Student para comparar las medianas de las variables dependientes entre ellas (análisis bivalente inferencial) y también con la variable independiente cualitativa que comparará la efectividad del tratamiento por el canto mediante la asignación de los participantes en un grupo control y en un grupo experimental. Para las variables cualitativas *SF-36* y *la participación a las sesiones*, se utilizará el Chi-Cuadrado de Pearson. Se observará si las diferencias entre los grupos serán significativas, con un p valor < 0,05 (nivel de confianza IC= 0,95).

Cada participante tendrá una evaluación de datos al inicio del protocolo experimental, después el primer mes, al final del primer año, después al final del 5e año, y al final de los 10 años de estudio, entonces 5 veces en el estudio (anexo 16). Así, será posible analizar y comparar los resultados de cada paciente asimismo como su evolución en el tiempo, comparado a los otros participantes del estudio, a través de índices estadísticos para las variables cuantitativas “*FEV1/CVF*”, “*PIM*”, “*PEM*”, y “*6MWT*” (media, moda, varianza, percentiles, mínimo, máximo, desviación típica...); y cuestionarios para la variable cualitativa “*SF-36*” a través del análisis de la moda, de la media y de las medidas de posiciones respecto las respuestas de los pacientes (frecuencia, porcentaje, porcentaje válido, porcentaje acumulado).

Para analizar todos los datos de este estudio, se utilizará el programa SPSS (Statistic Package for the Social Science).

TIPO DE VARIABLES	VARIABLES	Medidas	Resultados	Análisis
Variables cuantitativas	Ventilación pulmonar	FEV1/CVF	<70% >70%	T-Student
	Fuerza muscular respiratoria	PIM, PEM	<u>PIM Hombres</u> <o> 45 cmH2O <u>PIM Mujeres</u> <o> 30 cmH2O <u>PEM Hombres</u> <o> 80 cmH2O <u>PEM Mujeres</u> <o> 60 cmH2O	T-Student
	Capacidad funcional física	6MWT	>350m 250-350m 150-250m <150m	T-Student
Variables cualitativas	Calidad de vida	SF-36	Medias de los resultados	Chi-Cuadrado de Pearson
	Participación a las sesiones de Fisioterapia	Calendarios	Ausencia = 0 Ausencia < 10 veces Ausencia > 10 veces Ausencia > 20 veces Ausencia > 50 veces No ha venido nunca	Chi-Cuadrado de Pearson

Tabla 3: Análisis de las variables cuantitativas y cualitativas. Elaboración propia.

### 3.8. Limitaciones del estudio

Las posibles limitaciones del estudio son:

- La tipología de EM no presentada en este estudio puede influir en la evolución de los participantes.
- La aparición de brotes puede alterar el estado global de los participantes, afectando la participación a las sesiones.
- La falta de adherencia al protocolo durante toda la etapa del estudio, con posibles personas que quitan el estudio por razones personales.

- Si el grupo control quiere también realizar los ejercicios de canto.
- Sería más fácil realizar las sesiones a casa pero faltaría la evaluación real de si realizan los ejercicios o no.
- Dificultades en la identificación del tratamiento de canto como el único factor que participa en la posible mejora de los resultados al final del estudio (posible presencia de un efecto placebo).

### **3.9. Aspectos éticos**

Para realizar este protocolo experimental, se informa previamente a todos los participantes sobre las sesiones en que van a participar durante los 10 años que vienen. Tienen que leer y firmar el consentimiento informado si están de acuerdo con todas las partes del documento, conociendo todos los beneficios y riesgos que existen durante el estudio (Anexo 14). Para llevar a cabo este estudio experimental, es imprescindible el cumplimiento de todos los aspectos éticos revisados, evaluados y aprobados por el comité de ética acreditado de la Clínica Pasteur de Tolosa. Después, según la ley “LOPD 15/1999 del 13 de diciembre” expresada en el consentimiento informado, se protegerá los derechos y se mantendrá la confidencialidad de los datos de todos los participantes en cualquier momento del estudio. Las informaciones de los participantes serán codificadas para tener una total confidencialidad y un total anónimo. Se utilizarán solamente con fines de investigación científica para establecer al final las conclusiones del proyecto. De manera general el estudio se compromete a respetar los 4 pilares de la ética en la investigación científica: *la Beneficencia, la No maleficencia, la Justicia y la Autonomía* respecte los participantes.

#### **4. Utilidad práctica de los resultados**

Los ejercicios de respiración a través del canto pueden ser una buena manera para controlar la evolución de la EM al nivel respiratorio, pero también al nivel del estado global del paciente. Este estudio propone un protocolo más conveniente y holístico sin implicar ninguna medicación, con solamente un comportamiento activo del paciente para mantener su estado de salud y darle confianza.

El análisis de los resultados puede presentar que los ejercicios de canto activo tienen un impacto a corto plazo al nivel del estado de ánimo, de su capacidad de adaptación y para manejar mejor la sensación de dolor. A largo plazo, este protocolo experimental puede prevenir complicaciones del estado respiratorio, manteniendo una buena capacidad pulmonar global con músculos respiratorios muy fuertes, evitando así el colapso de las vías aéreas y la aparición de una neumonía con secreciones que no salen correctamente del aparato respiratorio. Participar en una terapia de canto grupal puede ser una alternativa más agradable para aumentar la adherencia al trabajo respiratorio, ya que los ejercicios son realizados de una manera desviada y también en un ambiente favorable con otras personas. Sin embargo, al nivel de los resultados esperados, se puede también aparecer en el grupo control una ligera mejora de los parámetros analizados ya que se sabe que realizar ejercicios de respiración profunda tiene igualmente un impacto positivo sobre el estado respiratorio.

Además, el análisis de las variables respiratorias como la CVF, puede mostrar la presencia de una disfunción pulmonar en la EM sin que haya la presencia de síntomas respiratorios visibles, lo que tiene su importancia en pacientes con EM leve a moderada al momento de prevenir la aparición de complicaciones respiratorias.

Al nivel de la ejecución global del proyecto, puede ser que como tenemos un estudio que dura 10 años, varias personas quitan el estudio alterando el análisis de comparación entre grupos, lo que representa un sesgo en el estudio que se tiene que tomar en cuenta.

## 5. Bibliografía

1. Kamm CP, Uitdehaag BM, Polman CH. Multiple sclerosis: Current knowledge and future outlook. *Eur Neurol.* 2014;72(3–4):132–41.
2. Westerdahl E, Wittrin A, Kånåhols M, Gunnarsson M, Nilsagård Y. Deep breathing exercises with positive expiratory pressure in patients with multiple sclerosis – a randomized controlled trial. *Clin Respir J.* 2016;10(6):698–706.
3. Papeix C. La sclérose en plaques: s’informer pour mieux se soigner. Odile Jaco. Paris; 2011. 160 p.
4. Tzelepis GE, McCool FD. Respiratory dysfunction in multiple sclerosis. *Respir Med* [Internet]. 2015;109(6):671–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmed.2015.01.018>
5. Rietberg MB, Veerbeek JM, Gosselink R, Kwakkel G, van Wegen EE. Respiratory muscle training for multiple sclerosis. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2017 Dec 21 [cited 2018 Oct 28]; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD009424.pub2>
6. Arsep Fondation. La lettre de la fondation: les facteurs de risques de la SEP [Internet]. Vol. 101. 2018. Available from: <https://www.arsep.org/fr/329-au-quotidien.html>
7. Petrilli S, Durufle A, Nicolas B, Robineau S, Kerdoncuff V, Tallec H Le. Influence des variations de la température sur la symptomatologie clinique dans la sclérose en plaques : étude épidémiologique Influence of temperature changes on clinical symptoms in multiple sclerosis , an epidemiologic study. 2004;47:204–8.
8. Institut du Cerveau et de la Moelle épinière. Sclérose en plaques : comment mesurer et prévenir la survenue du handicap ? - Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière [Internet]. 2018 [cited 2019 Jan 15]. Available from: <https://icm-institute.org/fr/actualite/sclerose-plaques-mesurer-prevenir-survenue-handicap/>
9. Tardif L. La revue de la fondation Arsep. Arsep fondation. 2018.
10. Frohman TC, Davis SL, Beh S, Greenberg BM, Remington G, Frohman EM. Uhthoff’s phenomena in MS—clinical features and pathophysiology. *Nat Publ Gr* [Internet]. 2013;1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nrneurol.2013.98>
11. MS International Federation. Atlas of MS 2013 [Internet]. 2013. Available from:



<https://www.msif.org/about-us/who-we-are-and-what-we-do/advocacy/atlas/>

12. Berrigan LI, Fisk JD, Patten SB, Tremlett H, Wolfson C, Warren S, et al. Health-related quality of life in multiple sclerosis Direct and indirect effects of comorbidity. 2016;
13. Bensmail D, Lansaman T, Levy J. Rééducation et sclérose en plaques. Arsep Fond [Internet]. 2016; Available from: <https://www.arsep.org/fr/329-au-quotidien.html>
14. Racosta JM, Kimpinski K, Morrow SA, Kremenchutzky M. Autonomic dysfunction in multiple sclerosis. *Auton Neurosci Basic Clin* [Internet]. 2015;193:1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2015.06.001>
15. Levy J, Bensmail D, Brotier-Chomienne A, Butel S, Jousain C, Hugeron C, et al. Respiratory impairment in multiple sclerosis: a study of respiratory function in wheelchair-bound patients. *Eur J Neurol*. 2017;24(3):497–502.
16. Lewis A, Cave P, Hopkinson NS. Singing for Lung Health: service evaluation of the British Lung Foundation programme. *Perspect Public Health*. 2018;138(4):215–22.
17. Reynolds ER, Ashbaugh AD, Hockenberry BJ, McGrew CA. Multiple sclerosis and exercise: A literature review. *Curr Sports Med Rep*. 2018;17(1):31–5.
18. Arsep Fondation. La sclérose en plaques [Internet]. 2019 [cited 2019 Jan 15]. Available from: <https://www.arsep.org/fr/168-définition-et-chiffres.html>
19. Inserm. Sclérose en plaques (SEP) [Internet]. 2014 [cited 2019 Jan 15]. Available from: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/sclerose-en-plaques-sep>
20. Institut du Cerveau et de la Moelle épinière. La sclérose en plaques [Internet]. 2018 [cited 2019 Jan 15]. Available from: <http://decouvreursdespoir.fr/sclerose-en-plaques/>
21. Société suisse de la sclérose en plaques. Comment diagnostique-t-on la sclérose en plaques? | Société suisse de la sclérose en plaques [Internet]. 2018 [cited 2019 Jan 15]. Available from: <https://www.multiplesklerose.ch/fr/actualite/detail/comment-diagnostique-t-on-la-sclerose-en-plaques-1/>
22. Arsep Fondation. La lettre de la fondation: les traitements de la SEP. 2017.
23. Xhardez Y. Vade-mecum de Kinésithérapie et rééducation fonctionnelle. 7ème édit. Maloine, editor. Paris; 2015. 446 p.
24. Kang J, Scholp A, Jiang JJ. A Review of the Physiological Effects and Mechanisms of

- Singing. *J Voice* [Internet]. 2018;32(4):390–5. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.07.008>
25. Amy de la Bretèque B. *L'équilibre et le rayonnement de la voix*. 2ème édit. Solal, editor. Marseille; 2011. 123 p.
26. Goldenberg RB. Singing Lessons for Respiratory Health: A Literature Review. *J Voice* [Internet]. 2018 Jan [cited 2018 Oct 14];32(1):85–94. Available from:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892199716304428>
27. Wiens ME, Reimer MA, Guyn HL. Music Therapy as a Treatment Method for Improving Respiratory Muscle Strength in Patients with Advanced Multiple Sclerosis: A Pilot Study. *Rehabil Nurs* [Internet]. 1999 Mar 4 [cited 2018 Oct 10];24(2):74–80. Available from:  
<http://doi.wiley.com/10.1002/j.2048-7940.1999.tb01840.x>
28. Ray AD, Udhoji S, Mashtare TL, Fisher NM. A combined inspiratory and expiratory muscle training program improves respiratory muscle strength and fatigue in multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2013;94(10):1964–70. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2013.05.005>
29. Stegemöller EL, Radig H, Hibbing P, Wingate J, Sapienza C. Effects of singing on voice, respiratory control and quality of life in persons with Parkinson's disease. *Disabil Rehabil*. 2017;39(6):594–600.
30. Grocke D, Pretto JJ, Baker FA, Tamplin J, Brown DJ, Ruehland WR, et al. Effect of Singing on Respiratory Function, Voice, and Mood After Quadriplegia: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2012;94(3):426–34. Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2012.10.006>
31. Whitley E, Ball J. *Statistics review 4 : Sample size calculations*. 2002;
32. Altintas A, Demir T, Ikitimur HD, Yildirim N. Pulmonary function in multiple sclerosis without any respiratory complaints. *Clin Neurol Neurosurg*. 2007;109(3):242–6.
33. Steier J, Kaul S, Seymour J, Jolley C, Rafferty G, Man W, et al. The value of multiple tests of respiratory muscle strength. 2007;975–80.
34. Andrew D. Ray<sup>1</sup>, Martin C. Mahoney<sup>2</sup> and NMF. Measures of respiratory function correlate with fatigue in ambulatory persons with multiple sclerosis. 2015;15(3):199–213. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/09638288.2015.1031286>

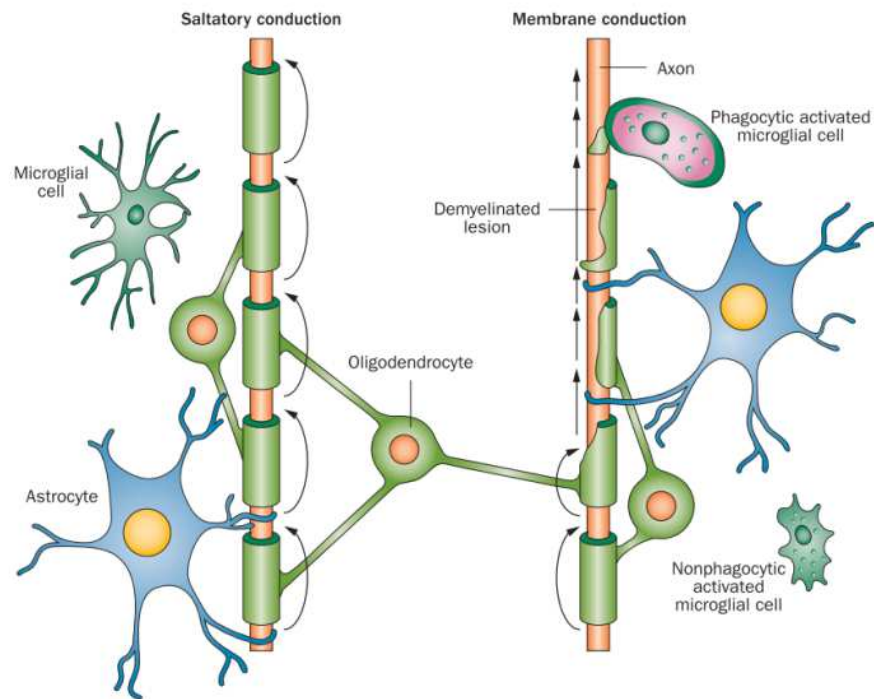
35. Sbruzzi G, Dal Lago P, Ribeiro RA, Plentz RDM. Inspiratory muscle training and quality of life in patients with heart failure: Systematic review of randomized trials. *Int J Cardiol* [Internet]. 2012;156(1):120–1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.01.025>
36. Antía Cacheda. Fisiología: Tema 19. Anatomía funcional del aparato respiratorio [Internet]. 2012 [cited 2019 Jan 15]. Available from: <http://laphysis.blogspot.com/2012/01/tema-19-anatomia-funcional-del-aparato.html>

Las bases de datos bibliográficas consultadas han sido: Pubmed y Google académico

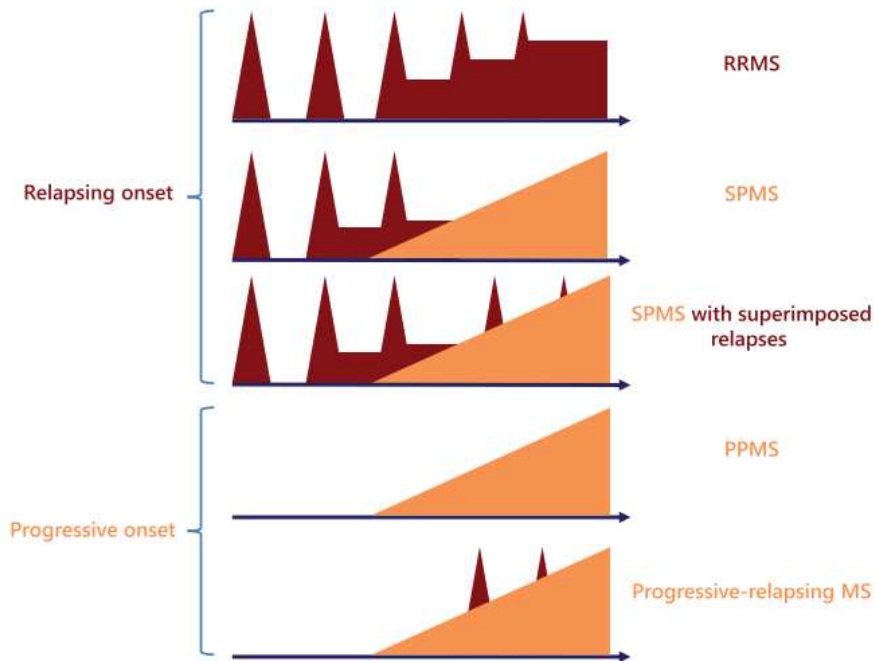
Palabras claves y descriptores: Multiple Sclerosis - Singing – Respiratory physiotherapy.

## 6. Anexos

### Anexo 1: Efectos de la desmielinización en la conducción axonal (10)



**Anexo 2:** Cursos clínicos de la MS (1)



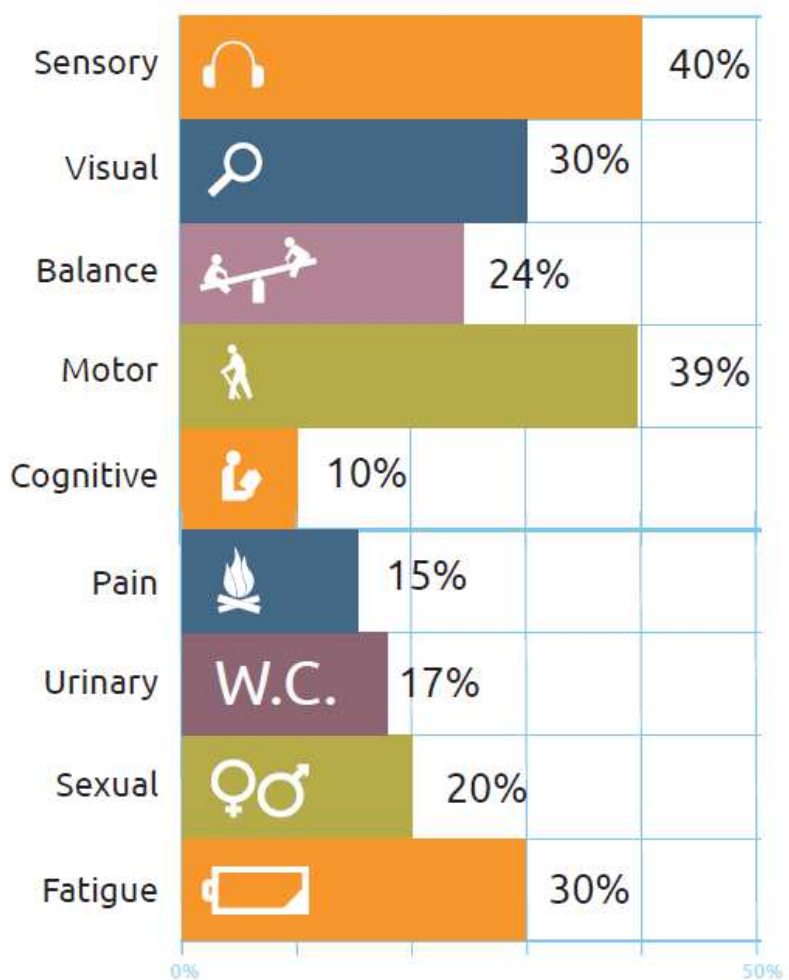
### **Anexo 3: Tipos de esclerosis múltiple (11)**



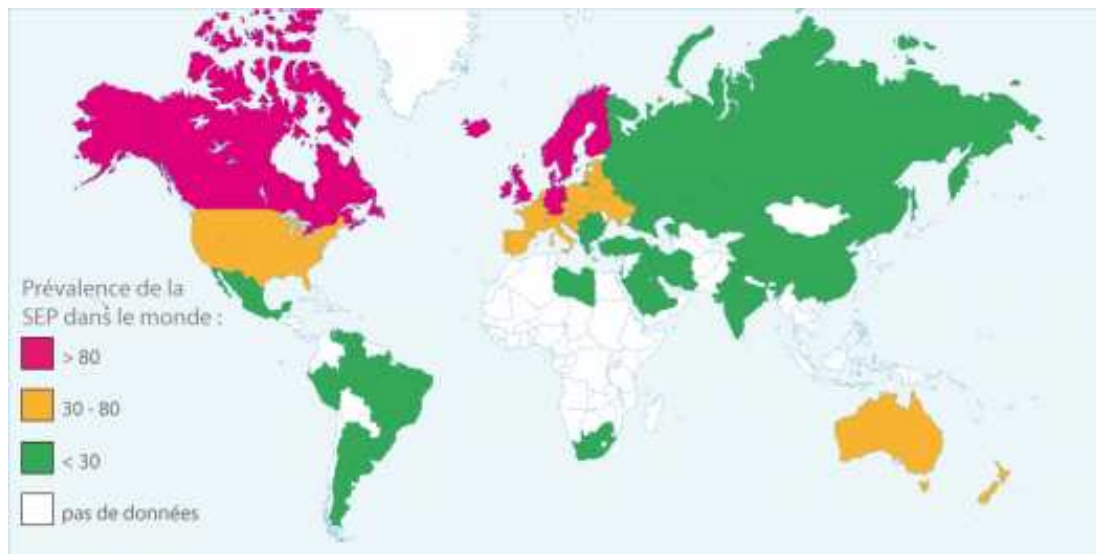
8 OUT OF 10 PEOPLE WHO ARE DIAGNOSED WITH  
RELAPSING-REMITTING MS DEVELOP SECONDARY PROGRESSIVE MS



**Anexo 4:** Síntomas más comunes en la EM (11)



**Anexo 5:** Prevalencia en 2018 de la EM en el mundo (18)





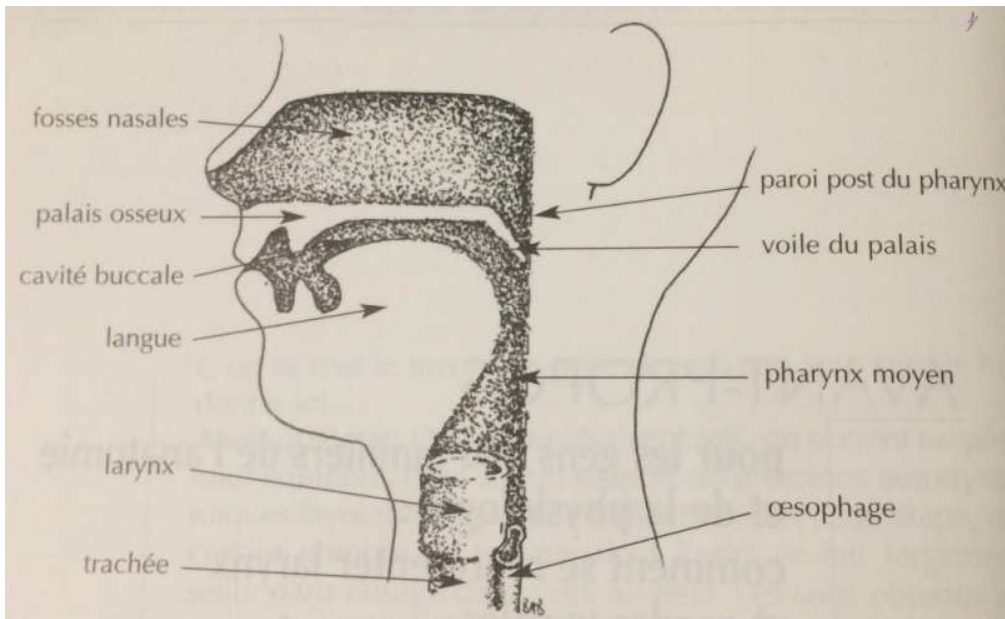
## Anexo 6: Criterios de McDonald's (1,21)

Clinical presentation	Additional data needed for MS diagnosis
≥2 attacks, objective clinical evidence of ≥2 lesions or objective clinical evidence of 1 lesion with reasonable historical evidence of a prior attack	None
≥2 attacks, objective clinical evidence of 1 lesion	DIS demonstrated by: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ≥1 T2 lesion<sup>a</sup> in at least 2 out of 4 MS-typical regions of the CNS (periventricular, juxtacortical, infratentorial or spinal cord<sup>b</sup>), or</li> <li>- Await a further clinical attack implicating a different CNS site</li> </ul>
1 attack, objective clinical evidence of ≥2 lesions	DIT demonstrated by: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simultaneous presence of asymptomatic Gd-enhancing and non-enhancing lesions at any time, or</li> <li>- A new T2 and/or Gd-enhancing lesion(s) on follow-up MRI, irrespective of its timing with reference to a baseline scan, or</li> <li>- Await a second clinical attack</li> </ul>
1 attack, objective clinical evidence of 1 lesion (clinically isolated syndrome)	Demonstration of DIS and DIT (see above)
Insidious neurological progression suggestive of MS (PPMS)	1 year of disease progression (retrospectively or prospectively determined) plus 2 out of 3 of the following criteria <sup>c</sup> : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evidence for DIS in the brain based on ≥1 T2 lesion in the MS-characteristic regions (periventricular, juxtacortical or infratentorial)</li> <li>2. Evidence for DIS in the spinal cord based on ≥2 T2 lesions in the cord</li> <li>3. Positive cerebrospinal fluid (isoelectric focusing evidence of oligoclonal bands and/or elevated IgG index)</li> </ol>

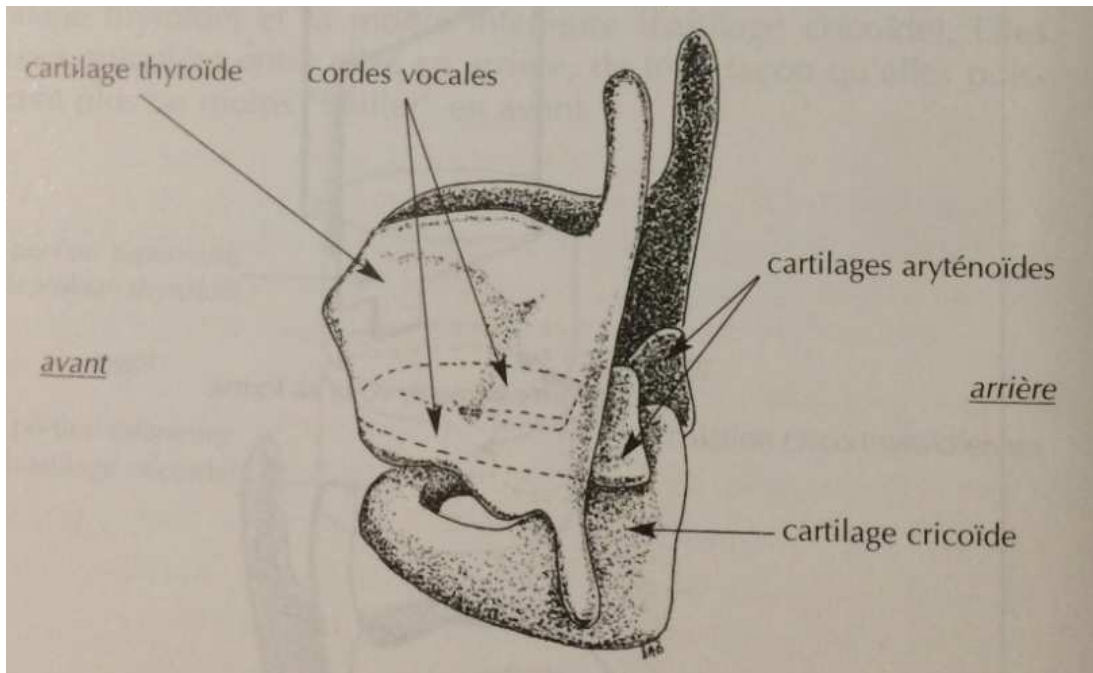
Based on Polman et al. [29], used with permission.

<sup>a</sup> Gd enhancement of lesions is not required for DIS. <sup>b</sup> If a subject has a brainstem or spinal cord syndrome, the symptomatic lesions are excluded from the criteria and do not contribute to lesion count. <sup>c</sup> Gd-enhancing lesions are not required; symptomatic lesions are excluded from consideration in subjects with brainstem or spinal cord syndromes.

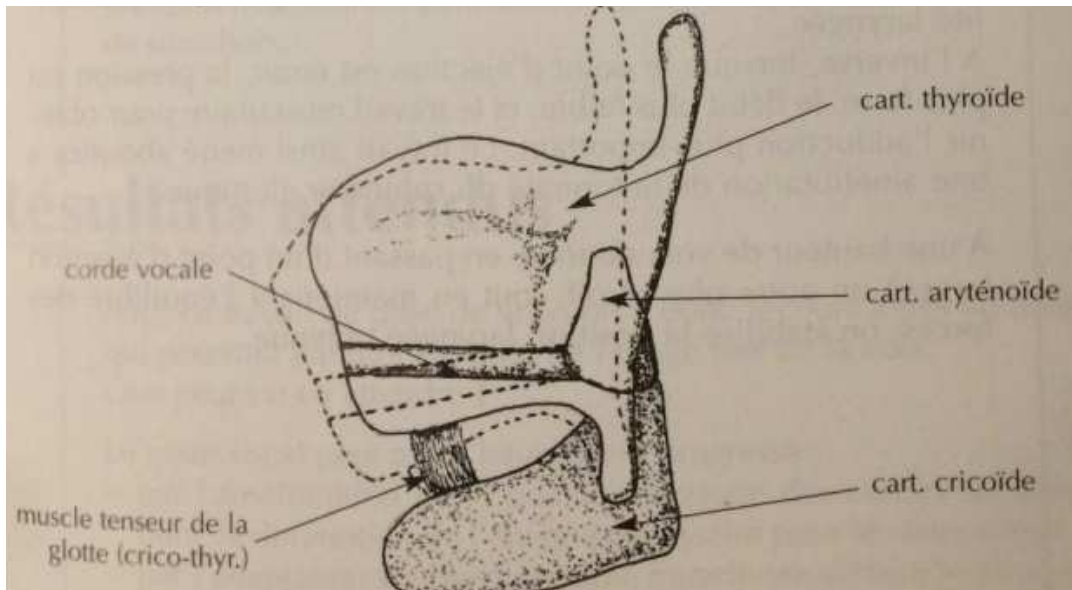
**Anexo 7:** Posición y forma esquemática de la laringe (25)



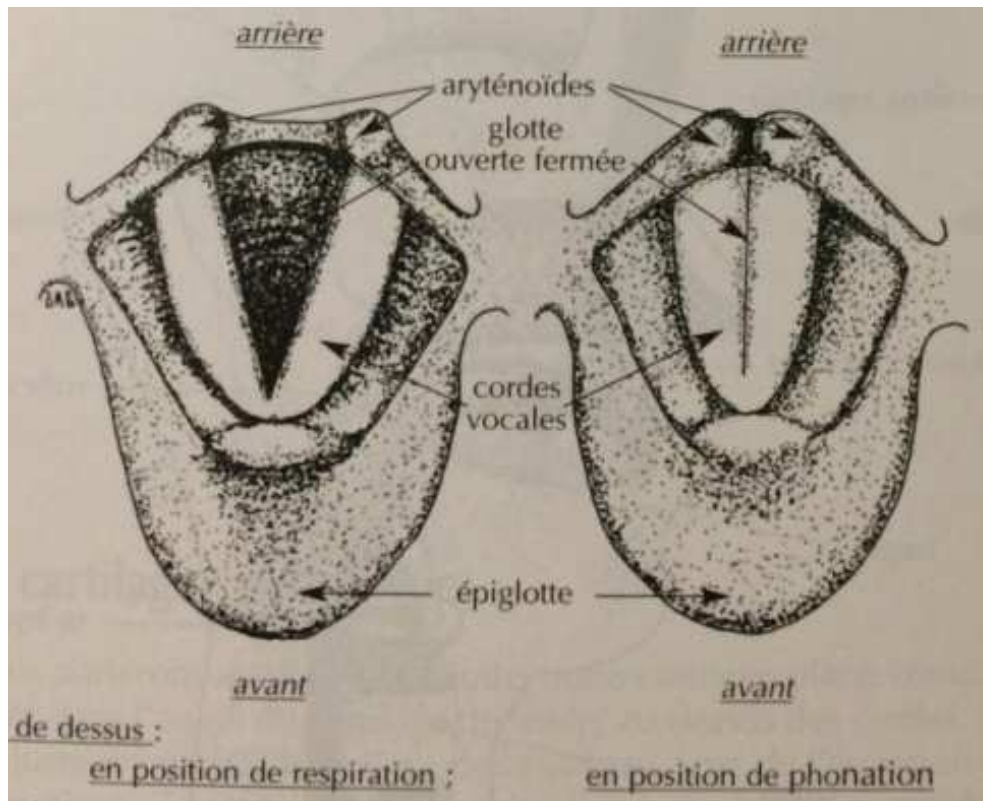
**Anexo 8:** Anatomía de la laringe (25)



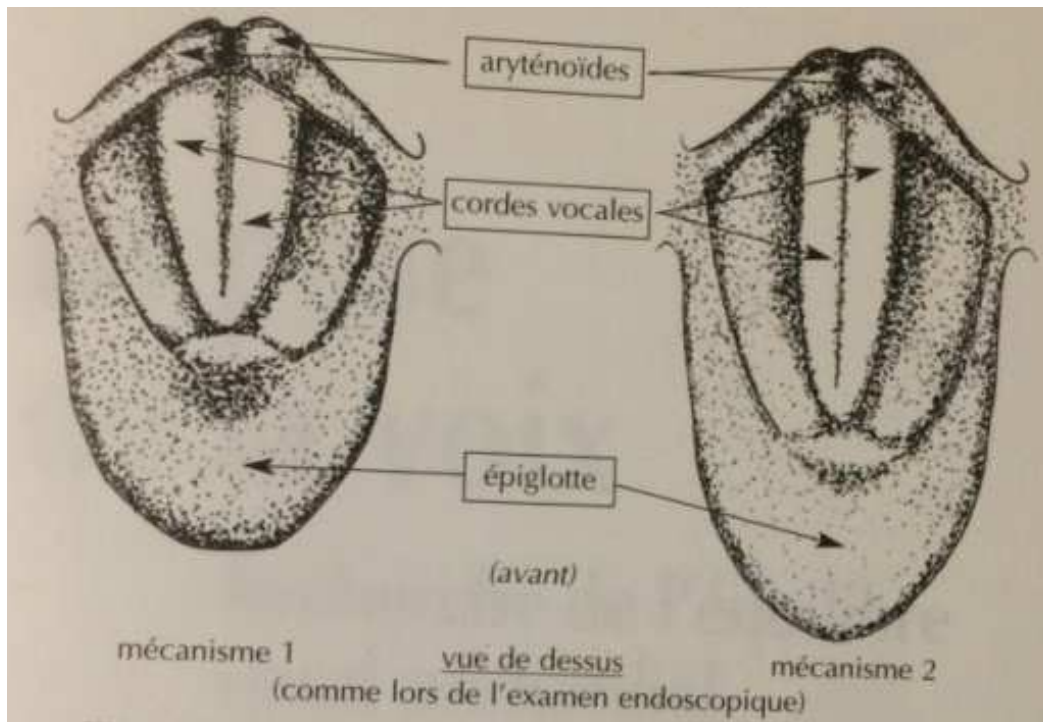
**Anexo 9:** Movimiento de la laringe durante el canto (25)



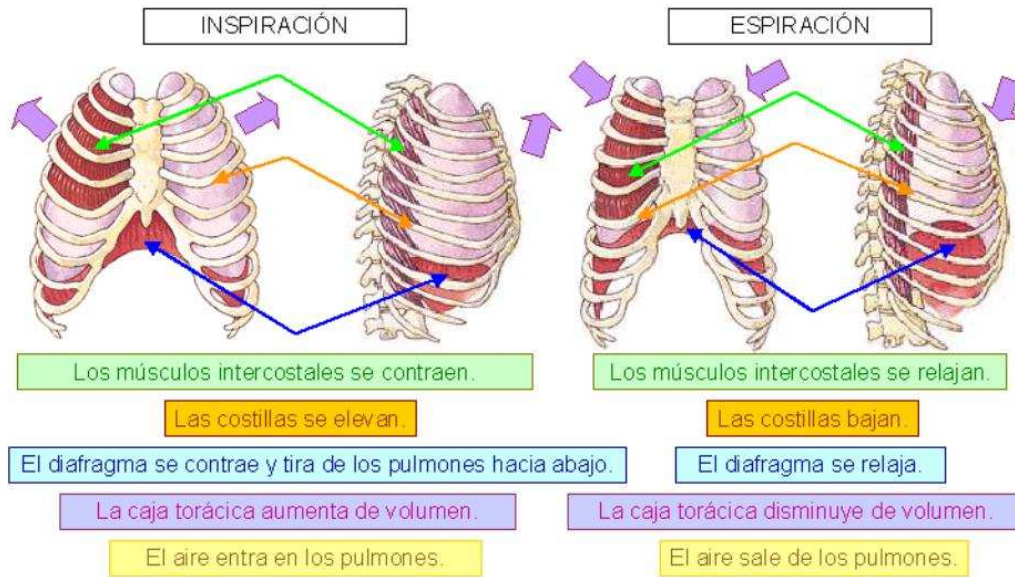
**Anexo 10:** Posición de las cuerdas vocales en la respiración (izquierda) y el canto (derecha) (25)



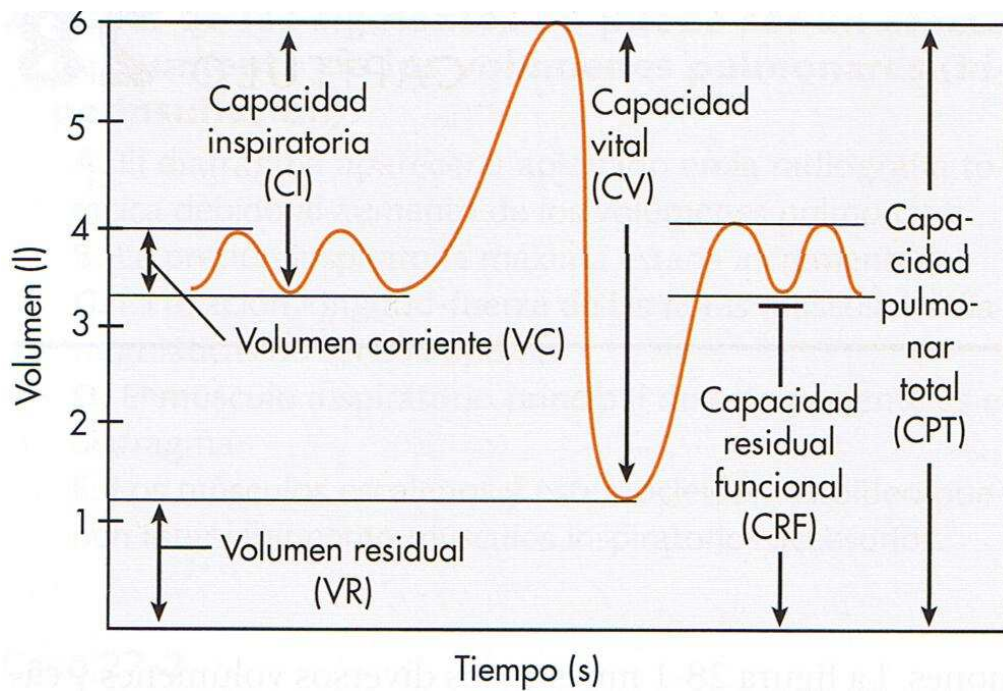
**Anexo 11:** Posición de las cuerdas vocales en sonidos graves (izquierda) y agudos (derecha) (25)



## Anexo 12: Mecanismos de inspiración y espiración (36)



**Anexo 13:** Capacidades y volúmenes pulmonares (36)





## **Anexo 14: Consentimiento informado para los participantes del estudio**

Bienvenidos,

A través este documento y toda la información relacionada con, te invito a participar voluntariamente en un estudio de investigación clínica que va ser detallado en los párrafos que siguen, ya que tienes el perfil de los criterios de inclusión de este estudio. Se va llevar a cabo un estudio experimental que tiene como objetivo: *Observar y analizar el impacto de la música como tratamiento alternativo en sesiones de fisioterapia centrado en la prevención de las complicaciones respiratorias, en pacientes con una esclerosis múltiple leve a moderada que tienen entre 30 y 40 años.* Has sido solicitado para participar en este protocolo experimental que consiste más concretamente, en la comparación de 2 protocolos durante un periodo de 10 años, a partir del día donde tú firmas este consentimiento informado, en la clínica Pasteur en Tolosa. La repartición en los grupos se realiza al azar, con:

- Un grupo que realiza 2 sesiones /semana de fisioterapia respiratoria con ejercicios respiratorios a través la apreciación musical de canciones de relajación.
- Un grupo que realiza 2 sesiones/semana de fisioterapia respiratoria con ejercicios respiratorios y canto grupal.

Este estudio experimental consiste en la observación y análisis del impacto de la música en una sesión de rehabilitación respiratoria, como posible tratamiento alternativo para prevenir la aparición de problemas respiratorios en el futuro. Antes que aceptes participar al estudio, te presento los posibles beneficios/riesgos del estudio para que puedas tomar una decisión informada. En primer, los parámetros que van ser analizados son:

- *Parámetros respiratorios:* la ventilación pulmonar (con la utilización de un espirómetro como material de análisis), y la fuerza muscular respiratoria (con un manómetro que mide las presiones inspiratorias y espiratorias).
- *La capacidad funcional física:* a través de una prueba “6 Minute-Walking-Test”, que mide la distancia recorrida durante 6 minutos.
- *La calidad de vida:* a través del cuestionario SF-36 con preguntas sobre la percepción del participante sobre su estado de salud durante la duración del estudio.

Así, respecto a las sesiones realizadas y los parámetros analizados, los beneficios de este estudio podrían ser: una mejora de tu estado físico global, una mejora al nivel psicológico, una mejora al nivel de las interacciones sociales y también una evolución positiva en tu calidad de vida. Este programa experimental no tiene riesgos especiales.

### **Respecto a toda la información recibido previamente:**

Yo,....., mayor de edad, nacido el..... con DNI:..... actuando en nombre e interés propio, declaro que “he recibido toda la información necesaria sobre el proyecto:

ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL IMPACTO DE LA MÚSICA EN SESIONES DE REHABILITACIÓN RESPIRATORIA, COMO PREVENCIÓN DE LAS COMPLICACIONES RESPIRATORIAS EN PACIENTES CON UNA ESCLEROSIS MÚLTIPLE LEVE A MODERADA”,

He entendido el concepto del estudio experimental y se me han aclarado todas las dudas. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos con respecto a la gestión de datos personales que conlleva el proyecto y las garantías dadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de

diciembre, de protección de datos de carácter personal y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos y normativa complementaria.

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme en cualquier momento, revocando este consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en ningún caso. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados de los archivos del estudio.

Hoy asimismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Así, DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto experimental sobre el impacto de la música en sesiones de rehabilitación respiratoria, como prevención de las complicaciones respiratorias en pacientes con una Esclerosis Múltiple leve o moderada durante un periodo de 10 años.
2. Que el equipo de fisioterapeutas [NÚMERO IP] como investigadores principales, puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Es garantice que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos y normativa complementaria.
3. Que el equipo de investigación conserve todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuvieran establecidos, ya falta de previsión legal, por el tiempo que fuera necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueran recaudadas.

A....., el...../...../.....

[FIRMA DEL PARTICIPANTE] [SIGNATURA IP]

**Anexo 15:** Hoja de registro

Nombre: .....
Apellido: .....
Código: .....
Sexo: .....
Edad: .....
Fecha de nacimiento: .....
Residencia principal: .....
Medicación: .....
Antecedentes médicos: .....
Días de ausencia: .....
=> Adherencia al protocolo (%) =
Data: .....
FIRMA:

### **Anexo 16: Medidas respiratorias recogidas**

	<b>PIM</b> (cmH2O)	<b>PEM</b> (cmH2O)	<b>FEV1/CVF</b> (%)	<b>6MWT</b> (m)	<b>SF-36</b>
<b>Medida nº1 (Día ..)</b> (1r día)					
<b>Medida nº2 (Día )</b> (1r mes)					
<b>Medida nº3 (Día ..)</b> (1r año)					
<b>Medida nº4 (Día ..)</b> (5 años)					
<b>Medida nº5 (Día ..)</b> (10 años)					

### **Anexo 17: Cuestionario SF-36**

<b>1. En general, usted diría que su salud es:</b>	
1) Excelente	
2) Muy buena	
3) Buena	
4) Regular	
5) Mala	
<b>2. ¿Cómo diría que es su salud actual, comparada con la de hace un año?</b>	
1) Mucho mejor ahora que hace un año	
2) Algo mejor ahora que hace un año	
3) Más o menos igual que hace un año	
4) Algo peor ahora que hace un año	
5) Mucho peor ahora que hace un año	

Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal.

<b>3. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados, o participar en deportes agotadores?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>4. Su salud actual, ¿le limita para hacer esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	

<b>5. Su salud actual, ¿le limita para coger o llevar la bolsa de la compra?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>6. Su salud actual, ¿le limita para subir varios pisos por la escalera?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>7. Su salud actual, ¿le limita para subir un solo piso por la escalera?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>8. Su salud actual, ¿le limita para agacharse o arrodillarse?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>9. Su salud actual, ¿le limita para caminar un kilómetro o más?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>10. Su salud actual, ¿le limita para caminar varias manzanas (varios centenares de metros)?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>11. Su salud actual, ¿le limita para caminar una sola manzana (unos 100 metros)?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	
<b>12. Su salud actual, ¿le limita para bañarse o vestirse por sí mismo?</b>	
1) Sí, me limita mucho	
2) Sí, me limita un poco	
3) No, no me limita nada	

Las siguientes preguntas se refieren a problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas.

	Sí	No
13. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?		
14. Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de su salud física?		
15. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?		
16. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo dificultad para hacer su trabajo o sus actividades cotidianas (por ejemplo, le costó más de lo normal), a causa de su salud física?		
17. Durante las 4 últimas semanas, ¿tuvo que reducir el tiempo dedicado al trabajo o a sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (¿cómo estar triste, deprimido, o nervioso)?		
18. Durante las 4 últimas semanas, ¿hizo menos de lo que hubiera querido hacer, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?		
19. Durante las 4 últimas semanas, ¿no hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?		
<b>20. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos, los vecinos u otras personas?</b>		
1) Nada		
2) Un poco		
3) Regular		
4) Bastante		
5) Mucho		
<b>21. ¿Tuvo dolor en alguna parte del cuerpo durante las 4 últimas semanas?</b>		
1) No, ninguno		
2) Sí, muy poco		
3) Sí, un poco		
4) Sí, moderado		
5) Sí, mucho		
6) Sí, muchísimo		
<b>22. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?</b>		
1) Nada		
2) Un poco		
3) Regular		
4) Bastante		
5) Mucho		

Las preguntas que siguen se refieren a cómo se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted.

	1)Siempre	2)Casi siempre	3)Muchas veces	4)Algunas veces	5)Sólo alguna vez	6)Nunca
23. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió lleno de vitalidad?						
24. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo estuvo muy nervioso?						
25. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?						
26. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?						
27. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo tuvo mucha energía?						
28. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió desanimado y triste?						
29. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió agotado?						
30. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió feliz?						
31. Durante las 4 últimas semanas, ¿cuánto tiempo se sintió cansado?						
32. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?						



Por favor, diga si le parece cierta o falsa cada una de las siguientes frases.

<b>33. Creo que me pongo enfermo más fácilmente que otras personas.</b>	
1) Totalmente cierta	
2) Bastante cierta	
3) No lo sé	
4) Bastante falsa	
5) Totalmente falsa	
<b>34. Estoy tan sano como cualquiera.</b>	
1) Totalmente cierta	
2) Bastante cierta	
3) No lo sé	
4) Bastante falsa	
5) Totalmente falsa	
<b>35. Creo que mi salud va a empeorar.</b>	
1) Totalmente cierta	
2) Bastante cierta	
3) No lo sé	
4) Bastante falsa	
5) Totalmente falsa	
<b>36. Mi salud es excelente.</b>	
1) Totalmente cierta	
2) Bastante cierta	
3) No lo sé	
4) Bastante falsa	
5) Totalmente falsa	

## 7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado bajo la supervisión de Iván Romero Delgado, fisioterapeuta que tiene una formación en musicoterapia y que trabaja también en la Universidad de Vic. Me gustaría agradecer a mi tutor, para todos los consejos y el tiempo que me ha conseguido durante la elaboración de este trabajo final de grado. Fue un placer trabajar con él durante estos meses y compartir nuevas ideas sobre el impacto de la musicoterapia en general ya que se sabe que tiene muchos efectos positivos en la salud de manera general. La ayuda de mis tutores de práctica fue también muy útil para escoger las mejores técnicas de análisis al nivel de las variables que he puesto en mi trabajo. Y para acabar, me gustaría agradecer particularmente mi entorno familiar, ya que he sido en un entorno muy centrado en la música desde pequeña (padres que cantan, hermanos y hermanas que juegan también instrumentos...) Me ha permitido involucrarme en la música a través del piano y del canto, y así desarrollar ideas y posibles conceptos que ligan la música y la salud en la vida.

## 8. Nota final

La realización de este Trabajo Final de Grado fue como una finalización lógica de estos 4 años como estudiante en la Universidad de Vic. La elección de este tema está ligada a aspectos que son particularmente importantes para mí, como la presencia de música en la vida y especialmente el canto. De manera general, la musicoterapia está cada vez más utilizada al nivel médico y paramédico en la nuestra sociedad, pero la utilización del canto no es la primera técnica que se elige en la rehabilitación de fisioterapia respiratoria, aunque algunos estudios científicos empiezan aparecer en los últimos años en patologías crónicas. El presente estudio pone en luz la importancia del canto al nivel respiratorio, ya que puede mantener la fuerza muscular principalmente de los músculos espiratorios y también mantener la capacidad funcional respiratoria del paciente que presenta una EM, para evitar complicaciones respiratorias en el futuro. El estudio analiza también el impacto del canto sobre la calidad de vida que puede totalmente transformarse y mejorarse. El hecho de “crear” con su voz una melodía y sonidos vocales representa una cosa realmente única, que se distingue de la producción simple de sonidos con instrumentos de música. Provoca sensaciones internas que no se pueden realmente cuantificar o medir como tal al nivel científico, pero que provocan un real bienestar global.

Fue un trabajo fundamental porque me ha permitido descubrir el ámbito de la recerca científica, uno de los pilares de la fisioterapia actual. No había muchos estudios sobre la EM y el canto, pero el uso de estudios sobre otras patologías crónicas ha sido una inspiración para crear este protocolo experimental en una nueva población de análisis. Al nivel de la muestra elegida, el estudio necesita un número de participantes muy elevado para ser significativo, pero en la realidad puede ser difícil encontrar tan personas para llevar a cabo este estudio.

Para acabar, la realización de este trabajo ha sido facilitada por un real interés en este tema que me ha gustado desde el inicio. Ha sido una buena experiencia investigar sobre un tratamiento que puede dar una alternativa al tratamiento fisioterapéutico convencional.