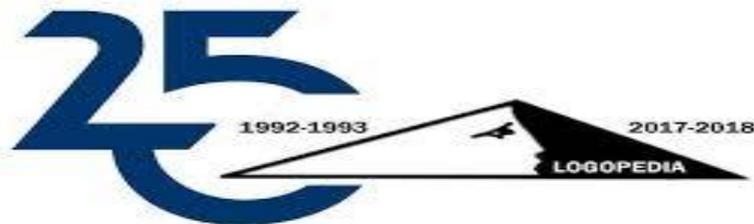




Universidad de Valladolid



TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Revisión sistemática de la aplicación de las técnicas de Neurofeedback y
Biofeedback en los trastornos de ámbito logopédico**

Realizado por: Guillermo Fuentes Otero

Tutorizado por: Rebeca Paniagua Alario

Noviembre 2019

ÍNDICE

1. Resumen.....	4
2. Abstract.....	5
3. Introducción.....	6
○ 3.1 Bases neurobiológicas del lenguaje.....	6
○ 3.2 Biofeedback	14
○ 3.3 Neurofeedback	19
○ 3.4 Funcionamiento.....	19
○ 3.5 Tipos.....	21
○ 3.6 Biofeedback y logopedia	22
4. Objetivos.....	22
5. Metodología.....	27
6. Resultados.....	28
7. Discusión	45
8. Conclusiones.....	49
9. Bibliografía.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema del SNC.....	6
Tabla 2. Pares craneales.....	9
Tabla 3. Las ondas cerebrales.....	11
Tabla 4. Áreas cerebrales y el lenguaje.....	12
Tabla 5. Tipos de respuesta en BF.....	15
Tabla 6. Niveles de eficacia en BF.....	16
Tabla 7. Parámetros fisiológicos.....	21
Tabla 8. Etiología DCA.....	22
Tabla 9. Secuelas DCA.....	23
Tabla 10. Trastornos.....	24
Tabla 11. Resultados BF.....	28
Tabla 12. Resultados NF.....	33
Tabla 13. Aspectos tratados.....	36
Tabla 14. Manipulación de las ondas cerebrales.....	39
Tabla 15. Sesiones.....	39
Tabla 16. Profesionales y país.....	40

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. El SNC.....	8
Ilustración 2. El SNC.....	8
Ilustración 3. La neurona.....	10
Ilustración 4. La neurona.....	10
Ilustración 5. Estructuras cerebrales.....	14
Ilustración 6. Electrodo del NF.....	14
Ilustración 7. Esquema general del BF.....	20

1. RESUMEN

En el presente trabajo se revisan las técnicas de Biofeedback y Neurofeedback, basadas en la retroalimentación de la información fisiológica derivada de cualquier función humana. Se expone de una forma teórica sus posibles implicaciones en los trastornos de la comunicación y las posibilidades de aplicación por parte del logopeda en la rehabilitación de diferentes trastornos acotados al Daño Cerebral Adquirido (DCA) después de relacionarlo con el funcionamiento de estas técnicas para entender la manera en que pueden ser utilizadas.

Para llevar a cabo este trabajo, se ha realizado una búsqueda bibliográfica de artículos publicados para llevar a cabo un análisis con distintas palabras clave, en distintos buscadores como Google Académico, Scielo, Dialnet o Pubmed. Los criterios de selección fueron artículos publicados en investigaciones tanto nacionales como internacionales y que referencian tratamientos basados en las técnicas de Biofeedback y Neurofeedback para los trastornos del campo de la logopedia escogidos y presentes en el DCA.

Por último, se exponen las conclusiones extraídas, que hacen referencia a la eficacia del Biofeedback en las alteraciones de la comunicación y la deglución, así como la todavía existente necesidad de desarrollar e incentivar su conocimiento en la logopedia.

Palabras clave: Biofeedback, Neurofeedback, Daño Cerebral Adquirido, Neurorehabilitación, Logopedia.

2. ABSTRACT

The present work has been carried out in order to revise and report the techniques of Biofeedback and Neurofeedback, which are based on feedback of physiological information coming from any human activity. There is a theoretical report of the potential implications of these techniques in communication disorders and the possibilities of application in treatments for rehabilitation in ACD field after exposing the relationship between the techniques and communication related tasks in order to understand the way they can be used.

For this purpose, a research has been carried out using different keywords in several seekers such as Google Scholar, Scielo, Dialnet or Pubmed. The selecting criteria were articles both in a national and an international context based on treatments with Biofeedback and Neurofeedback in the field of the selected issues.

Eventually, the final conclusions were exposed referring to efficacy of Biofeedback in the treatment of language and swallowing issues, as well as the existing necessity of developing the use and knowledge of these techniques in the field of speech therapy.

Key words: Biofeedback, Neurofeedback, Acquired Brain Damage, Neurorehabilitation, Speech and language therapy.

3. INTRODUCCIÓN

En primer lugar, se ofrecerá una contextualización teórica sobre las bases neurológicas en la que se asientan los procesos y procedimientos del lenguaje y la comunicación y que atañen al campo de la logopedia. Posteriormente, se expondrá una reseña del Biofeedback (BF), sus aplicaciones y sus mecanismos de funcionamiento. De esta manera, estableceremos las hipótesis respecto a la manera en que puede establecerse una relación entre el Biofeedback y los procesos comunicativos y en qué manera puede utilizarse como recurso terapéutico en la logopedia y así, exponer los trastornos y casos en los que centraremos nuestra investigación para, con el análisis y compilación de artículos, delimitar el la utilidad del Biofeedback en los trastornos de la comunicación y el lenguaje.

3.1 BASES NEUROBIOLÓGICAS DEL LENGUAJE

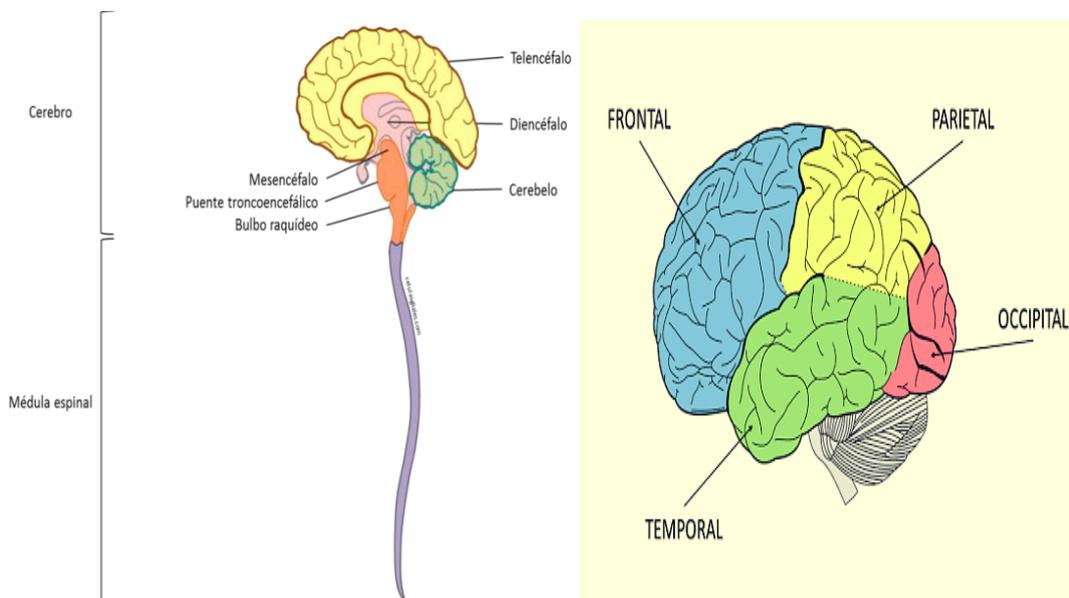
El lenguaje tiene su origen en el Sistema Nervioso (SN). Éste, se encarga de procesar las respuestas recibidas del exterior y elaborar respuestas en el organismo. El SN puede dividirse desde un punto de vista anatómico y funcional en dos partes: el Sistema Nervioso Central (SNC) y el Sistema Nervioso Periférico (SNP). En la *tabla 1* se expone un esquema general del **SNC** y sus funciones:

SNC: Recibe las respuestas del medio y elabora respuestas, se puede dividir en dos grandes estructuras, las cuales, a su vez, pueden subdividirse:	Encéfalo	Cerebro: Soporte del procesamiento sensorial y las funciones cognitivas.
		Cerebelo: Mediador de la información, controla la actividad vital inconsciente.
		Tronco del encéfalo: Sirve como vía de comunicación en el SNC.
	Médula espinal: Se encarga de la conducir información por el cuerpo y elaboración de los actos reflejos.	

Cerebro	<p>Se compone de una Corteza cerebral en la que distinguimos materia blanca con función sensorial y materia gris con función estructural.</p> <p>Se divide en dos Hemisferios, uno izquierdo (funciones del lenguaje) y uno derecho (Motor y sensitivo). Cada hemisferio a su vez puede dividirse en lóbulos.</p> <p>Todo esto, en su conjunto, conforma el llamado Telencéfalo, que integra la información somática y vegetativa.</p>	<p>Lóbulo frontal: Controla los movimientos voluntarios.</p>
		<p>Lóbulo occipital: Controla la integración visual.</p>
		<p>Lóbulo temporal: Controla la integración auditiva.</p>
		<p>Lóbulo parietal: Controla la integración táctil.</p>
	<p>Detrás y por debajo del telencéfalo, se encuentra el Diencéfalo, que a su vez presenta:</p>	<p>Tálamo: Controla la conducción de la información.</p>
		<p>Hipotálamo: Maneja las funciones fisiológicas básicas.</p>
<p>Epífisis: Regula el sueño y vigilia.</p>		
Cerebelo	<p>Se encarga de regular el ritmo cardíaco, la presión arterial, el equilibrio, la respiración, el control muscular y la postura.</p>	

Tronco del encéfalo: Se compone de tres estructuras:	Bulboraquídeo: Controla el vómito, la tos, el estornudo, el hipoy la deglución.
	Protuberancia: Regula los movimientos respiratorios, y recibe información sensorial del gusto e información táctil de la cara y el cuello.
	Mesencéfalo: Controla el movimiento ocular.

Tabla 1. Esquema del SNC. (Webb y Aller, 2010)¹



Ilustraciones 1 y 2. El SNC

El **SNP**, por su parte, está compuesto de nervios ramificados por todo el organismo. Estos nervios son los 12 pares craneales y los 31 nervios espinales, que inervan las extremidades. Algunos de los pares craneales tienen funciones a nivel motor y/o sensitivo fundamentales para entender los procesos del habla, la deglución y otros presentes en el acto comunicativo ¹. En la siguiente tabla se exponen los pares craneales que intervienen en los procesos de la comunicación:

Pares craneales			
V: Trigémino	Sensibilidad de la cara y la inervación musculatura de la masticación.	X: Vago	Controla inervación de músculos laríngeos y faríngeos y músculos de articulación en el paladar blando.

VII: Facial	Inervación motora para la expresión facial, sensibilidad gustativa, inervación glándulas salivales.	XI: Accesorio	Controla los músculos Esternocleidomastoideo y trapecio.
IX: Glossofaríngeo	Sensibilidad gustativa, inervación a la glándula parótida e inervación motora a los estilofaríngeo y estilogloso.	XII: Hipogloso	Inervación motora lingual.

Tabla 2. Pares craneales. (Webb y Aller, 2010)¹

Desde un punto de vista funcional, podemos distinguir en el SNP el **sistema nervioso somático** y el **sistema nervioso autónomo**. El primero abarca las estructuras del SNP que llevan la información de los receptores externos hasta el SNC que generará respuestas voluntarias. El sistema autónomo está formado por neuronas que conectan con las vísceras, regula la función de los órganos internos y los estímulos inconscientes. Tiene un componente simpático (estimulante) y uno parasimpático (inhibitorio) ¹.

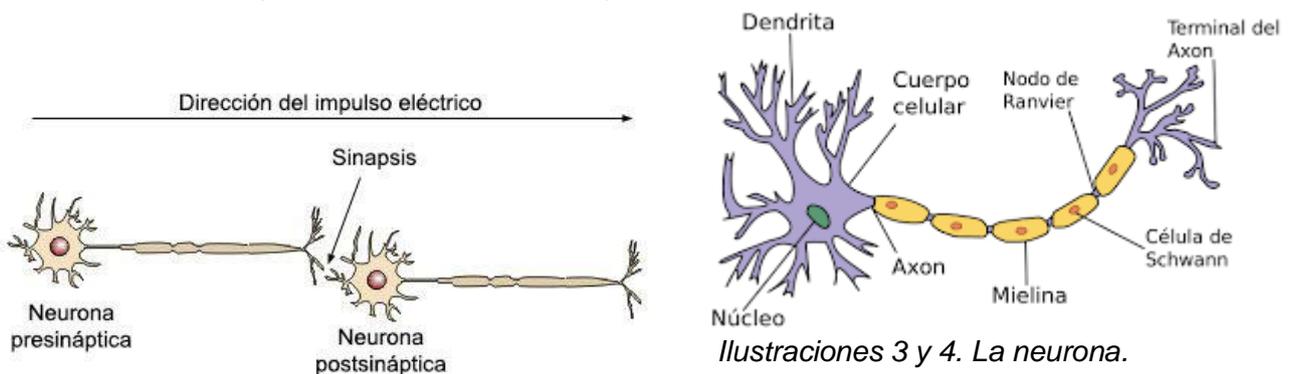
Toda información que el SN recibe y manipula para el funcionamiento del organismo se transmiten a través de:

- **Vías sensitivas**, recogen estímulos y transporta información hacia la corteza cerebral referente al tacto, temperatura, dolor, postura, presión y movimiento
- **Vías motoras**, inervan el músculo esquelético y tienen cuerpos celulares en la médula espinal y el tronco del encéfalo.

Para comprender el funcionamiento del SNC es imprescindible definir la unidad funcional y estructural básica del mismo. **Las neuronas** son las unidades independientes que conforman en SN, se componen de un cuerpo nuclear y prolongaciones denominadas dendritas a partir de las cuales se comunican entre ellas mediante estímulos nerviosos que generan cambios de potencial eléctrico en la membrana del cuerpo celular que tiene carga negativa y recibe una carga positiva (potencial de acción).

La carga eléctrica de los impulsos nerviosos proviene de iones Na^+ , Cl^- y K^+ fundamentalmente, dando lugar a la llamada sinapsis (transmisión de información) eléctrica. Aunque la sinapsis puede también ser química si se hace por medio de neurotransmisores (hormonas, aminoácidos, etc...).

Para que las neuronas del SN puedan ejercer las respuestas motoras, necesitan unirse con fibras musculares susceptibles a la excitación eléctrica. Cuando se produce esa unión, hablamos de neurona motora y unidad motora (conjunto de fibras estimuladas por una neurona motora)¹.



Ilustraciones 3 y 4. La neurona.

Estos impulsos de comunicación neuronal pueden detectarse en forma de ondas haciendo uso de sensores y registrarlos en un Electroencefalograma (EEG). Estas ondas tienen distintas frecuencias que permiten clasificarlas.

Cualquier estado de activación cerebral conlleva la emisión de un determinado espectro de ondas. Es importante, por tanto, conocer la relación de las ondas cerebrales con las actividades cerebrales que las generan para entender cómo puede influir en los procesos lingüísticos y tareas comunicativas. En la *tabla 3* se enumeran las ondas y su origen:

Nombre	Frecuencia	Características
Delta	0.2-4 Hz	Son propias del sueño y estados de profunda relajación mental y muscular. La actividad <i>delta</i> excesiva suele ser indicativa de lesiones en las áreas afectadas.
Theta	4-8 Hz	Predominan durante el procesamiento de información interna. Son importantes durante el aprendizaje y para la memoria.
Alfa	8-12 Hz	Se da cuando el SNC se encuentra en reposo, relajado pero atento. Un déficit de <i>alfa</i> el individuo tiene dificultad para relajarse. Esta frecuencia ayuda a la coordinación mental, la calma y la alerta. También es una frecuencia que el cerebro utiliza como recompensa.
Beta	12-30 Hz	Aparece en los estados en los que la atención está dirigida a tareas cognitivas externas.

Tabla 3. Las ondas cerebrales (Demos, 2005)²

Para Capilla (2015)³, en el cerebro humano las neuronas están interconectadas en un conjunto de redes que cumplen determinadas funciones. Dentro de estas redes existen áreas que cumplen funciones específicas pero también participan en procesos complejos con otras áreas.

Estas redes conectan regiones corticales entre sí y a su vez con núcleos subcorticales. Esto puede relacionarse con estudios como los de Benítez-Burraco et al. (2016)⁴ en el que se afirma que el lenguaje es el resultado de la coordinación de diferentes zonas del cerebro que supone la armonización de diferentes frecuencias de ondas cerebrales. Lo importante de estas oscilaciones es que, al medirlas, nos dicen cómo se coordina el cerebro en las tareas lingüísticas.

De esta manera, es importante conocer las áreas del cerebro que se relacionan con tareas lingüísticas, como se detalla en la *tabla 4*:

Área de Broca	Expresión verbal y comprensión de estructuras sintácticas, planificación y programación motora para la articulación del habla. Esta área está relacionada con procesos de secuenciación.	Lóbulo temporal:	
Área de Brodmann	Procesamiento sintáctico.	Lóbulo de la ínsula :	Conversión de los fonemas en información motora.
Área de Wernicke	Comprensión auditiva y el procesamiento de la selección del léxico.	Fascículo longitudinal superior	Fonología, evocación léxica y articulación.
Circunvolución supramarginal	Procesamiento fonológico y la escritura.	Fascículo uncinado	Nominación de nombres propios y comprensión auditiva.
Circunvolución angular:	Integración multimodal.	Fascículo longitudinal inferior	Denominación de objetos.

Áreas prefrontales	Habilidad discursiva.	Áreas Subcorticales	Monitoreo léxico-semántico.
Fascículo frontooccipital inferior	Lectura, atención y procesamiento visual.	Cerebelo	Fluencia verbal, evocación de la palabra, sintaxis, lectura, escritura y habilidades metalingüísticas.

Tabla 4. Áreas cerebrales y el lenguaje. (Capilla, 2015)³

Según Damasio (1992)⁵, el lenguaje se sostiene a través de tres sistemas principalmente:

- **Un sistema instrumental**, en la región perisilviana del hemisferio izquierdo y el área de Broca y Wernicke.
- **Un sistema semántico**, en los dos hemisferios.
- **Un sistema intermedio**, que coordina los dos anteriores.

El proceso de expresión del lenguaje comienza con la generación de conceptos en el sistema semántico, en el área de Wernicke se accede al léxico que representa los conceptos y en el área de Broca se seleccionan las palabras. En la circunvolución supramarginal se seleccionan los fonemas que componen las palabras de la oración y en el lóbulo de la ínsula se convierte en información motora y de nuevo el área de Broca se ejecutan los patrones motores necesarios para producir los sonidos. Finalmente, la información se envía al área motora primaria en la corteza y los pares craneales para su entrega última a los órganos efectores⁵.

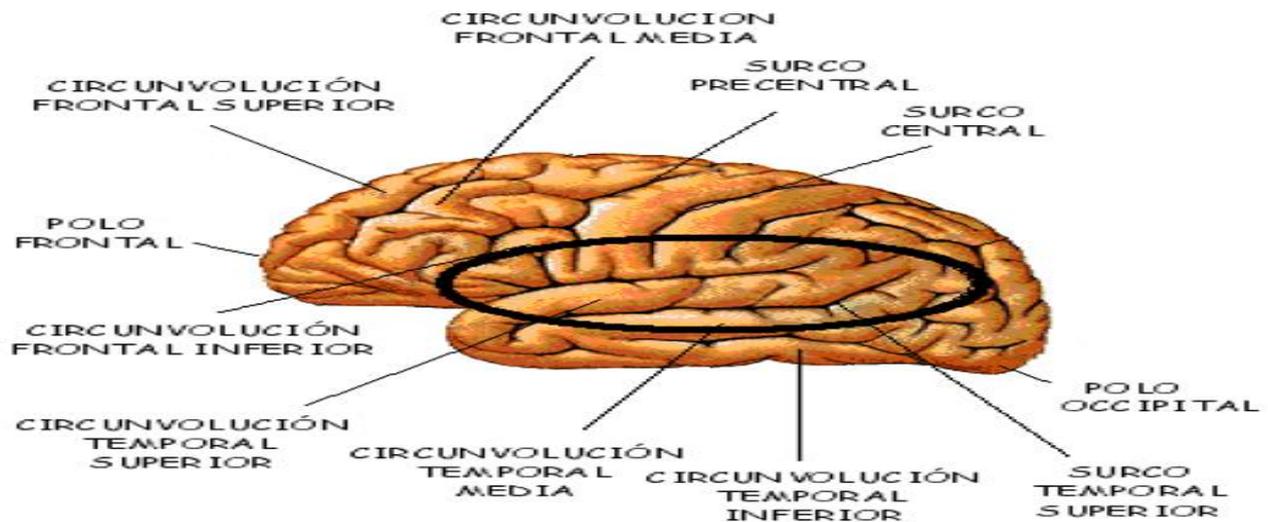


Ilustración 5. Estructuras cerebrales.

3.2 EL BIOFEEDBACK

El Biofeedback (BF) o “biorretroalimentación en español, es una técnica cuya práctica es recurrente eminentemente en la psicología y tiene aplicaciones clínicas en trastornos de índole comportamental y neurológica.

Esta técnica está basada en el registro de la información que podemos extraer de la actividad humana en diversas tareas. Para Carrobles (2016)⁶ el Biofeedback se basa en facilitar a un usuario información proveniente de actividades biológicas en su propio organismo que normalmente no es accesible para él por su propia naturaleza, fuera de la consciencia. Esta facilitación es posible mediante el uso de aparatos electrónicos y determinadas técnicas de aprendizaje que permiten al usuario acceder al control voluntario de estas actividades y de esta manera, revertir su posible mal funcionamiento.

El uso del BF hace posible que las respuestas para el control voluntario del organismo, en principio autónomas, puedan ser asimiladas por el usuario tras un entrenamiento consistente en la colocación de sensores capaces de registrar las distintas respuestas fisiológicas del organismo durante la realización de una tarea. Tras varias sesiones de práctica, el paciente debe ser capaz de ajustar automáticamente los parámetros medidos dentro de los umbrales deseados sin necesidad de un control voluntario. El mecanismo de acción del BF mayoritariamente utilizado es el condicionamiento operante, pues se trata de condicionar y entrenar el cerebro.

De estas ideas podemos inferir que serán muchas las variables biológicas que se pueden monitorizar y modificar de manera consciente mediante esta técnica. Según la AAPB (Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback) se pueden medir respuestas del sistema nervioso somático (electromiografía), del SN autónomo (presión arterial, PH, temperatura, etc...) y del SNC (ondas cerebrales⁷).

Así, viendo la cantidad y la naturaleza de las respuestas corporales medibles, podemos de la misma manera hacernos una idea del tipo de trastornos en los que esta técnica puede ser usada y tener efectos positivos. El BF tiene evidencia clínica en cuanto a su eficacia en el tratamiento de una gran cantidad de problemas clínicos, entre los que cabe mencionar los siguientes: neurológicos, neuromusculares, cardiovasculares, gastrointestinales, dolores crónicos, oftalmológicos y visuales, respiratorios, trastornos de estrés y dermatológicos, entre muchos otros.

Podemos sintetizar estas respuestas medibles en una tablas junto al instrumento de medida⁶:

Electromiografía	Tensión muscular y movimiento motor.
Termómetro	Temperatura corporal.
Electrodermógrafo	Resistencia, potencial e impedancia eléctrica y conductibilidad cutánea.
Electroencefalógrafo	Ondas en el cerebro (delta, theta, alfa, beta, gamma).
Fotopletismógrafo	Volumen y flujo de la sangre.
Electrocardiógrafo	Tasa y arritmias cardíacas.
Pneumógrafo	Tasa respiratoria, obstrucción y resistencia pulmonar.
Capnógrafo/capnómetro	Niveles de CO ₂ en el flujo respiratorio.
Reoencefalógrafo (REG)	Flujo sanguíneo en el cerebro.
Hemoencefalografía	Imagen infra-roja funcional del cuero cabelludo cerebral.

Tabla 5. Tipos de respuesta en BF. (Carrobles, 2016)⁶

Como hemos visto en la *tabla 5*, existe la posibilidad de medir la actividad cerebral por medio de las ondas cerebrales. Dentro de la comunidad científica y profesional que estudia o hace uso de esta técnica cobra especial importancia este enfoque de medición de la actividad cerebral. Es el denominado Neurofeedback, según la ISNR (International Society of Neurofeedback Research)⁷ se trata de la forma específica de BF basada en el registro de la actividad cerebral en la corteza, mediante la captación de información con sensores en el cuero cabelludo que es procesada con software informático para presentarlo en forma de representaciones visuales, auditivas o táctiles.

Las ya mencionadas AAPB y ISNR en conjunto han definido diferentes niveles de eficacia de los tratamientos, clasificándolos en cinco niveles donde 5 representa una eficacia específica y 1 un nivel sin evidencia ampliamente reconocida. Podemos verlo en la *tabla 6*:

Eficaz y específico (Nivel 5)
1. Incontinencia urinaria femenina
Eficaz (Nivel 4)
1. Ansiedad
2. TDAH (Trastornos de atención con o sin hiperactividad)
3. Dolor crónico
4. Estreñimiento
5. Epilepsia
6. Dolores de cabeza
7. Hipertensión
8. Problemas de motricidad
9. Enfermedad de Raynaud
10. Disfunciones temporomandibulares

Eficacia probable (Nivel 3)

1. Alcoholismo y abuso de sustancias
2. Artritis
3. Diabetes
4. Incontinencia fecal infantil
5. Incontinencia fecal adulta
6. Dolores de cabeza pediátricos
7. Insomnio
8. Incontinencia urinaria masculina
9. Daño cerebral traumático
10. Vestibulitis vulvar

Posiblemente eficaz (Nivel 2)

1. Asma
2. Autismo
3. Parálisis facial
4. EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica)
5. Trastornos coronarios
6. Fibrosis quística
7. Depresión
8. Disfunción eréctil
9. Fibromialgia
10. Úlceras de pie
11. Disonía de manos
12. Síndrome de colon irritable
13. Ventilación mecánica
14. Estrés postraumático
15. Repetitive strain Injury (Lesión por esfuerzo repetitivo)

Sin evidencia empírica (Nivel 1)	
1.	TCA (Trastornos de la Conducta Alimentaria)
2.	Esclerosis múltiple
3.	Compresión de la médula espinal por traumatismo
4.	Apoplejía neurocardiogénica
5.	Función inmune
6.	Tartamudeo
7.	Disfunciones de las cuerdas vocales

Tabla 6. Niveles de eficacia del BF (Tan et al, 2008)⁷

El hecho de que algunos trastornos no estén clasificados en grupos de alta eficacia o directamente no estén mencionados no quiere necesariamente decir que el BF no sea efectivo en estos tratamientos, sino que no existe un trasfondo de investigación suficientemente amplio. Además, precisamente en esto estriba el interés de esta revisión, estudiar las posibilidades y eficacia del uso de esta técnica en el área de la logopedia.

3.2 NEUROFEEDBACK

El ya mencionado Neurofeedback, es un tipo específico de Biofeedback. Según Hammond (2011)⁸ se trata del BF que mide las ondas cerebrales. Para llevar a cabo el tratamiento con NF, unos electrodos se colocan en el cuero cabelludo y en los lóbulos de las orejas. En ese momento, el equipo electrónico de alta tecnología ofrece un feedback instantáneo en relación a la actividad de las ondas cerebrales.

Los electros permiten medir los patrones eléctricos del cerebro, sin aplicar corriente eléctrica, simplemente transmitiendo la actividad cerebral al ordenador y grabarla. Según Giggins et al. (2013)⁹, podemos recoger el tipo de disfunción cerebral que cada área del cerebro presenta si estudiamos las ondas en ellas. La localización de los electrodos siguen un sistema estandarizado de 19 electrodos (10-20 system) cubriendo estratégicamente los puntos del cerebro. La *ilustración 6* muestra las localizaciones:

EEG Electrode Placement

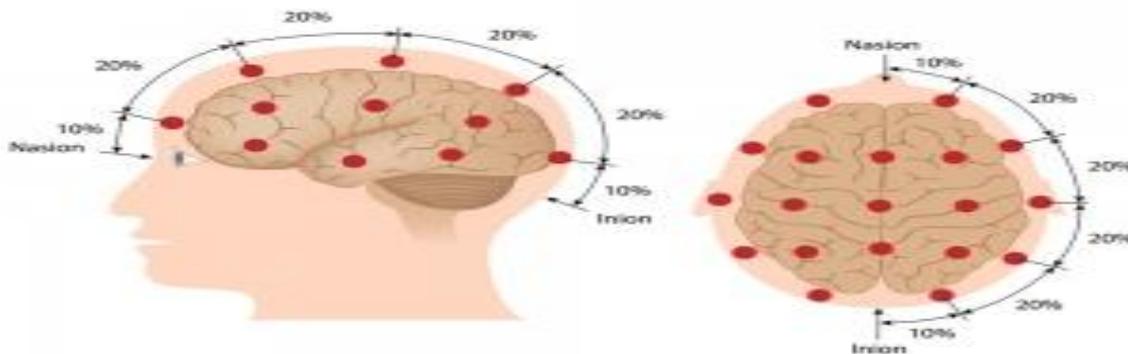


Ilustración 6. Electrodo del NF.

3.3 FUNCIONAMIENTO DEL BIODEEBACK Y EL NEUROFEEDBACK

Es imprescindible detallar el proceso de funcionamiento del BF y NF para comprender la manera en que pueden utilizarse en el campo logopédico. El **Biofeedback** siguen un proceso básico en el que se presenta al paciente de forma inmediata y exacta información sobre el registro de la actividad biológica que está siendo monitorizada, transformándola en señales visuales y/o auditivas que al ser percibidas por la persona que las emite al mismo tiempo que se están produciendo le permite llegar a ser consciente de cómo se está desarrollando esa actividad fisiológica y a través de esa información poder llegar a regularla o controlarla⁹.

Posteriormente, esta información recibida debe ser manipulada mediante un entrenamiento basado en procedimientos propios de la psicología del aprendizaje, especialmente el condicionamiento operante, entendiendo que este se da cuando primero hay una observación controlada mediante la experiencia de una variable no condicionada que provoca una respuesta refleja para después asociar un estímulo inicialmente neutro al estímulo inicial incondicionado y que así genere esta respuesta. El organismo aprende a efectuar ciertas respuestas instrumentales para obtener un refuerzo o escapar de un castigo¹⁰.

Por tanto, es importante destacar que la utilidad del BF no reside en los propios aparatos electrónicos, sino en la adecuada aplicación de los principios y técnicas de aprendizaje provistas por el terapeuta, adquirir consciencia de las respuestas fisiológicas del propio cuerpo no tendría valor sin un proceso generalizador.

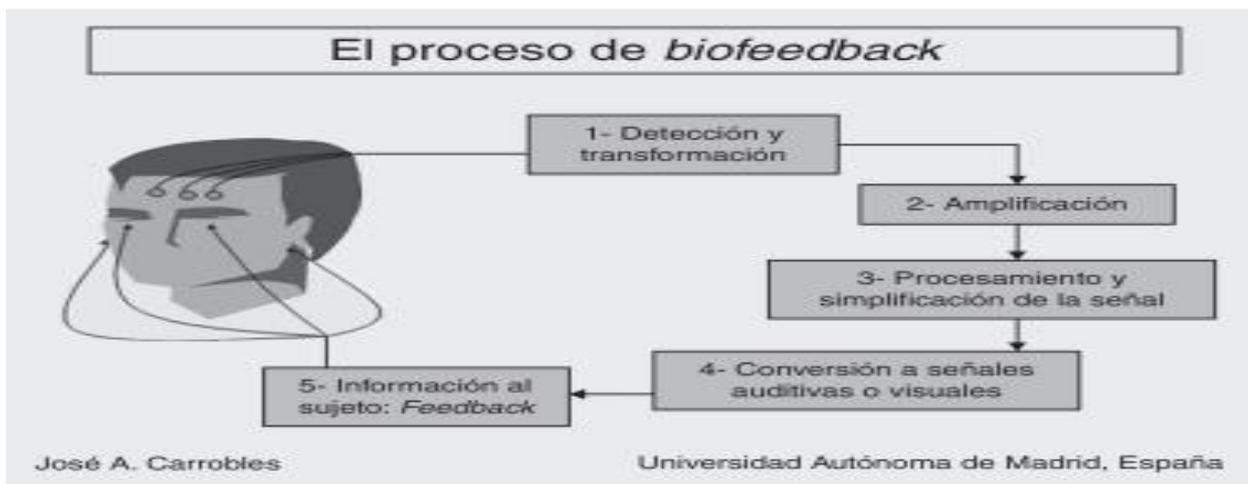


Ilustración 7. Esquema general del BF. (Carrobles, 2016)⁶

El **Neurofeedback** como técnica específica del BF, puede resultar para los trastornos comunicativos de naturaleza cognitiva y se orienta al control del funcionamiento del cerebro mediante el registro de la actividad neuronal en forma de ondas cerebrales.

Según Collura (2014)¹¹, podemos establecer unas fases básicas del proceso de NF:

- La producción por el sujeto de actividad en forma de ondas.
- El registro de la actividad a través de los instrumentos adecuados.
- La conversión de las ondas en señales digitales informatizadas.
- Procesamiento informático de las características de las señales.
- Conversión a señales sensoriales: visuales, auditivas o táctiles.
- Presentación al paciente de las señales.
- Presentación de recompensas al ajustar las ondas a los niveles deseados.
- Aprendizaje y generalización de la modificación de los procesos fisiológicos.

3.4 TIPOS DE BIOFEEDBACK Y NEUROFEEDBACK

Para clasificar los tipos de BF podemos establecer dos criterios que se adecúen a nuestras necesidades en el campo de la comunicación:

- Basándonos en el **parámetro medido**: Dados los parámetros registrados en el BF y teniendo en cuenta que nuestros trastornos diana se basan en la articulación, fonación y actividad muscular oro facial, podemos escoger aquellos en los que se puede encontrar relación:

Parámetro fisiológico		
Neuromuscular: Detecta cambios en la actividad del músculo esquelético.	Cardiovascular: Mide la actividad del corazón.	Respiratorio: Mide la tasa respiratoria
EMG: Electromiográfico, usa señales mioeléctricas.	HR: Ritmo de latidos	

Tabla 7. Parámetros fisiológicos. (Giggins et al,013)⁹

El neuromuscular, además, puede medir los siguientes parámetros respecto a la actividad muscular:

- Tensión muscular.
- Postura.
- Patrones de movimiento.

Por su parte, el NF puede ser⁵:

- **EEG convencional:** Atiende a la inspección visual de las ondas cerebrales directamente registradas en el encefalograma .
- **QEEG:** Es la técnica en la que las señales EEG registradas son procesadas mediante programas de ordenador para transformas esas ondas en números o cantidades según sus componentes: intensidad, amplitud, frecuencia, etc....

- Por otro lado, basándonos en la **presentación de las respuestas**, tanto BF como NF pueden ser⁶:
 - **Auditivo:** Convierte las señales en estímulos auditivos.
 - **Visual:** Convierte las señales en estímulos visuales.
 - **Táctil:** Convierte las señales en estímulos táctiles como la vibración.

3.5 BIOFEEDBACK Y LOGOPEDIA

La intención inicial del trabajo era centrarse en los trastornos meramente comunicativos, pero tras la revisión de varios artículos y por su singularidad en los procesos afectados, se incluyeron los trastornos de la deglución. Observamos que en la mayoría de los artículos encontrados se hace referencia al uso de las técnicas como parte de procesos de rehabilitación del Daño Cerebral Adquirido (DCA) y parece conveniente que demos un enfoque prioritario en nuestra revisión a la clínica focalizada en el DCA, pues la variabilidad de síntomas presentes y susceptibles de tratamiento logopédico así como los procesos afectados que los provocan, parecen altamente afines con estas técnicas.

Aun así, es importante aclarar que también se han incluido artículos con patología no asociada al DCA, como es el caso de la dislexia, disfonía o Trastorno Específico del Lenguaje (TEL).

A continuación se realiza una revisión de los trastornos objeto de estudio:

Daño Cerebral Adquirido

Según la FEDACE (Federación Española del Daño Cerebral)¹² el DCA se da cuando hay una lesión repentina en el cerebro que conlleva una serie de secuelas de distinta naturaleza en función del área cerebral afectada y la gravedad de dicha lesión. La principal causa de daño cerebral es el ictus, seguida de los traumatismos craneoencefálicos y enfermedades como las anoxias, los tumores cerebrales o las infecciones.

	Causas DCA	Origen	Incidencia
TCE	Golpe en la cabeza	Accidentes laborales, tráfico, caídas...	4.937
Ictus	Riego cerebral	Trombosis, hemorragias.	99.284

Anoxia	Falta de oxígeno	Parada cardíaca, intoxicación por CO2.	481
Tumores	-	-	-
Encefalitis	Inflamación del tejido.	Infección vírica.	-
			104.701 anual

Tabla 8. Etiología DCA. FEDACE¹³

Las secuelas que puede desencadenar el DCA pueden encuadrarse en distintas áreas en función, como se ha mencionado, de la localización de la lesión. Según la Asociación de Daño Cerebral de Navarra (ADACEN)¹⁴:

Secuelas	
Físicas	Equilibrio, movimiento, sensibilidad y movilidad en algún miembro del cuerpo, pérdida parcial o total de alguno de los sentidos.
Cognitivas	Pensamiento, toma de decisiones y control, aprendizaje, comprensión, memoria o razonamiento.
Comunicación	Expresión y comprensión del lenguaje.
Comportamiento y emocionales	Falta o exceso de inhibición, mayor irritación, sensibilidad, impaciencia y sobre todo por alti-bajos emocionales.

Tabla 9. Secuelas DCA. ADACEN¹⁴

En España, el DCA supone uno de los principales orígenes de discapacidades, algunos datos relevantes en torno al mismo son¹⁴:

- El 68 % de las personas con DCA presenta discapacidad para alguna actividad básica de la vida diaria.
- Un 45 % tiene esta discapacidad en grado severo o total. El 84 % tiene dificultad para desplazarse fuera del hogar.
- El 71 % no puede realizar las tareas del hogar.
- Un 50 % no puede desplazarse sin ayudas.
- Un 42 % tiene dificultades de relacionarse.
- Un 40 % presenta dificultades para aprender, adquirir conocimientos y desarrollar tareas que impliquen cierta complejidad.

Trastornos comunicativos del DCA

La FEDACE¹⁵ establece tres categorías para agrupar los trastornos secundarios al DCA susceptibles de intervención logopédica:

1. Lenguaje

- Afasia
- Trastornos de la lectura: alexia.

2. Habla

- Disartria
- Apraxia

3. Disfagia.

Finalmente, establecemos una breve clasificación de todos los trastornos incluidos en este estudio, utilizando como criterios para la clasificación de los trastornos los del Manual de Logopedia de Jordi Peña-casanova¹⁶:

Lenguaje
➤ Afasia ➤ Trastornos de la lectura: alexia; dislexia. ➤ TEL
Habla
➤ Disartria ➤ Apraxia ➤ Disfonía ➤ Disemia
Deglución
➤ Disfagia

Tabla 10. Trastornos.

4. OBJETIVOS

Este trabajo surge con la idea de ampliar los horizontes de la intervención logopédica y valorar las técnicas del BF y NF como herramientas susceptibles de ser utilizadas en el campo de la logopedia y el tratamiento de los trastornos del lenguaje y la comunicación. Para dicha tarea se ha considerado oportuno recoger datos acerca de los tratamientos orientados a los trastornos que nos ocupan y que hemos descrito.

Debido a la escasez de artículos sobre esta temática ha sido necesario hacer uso de artículos elaborados en una gran variedad de idiomas y países y matizando el modo de empleo de esta técnica, pues no siempre se enfocaba de manera directa a un tratamiento logopédico.

De esta manera se ha realizado una revisión genérica con respecto a los trastornos comunicativos de manera amplia y global y no de manera específica respecto a algún trastorno concreto.

Así pues, los objetivos planteados son:

1. Definir los métodos del Biofeedback y el Neurofeedback y su relación con los trastornos de índole logopédica.
2. Identificar la tipología de técnicas usadas en el campo del lenguaje, la comunicación y la deglución.
3. Valorar la eficacia de estas técnicas en los campos estudiados.
4. Comprobar la implicación logopédica en el uso de estas técnicas.
5. Comprobar el estado de aplicación de las técnicas en España y la existencia de información en castellano.

5. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el trabajo, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica en internet referente a artículos en los que se recogieran casos de aplicación de las técnicas descritas en tratamientos con pacientes en los que se presentaran los trastornos expuestos. Esta revisión se llevo a cabo empleando distintas bases de datos: Dilanet, Scielo, Google Académico y Pubmed.

Primero, se realizó una búsqueda con los términos clave “Biofeedback”, “Neurofeedback” y otros como “logopedia”, “lenguaje”, “habla”, “deglución” para acceder a fuentes que explicaran la relación entre los fundamentos de estas técnicas y los procesos que conforman la comunicación y el lenguaje humanos.

Se delimitaron unos **criterios de inclusión**. Se incluyó entre los criterios de búsqueda, artículos que expusieran trastornos derivados directamente de una lesión cerebral así como otros trastornos no asociados a DCA, estos son, los términos antes descritos: afasia, TEL, dislexia, apraxia, disfonía, dislalia, disfemia, etc...

Por otro lado, se escogieron artículos realizados en múltiples países e idiomas, para no limitar nuestra búsqueda.

En el transcurso de la búsqueda planteada, surgieron limitaciones. Se hizo necesario el uso de unos **criterios de exclusión**. A la ya previsible falta de artículos en un campo tan específico y todavía en desarrollo, se unió la necesidad de excluir aquellos artículos que, aunque trataban los trastornos planteados, no presentaban un tratamiento enfocado a las áreas de lenguaje pertinentes para la logopedia.

Posteriormente, se realizaron una serie de tablas en la que se recogieron diferentes datos. En las primeras tablas se seleccionaron el trastorno tratado, la técnica y su tipología, el método y procedimiento utilizado, la edad de la muestra y cantidad de sujetos que participaron, el tiempo de las sesiones y los resultados obtenidos.

En otra tabla, se detalló información referente al contexto y los profesionales que utilizaron la técnica, y por último, se recogió el país e idioma de los artículos.

Más tarde, y para finalizar, se llegó a una serie de conclusiones tras cruzar todos los datos encontrados.

6. RESULTADOS:

Se va a proceder a detallar los resultados de los artículos utilizados para esta revisión bibliográfica. En todos ellos se realiza una intervención en personas con los trastornos previamente seleccionados a través de las diversas técnicas de Biofeedback y Neurofeedback.

A continuación, se expondrán cuatro tablas, la *tabla 11* recoge los casos de tratamiento en los que la técnica usada fue el Biofeedback (en verde), la *tabla 12* recoge los artículos en los que se usa el Neurofeedback (azul).

Artículo	Área/ trastorno	Técnica/ parámetro	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
Preston et al. (2013)	Trastorno del habla – Apraxia	Biofeedback visual – RTUS – Patrones de movimiento lingual	Presentación de videojuegos con representación gráfica de posición y trayectoria lingual. El usuario debía completar objetivos mediante secuencias de movimiento lingual correspondiente a secuencias articulatorias dadas.	6 niños/ 9-15 años	18 sesiones/ 1 hora	Mejora de la precisión articulatoria en un 80% en 23 de los 31 fonemas trabajados.
Mc Neil et al. (1976)	Trastorno del habla – Afasia/apraxia	Biofeedback auditivo y visual – EMG – Tensión de la musculatura facial	Presentación de un patrón de colores para los distintos niveles de tensión muscular durante tareas lingüísticas (repetición de palabras, narración espontánea, lectura). El usuario debía mantener la tensión en niveles bajos.	4 adultos afásicos (3 con apraxia asociada)/ 52-68 años	15 sesiones/ 1 hora	Aumento del nivel de relajación durante el habla. Aumento del desempeño lingüístico en test PICA (78% a 83%) y TOKEN test (62.5 a 52.3 errores).
Katz et al. (2003)	Trastorno del habla – Afasia/apraxia	Biofeedback visual – EMG – Patrones de movimiento lingual	Presentación de videojuegos con representación gráfica de posición y trayectoria lingual. El usuario debía completar recorridos correspondientes a secuencias articulatorias linguales.	1 adulto/ 65 años	1 sesión/ 45 minutos	Aumento en la precisión articulatoria.
Ballar et al. (2007)	Trastorno del habla – Afasia/apraxia	Biofeedback visual – EMG – Patrones de movimiento mandibular	Presentación de videojuegos con representación gráfica de posición y trayectoria mandibular. El usuario debía completar objetivos mediante secuencias de movimiento mandibular correspondiente a secuencias articulatorias dadas.	8 adultos/ 45-65 años	1 sesión/ 30 minutos	Aumento en la precisión articulatoria.

Tabla 11. Resultados BF.

Artículo	Área/ trastorno	Técnica/ parámetros	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
Murdoch et al. (1999)	Trastorno del habla – Disartria	Biofeedback visual – EMG – Patrones de movimiento torácico	Se representaba gráficamente la expansión de la caja torácica durante tareas de habla (repetición de palabras y habla espontánea). El usuario debía mantener la expansión dentro de unos límites marcados.	1 niño/ 12 años	8 sesiones/ 30 minutos	Mejora de los parámetros respiratorios
Nemec y Cohen (1984)	Trastorno del habla – Disartria	Biofeedback auditivo-EMG- Patrones de movimiento mandibular	Presentación de videojuegos con representación gráfica de posición y trayectoria mandibular. El usuario debía completar objetivos mediante secuencias de movimiento mandibular correspondiente a secuencias articulatorias dadas.	1 adulto/ 22 años	15 sesiones/ -	Aumento de la precisión articulatoria. Descenso en un 10% de errores articulatorios.
Yano et al. (2015)	Trastorno del habla – Disartria/afasia	Biofeedback visual – EMG – Patrones de movimiento lingual	Se representaba gráficamente la trayectoria de la lengua durante la emisión de /ka/. El usuario debía mantener la trayectoria dentro de unos límites marcados.	15 adultos/ 51-87 años	3 sesiones/ -	Marcado aumento del rango de movimiento lingual.
Preston et al. (2016)	Trastorno del habla – Apraxia	Biofeedback visual – RTUS – Patrones de movimiento lingual	Una representación visual de la posición y trayectoria linguales se utiliza de apoyo para explicar al usuario las secuencias articulatorias.	40 niños/ 9-17 años	20 sesiones/ 1 hora	Aumento en la precisión articulatoria.

Tabla 11. Continuación

Artículo	Área/ trastorno	Técnica/ parámetros	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
Preston (2017)	Trastorno del habla – Apraxia	Biofeedback visual – RTUS – Parámetros prosódicos	Se presentan con gráficos los parámetros de la voz (volumen, tono, intensidad) durante la vocalización de palabras dadas con distintas entonaciones y modulaciones. Los usuarios deben mantener los gráficos entre unos niveles determinados.	6 niños/ 8-16 años	14 sesiones/ 1 hora	Mejora en el control prosódico.
Hannah et al. (1975)	Trastorno del habla – Disfemia	Biofeedback auditivo – EMG – Tensión de la musculatura facial	El usuario debía contar una historia a partir de imágenes dadas durante tres minutos. Un sonido aumentaba su intensidad de manera paralela a la tensión facial, el usuario debía tratar de mantener la tensión en niveles bajos.	1 adulto/ 19 años	2 sesiones/ 1 hora	Reducción del tartamudeo (sílabas repetidas) por debajo del 50% de las producciones.
Allen et al. (1991)	Trastorno del habla – Disfonía	Biofeedback visual– EMG – Tensión de la musculatura laríngea	Se representaban visualmente con un gráfico la tensión muscular en la laringe durante periodos de habla espontánea. El usuario debía reducir los niveles del gráfico a unos límites marcados.	1 niño/ 9 años	18 sesiones/ 30 minutos	Disminución de los niveles de tensión laríngea durante la fonación.
Roxburgh et al. (2017)	Trastorno del habla- Dislalia	Biofeedback visual– RTUS – Patrones de movimiento palatolingual	Presentación de videojuegos con representación gráfica de posición y trayectoria palatolingual. El usuario debía completar objetivos mediante secuencias de movimiento lingual correspondiente a secuencias articulatorias.	2 niños/ 6 y 9 años.	8 sesiones/ 30 minutos	Aumento de la precisión articulatoria.

Tabla 11. Continuación

Artículo	Área/ trastorno	Técnica/ parámetros	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
McAullife et al. (2008)	Trastorno del habla - Dislalia	Biofeedback visual - EMG - Patrones de movimiento palatolingual	Presentación visual de movimientos y posición palatolinguales. El usuario recibía instrucciones para completar movimientos determinados.	1 niña/ 11 años.	12 sesiones/ -	Aumento de la precisión articulatoria.
Henschen y Burton (1978)	Trastorno del habla - Disfonía	Biofeedback visual y auditivo - EMG - Tensión de la musculatura laríngea	Se representan visualmente con gráficos la tensión en la musculatura laríngea así como con la variación de la intensidad en un tono suministrado por auriculares. Durante periodos de habla en torno a una temática dada, el usuario debía reducir los niveles del gráfico y el tono por debajo de un límite marcado.	2 adultos/ 49 y 55 años	4 sesiones/ -	Reducción de los niveles de tensión muscular.
Haynes (1976)	Trastorno de la deglución - Disfagia	Biofeedback auditivo - EMG-tensión de la musculatura de la garganta	En deglución, el usuario recibía un sonido que aumentaba en intensidad paralelamente a la tensión muscular. El usuario debía procurar reducir la intensidad.	1 adulto/ 25 años	20 sesiones/ 30 minutos	Reducción de la tensión muscular durante la deglución.
Crary et al. (2004)	Trastorno de la deglución - Disfagia	Biofeedback auditivo - EMG-tensión de la musculatura de la garganta	Los usuarios eran guiados en el proceso de deglución del bolo, indicándoseles cada etapa (respiración, presión lingual y palatal y estreñimiento gutural). Un sonido indicaba el grado de esfuerzo en la musculatura, el usuario debía alcanzar distintos grados de esfuerzo en cada etapa.	24 adultos/ 43-86 años	28 sesiones/ 50 minutos	El 92% alcanzaron mejoras en deglución oral en líquidos y sólidos

Tabla 11. Continuación

Artículo	Área/ trastorno	Técnica/ parámetros	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
Bryan (1991)	Trastorno de la deglución - Disfagia	Biofeedback auditivo – EMG-tensión de la musculatura	En deglución, el usuario recibía un sonido que aumentaba en intensidad paralelamente a la tensión muscular. El usuario debía procurar reducir la intensidad.	1 adulto/ 40 años	10 sesiones/ -	La paciente fue capaz de tragar todo tipo de texturas.
Reddy et al. (2000)	Trastorno de la deglución - Disfagia	Biofeedback visual – EMG-patrones de movimiento muscular en la garganta	Los usuarios eran guiados en el proceso de deglución del bolo, indicándoseles cada etapa (respiración, presión lingual y palatal y estreñimiento gutural). Un sonido indicaba el grado de esfuerzo en la musculatura, el usuario debía alcanzar distintos grados de esfuerzo en cada etapa.	1 adulto/ 80 años	9 sesiones/ 30 minutos	Aumento velocidad de deglución.
				1 adulto/ 83 años	9 sesiones/ 30 minutos	
				1 adulto/ 75 años	9 sesiones/ 30 minutos	
Stepp et al. (2011)	Trastorno de la deglución - Disfagia	Biofeedback visual – EMG-patrones de movimiento muscular en la garganta	Se presenta un juego en el que el personaje se mueve acorde a los movimientos musculares durante la deglución.	1 adulto/ 18 años	6 sesiones/ 30 minutos	Descenso de episodios de atragantamiento. Aumento del control velar.

Tabla 11. Continuación

Artículo	Áreas/ trastorno	Técnica/ parámetro	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
Nazari et al. (2012)	Trastorno de la lectura – Dislexia	Neurofeedback visual – QEEG	Presentación de videojuegos interactivos para conseguir un descenso de <i>delta</i> y <i>theta</i> y aumento de <i>beta</i> en las áreas específicas de la lectura.	6 niños/ 8-10 años	19 sesiones/ 20-30 minutos	Descenso de <i>delta</i> y <i>theta</i> , aumento de <i>beta</i> . Reducción del número de errores en lectura, aumento de la velocidad lectora.
Fernández et al. (2003)	Trastorno de la lectura – Dislexia	Neurofeedback auditivo – QEEG	Presentación de patrones auditivos relacionados con la presencia e intensidad de ondas en áreas específicas del lenguaje. Se orientaba al usuario para modular las ondas. Descenso de <i>delta</i> y <i>theta</i> , aumento de <i>alpha</i> .	10 niños/ 7-11	20 sesiones/ 30 minutos	Descenso de <i>delta</i> y <i>theta</i> y aumento de <i>alpha</i> . Significativa mejora en el desempeño en la prueba WISC
Breteler et al. (2009)	Trastorno de la lectura – Dislexia	Neurofeedback visual – QEEG	Representación visual de la presencia e intensidad de ondas con instrucciones para alterar su presencia. Aumento de <i>alpha</i> .	19 niños/ 8-15 años	20 sesiones/-	Aumento de <i>alpha</i> , sin mejoras en la lectura.
Walker y Norman (2006)	Trastorno de la lectura – Dislexia	Neurofeedback visual – QEEG	Representación visual de la presencia e intensidad de ondas con instrucciones para alterar su presencia. Descenso de <i>delta</i> y aumento de <i>alpha</i> y <i>beta</i> .	1 adulto/ 15 años	30 sesiones/ -	Descenso de <i>delta</i> y aumento de <i>alpha</i> y <i>beta</i> . Mejora en memoria y velocidad lectora.
				1 niña/ 9 años	53 sesiones/ -	Descenso de <i>delta</i> y aumento de <i>alpha</i> y <i>beta</i> . Mejora en velocidad lectora.
Au et al. (2013)	Trastorno de la lectura – Dislexia	Neurofeedback visual – QEEG	Presentación de videojuegos interactivos para conseguir un descenso de <i>alpha</i> y <i>theta</i> y aumento de <i>beta</i> en las áreas específicas de la lectura.	4 niños/ 9-12 años.	10 sesiones/45 minutos	Descenso de <i>alpha</i> y <i>theta</i> y aumento de <i>beta</i> . Mejora en velocidad lectora.

Tabla 12. Resultados NF

Artículo	Áreas/ trastorno	Técnica/ parámetros	Método	Muestra	Sesiones	Resultados
Thornton et al. (2005)	Trastorno de la lectura – Dislexia	Neurofeedback visual – QEEG	Aumento de <i>beta</i> , descenso de <i>delta</i> y <i>theta</i> .	1 niño/ 13 años	45 sesiones/-	Aumento de la velocidad de procesamiento del lenguaje. Aumento de 19 puntos en inteligencia verbal en la escala KAUFMAN.
				1 adolescente/ 17 años	20 sesiones/-	Desempeño del 45% al 90% en la prueba en la prueba BURN de velocidad lectora.
Vigghetti et al. (2018)	Trastorno del lenguaje – Afasia	Neurofeedback visual- QEEG	Presentación con barras de colores de la presencia de las distintas ondas cerebrales durante tareas lingüísticas.	10 adulto/ 52-64 años	20 sesiones/ 20 minutos	Aumento de <i>beta</i> en el lóbulo temporal izquierdo. Mejora en el desempeño del lenguaje expresivo.
Bearden et al. (2003)	Trastorno del lenguaje – Afasia	Neurofeedback visual – QEEG	Presentación de un videojuego con representación gráfica de <i>theta</i> para su disminución.	1 adulto/ 52 años	42 sesiones/ 50 minutos	Descenso de <i>delta</i> en hemisferio izquierdo. Mejora visible en memoria verbal y lectura.
Mroczkowska (2014)	Trastorno del lenguaje – Afasia	Neurofeedback visual – QEEG	Representación visual de ondas con instrucciones para alterar su presencia.	1 adulto/ 53 años	10 sesiones/ 40 minutos	Aumento de <i>beta</i> en hemisferio izquierdo y descenso de <i>delta</i> en ambos hemisferios. Aumento de 3 puntos en escala Goodglas snd KAPAN;
Palacios (2012)	Trastorno del lenguaje – TEL	Neurofeedback visual y auditivo – QEEG	Entrenamiento durante tareas lingüísticas para incrementar <i>beta</i> y disminuir <i>delta</i> y <i>theta</i>	2 niños/ 5 y 6 años	40 sesiones/ -	Aumento de <i>beta</i> en un 40%, descenso de <i>delta</i> y <i>theta</i> 60%. Incremento del repertorio y CI verbal con más de 100 palabras, expresión verbal fluida.

Tabla 12. Continuación

Información general de la muestra:

Esta revisión se ha basado en un total de 29 artículos de los cuales se han obtenido 33 grupos en los que se aplican tratamientos basados tanto en Biofeedback como Neurofeedback, con una muestra poblacional total de 176 pacientes.

La muestra presenta estratos de todas las edades, siendo la edad mínima percibida de 6 años y la máxima en los 87. Si utilizamos el criterio de considerar a los menores de 17 años niños y los mayores de 18 adultos, podemos establecer dos grupos diferenciados de niños (n=101) y adultos (n=75), como vemos en el *gráfico 1*, que hace referencia a la población total del conjunto de los artículos, y donde el número de niños expuesto sensiblemente superior que el de adultos. Sin embargo, si dividimos las poblaciones entre los grupos que reciben un tratamiento con BF y NF, vemos que mientras que en el primer caso la diferencia es ligeramente mayor en favor del grupo de adultos, en el segundo caso la situación es notablemente inversa, como podemos observar en el *gráfico 2*.

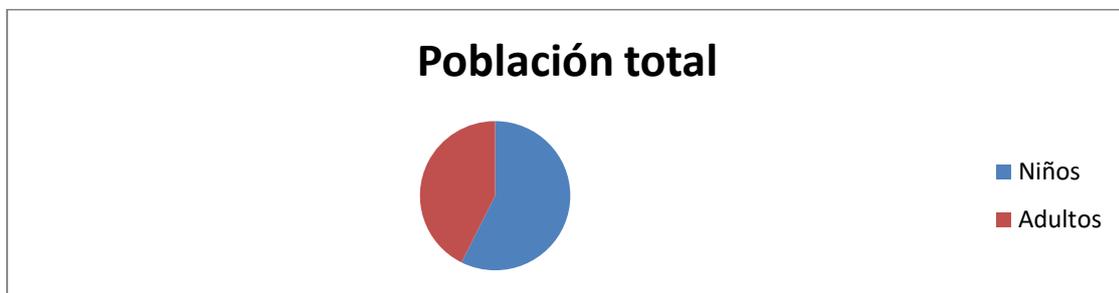


Gráfico 1. Población de la muestra

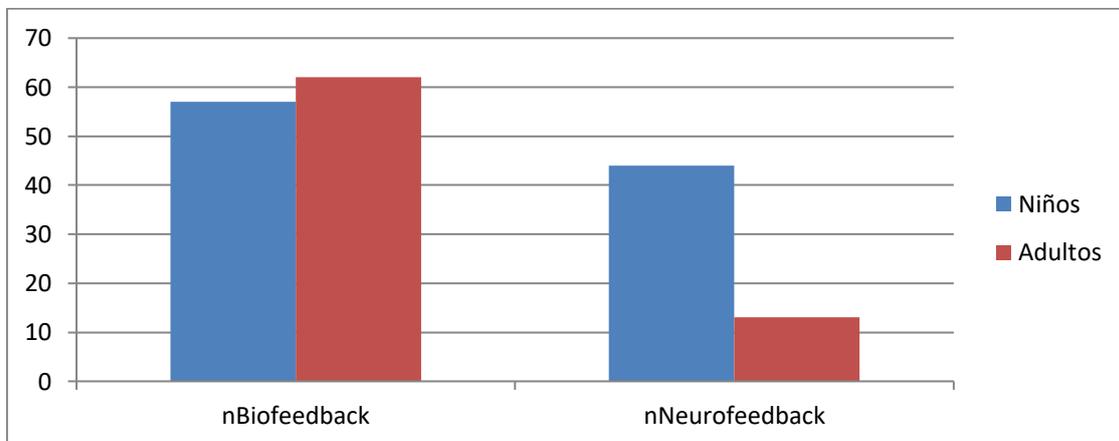


Gráfico 2. Población de la muestra II

Trastornos y síntomas tratados:

Atendiendo a los trastornos tratados, observamos que el uso de las técnicas está más extendida en los trastornos de la producción del habla con 14 casos que hacen uso del Biofeedback en los que se trabajan los siguientes trastornos: apraxia (3), apraxia/afasia (3), disartria (2), disartria/afasia (1), disfemia (1), disfonía (2), dislalia (2). Posteriormente, con uso del BF encontramos el tratamiento de los trastornos de la deglución, todos casos de disfagia (7). En el gráfico 3 podemos verlo:

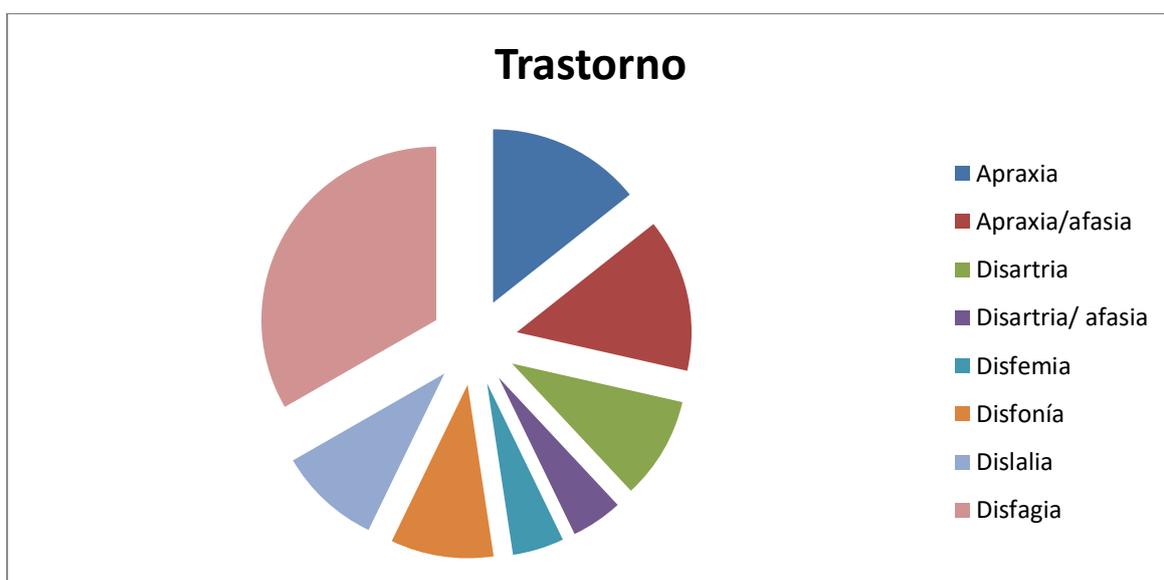


Gráfico 3. Trastornos del habla.

En la *tabla 13* se exponen los aspectos que de manera específica se han trabajado en los casos expuestos, diferenciando aquellos con carácter más general y los más específicos con respecto al lenguaje y el habla.

General	Específico
Tensión muscular	Precisión articulatoria
Precisión de movimientos musculares	Tartamudeo
Memoria	Memoria verbal
Atención	Fluidez verbal
Relajación	Control de tono y volumen de voz
	Velocidad y precisión lectora

Tabla 13. Aspecto tratados

A los 14 casos de trastornos del habla y los 7 de trastornos de la deglución tratados con BF, debemos sumar 8 casos de tratamiento de trastornos de la lectura y 4 del lenguaje que se tratan con Neurofeedback, como se observa en el *gráfico 4*. Los 8 casos de trastornos de la lectura se corresponden a casos de dislexia, los trastornos del lenguaje se corresponde con 3 de afasia y 1 de TEL.

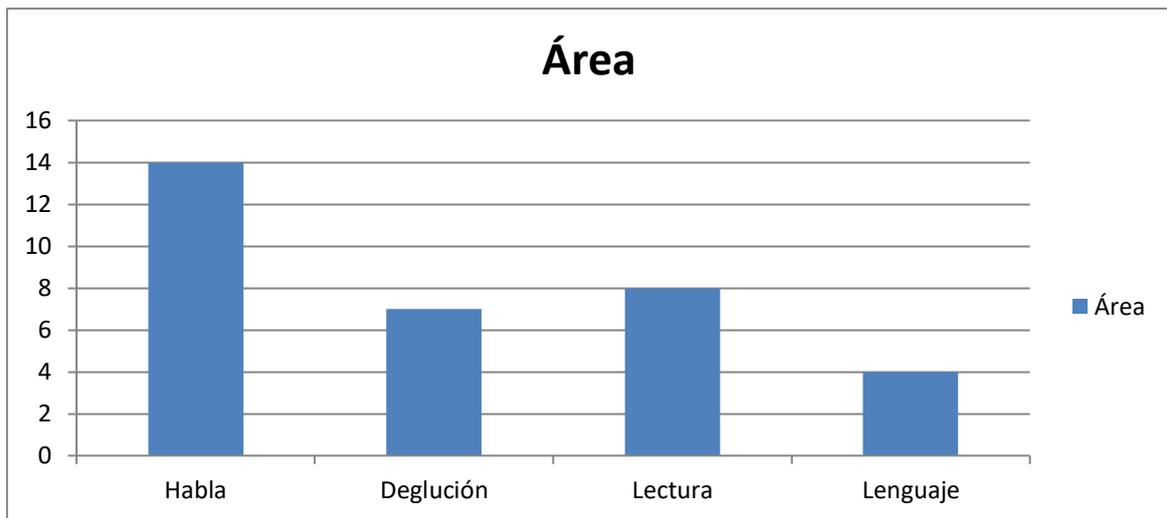


Gráfico 4. Trastornos

Técnicas de Biofeedback y Neurofeedback:

Biofeedback

En el total de los casos tratados con BF, 14 utilizaban un feedback visual, 5 auditivo y 2 mixto. En el caso del NF, solo uno tenía un feedback auditivo, y el resto visual, como se ve en el *gráfico 5*.

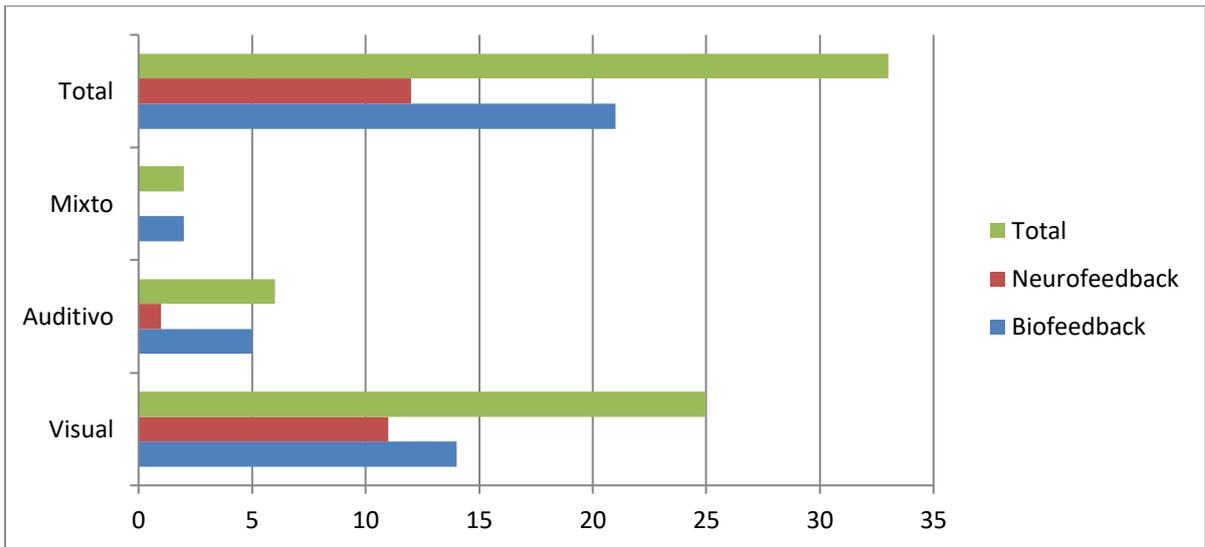


Gráfico 5. Presentación del feedback

En los trastornos tratados con BF, si nos centramos en los parámetros medidos, observamos que 3 miden los patrones de movimiento lingual, 2 la tensión de la musculatura facial, 2 los patrones de movimiento mandibular, 2 la tensión laríngea, 7 se centran en la musculatura de la garganta (4 el movimiento y 3 la tensión), 1 los patrones de movimiento de la caja torácica, 1 el movimiento palatolingual y 1 mide aspectos prosódicos de la voz. Esto se refleja en el gráfico 6:

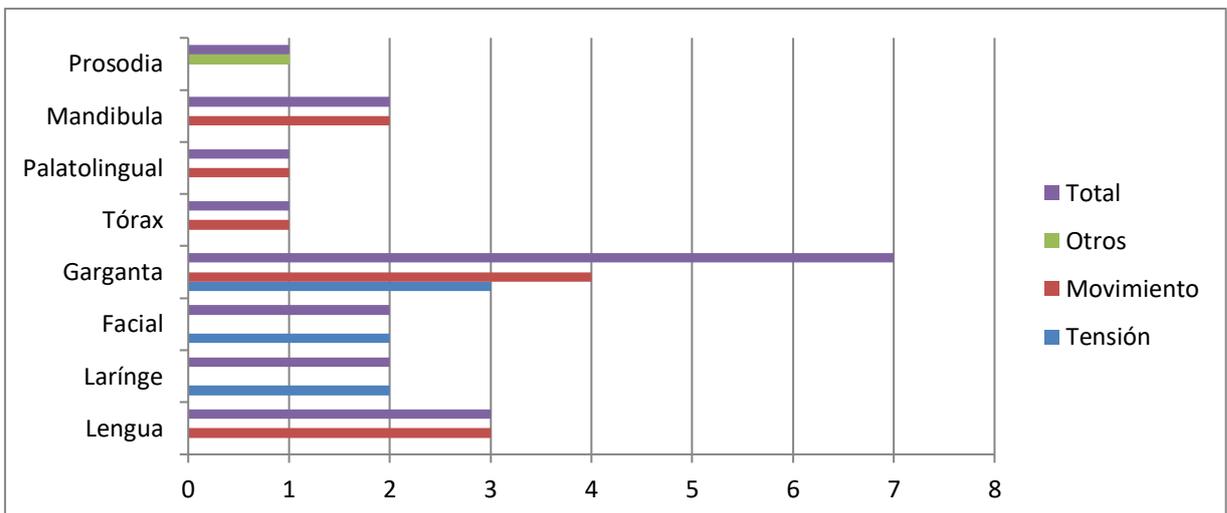


Gráfico 6. Estructuras anatómicas

En los casos anteriores, un total de 15 estudios hacen uso de un BF con EMG, tanto para medir tensión muscular como patrones de movimiento y 4 RTUS, midiendo éstos solo patrones de movimiento.

Neurofeedback

En los casos de NF, 11 presentan feedback visual y solo 1 auditivo. Todos hacen uso de procesamiento de ondas QEEG. En el caso del NF, además, las ondas cerebrales son el punto crucial de intervención. Las *ondas delta, alfa, theta y beta* son objeto de actuación en los artículos expuestos. De manera concreta, en todos casos en los que *delta y theta* están presentes, se persigue atenuar su presencia, en todos en lo que aparece *beta*, se busca incrementar su presencia, y cuando se trata con *alfa*, hay disparidad de alternativas. Esto parece ir en consonancia con los resultados obtenidos:

En un total de 10 casos *delta* es objeto de tratamiento para disminuirla, en 5 *theta* lo es de la misma manera. En todos los casos, se obtienen resultados positivos. *beta* es objeto de actuación para incrementarlo en 9 casos, todos con resultados positivos. *alfa* es tratado en 4 casos, en uno de ellos se trata de aumentar su presencia, sin resultados positivos, en otro artículo más se trata de aumentarlo con resultados positivos y en 2 más se trata de disminuirlo, con resultados positivos en un caso y sin ellos en otro. Cabe destacar que todas las intervenciones, tienen lugar sobre el hemisferio izquierdo. La interacción de las ondas tratadas es la siguiente:

	Aumento de <i>alfa</i>	Aumento de <i>beta</i>	
Disminución de <i>delta</i> y <i>theta</i>	1	4	
Disminución de <i>delta</i>		2	1
Disminución de <i>delta</i> y <i>alfa</i>		2	
	1	1	

Tabla 14. Manipulación de las ondas cerebrales

Sesiones:

En cuanto a las sesiones, el máximo total se sitúa en las 53, para el BF son 28 y para el NF las 53. El mínimo total es de 1 sesión, que es de BF y 10 para el NF. La media de sesiones es de 19, 10,6 en el BF y 27,4 en el NF. La moda se sitúa en 9 sesiones para el BF y 20 para el NF. La duración máxima de una sesión es de 1 hora y la mínima de 20 minutos.

Sesiones	Biofeedback	Neurofeedback	Total
Máximo	28	53	53
Mínimo	1	10	1
Media	10,6	27,4	19
Moda	9	20	
Duración	Total		
Máximo	20 minutos		
Mínimo	1 hora		

Tabla 15. Sesiones

Implicaciones logopédicas:

Por último, en la *tabla* se exponen la disciplina de los profesionales que intervienen en el tratamiento, el papel del logopeda en caso de existir y el país de publicación:

Artículo	Profesionales	Papel logopeda	País
Preston et al.	Logopedia; Medicina	Evaluación	EEUU
Mcneil et al.	Logopedia; Medicina	Evaluación	EEUU
Katz et al.	Logopedia; Medicina	Realización	EEUU
Ballard et al.	Logopedia; Medicina	Realización	EEUU
Murdoch et al.	Logopedia; Medicina	Evaluación	Australia
Nemec y Cohen	Medicina	-	EEUU
Yano et al.	Logopedia; Medicina	Evaluación	Japón
Preston	Logopedia; Medicina	Evaluación, Terapia complementaria	EEUU
Preston et al.	Logopedia; Medicina	Evaluación; Terapia complementaria	EEUU
Hannah et al.	Logopedia; Medicina	Realización	Canadá

Allen et al.	Medicina	-	EEUU
Roxburgh et al.	Logopedia; Medicina	Realización	Escocia
McAullife y Cornwel	Logopedia	Realización	Australia
Haynes	Medicina	-	EEUU
Henschen y Burton	Logopedia; Medicina	Evaluación	EEUU
Crary et al.	Logopedia	Realización	EEUU
Bryant.	Logopedia	Realización	EEUU
Reddy et al.	Medicina	-	EEUU
Stepp et al.	Medicina	-	EEUU
Nazari et al.	Logopedia; Psicología	Realización	Irán
Fernandez et al.	Psicología	-	México
Walker y norman	Psicología	-	Canadá
Beteler et al.	Logopedia; Psicología	Evaluación	Holanda
Au et al.	Psicología	-	China
Thorntom et al.	Medicina	-	EEUU
Vighetti et al.	Psicología	-	Italia
Beadler et al.	Psicología	-	EEUU
Mrconzkswa et al.	Logopedia; Psicología	Evaluación	Polonia
Palacios	Psicología	-	México

Tabla 16. Profesionales y país.

En los siguientes gráficos veremos el peso de la intervención del logopeday funciones que realiza, exponiendo qué profesionales actúan, cuál es el papel del logopeda en cada caso y por último, los países en los que se publica cada artículo:

En el gráfico 7 observamos que en la mayoría de los casos coexisten la figura del logopeda y el médico, siendo más los casos en lo que el médico actúa solo que los que lo hace sólo el logopeda (4). Es en los casos de NF en los que aparece y predomina la figura del psicólogo, siendo 5 los casos en los que actúa solo y 3 en los que se complementa con el logopeda.

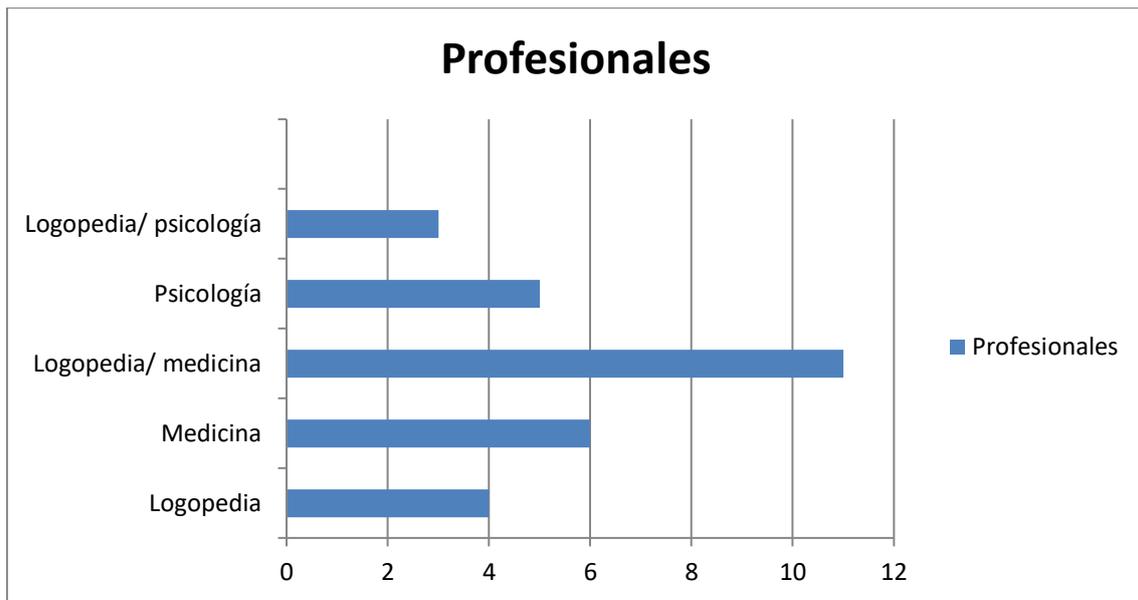


Gráfico 7. Profesionales

En el gráfico 8 observamos las funciones del logopeda en los casos en los que tiene papel. Así, observamos que en 8 casos ejerce un papel de evaluación, en 2, además, realiza trabajo complementario al uso de BF y en 6 participa o realiza íntegramente el trabajo con BF.

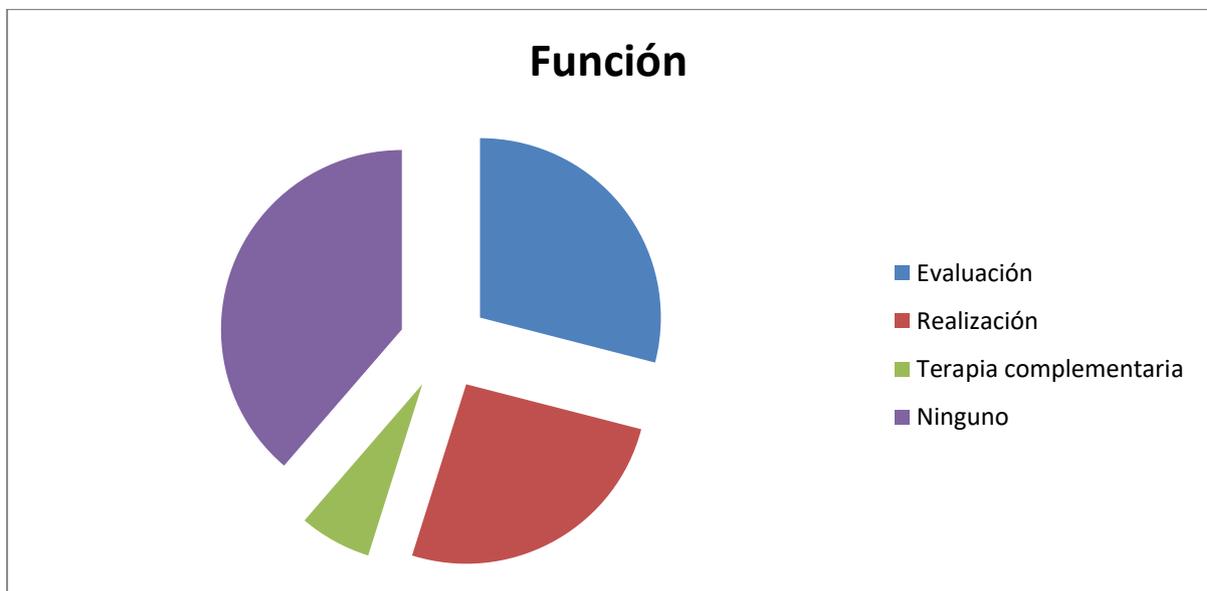


Gráfico 8. Funciones del logopeda

Por último, atendiendo a los países de publicación observamos que domina claramente Estados Unidos con 16 artículos, seguido de Canadá, Australia y México con 2 y el resto con 1.

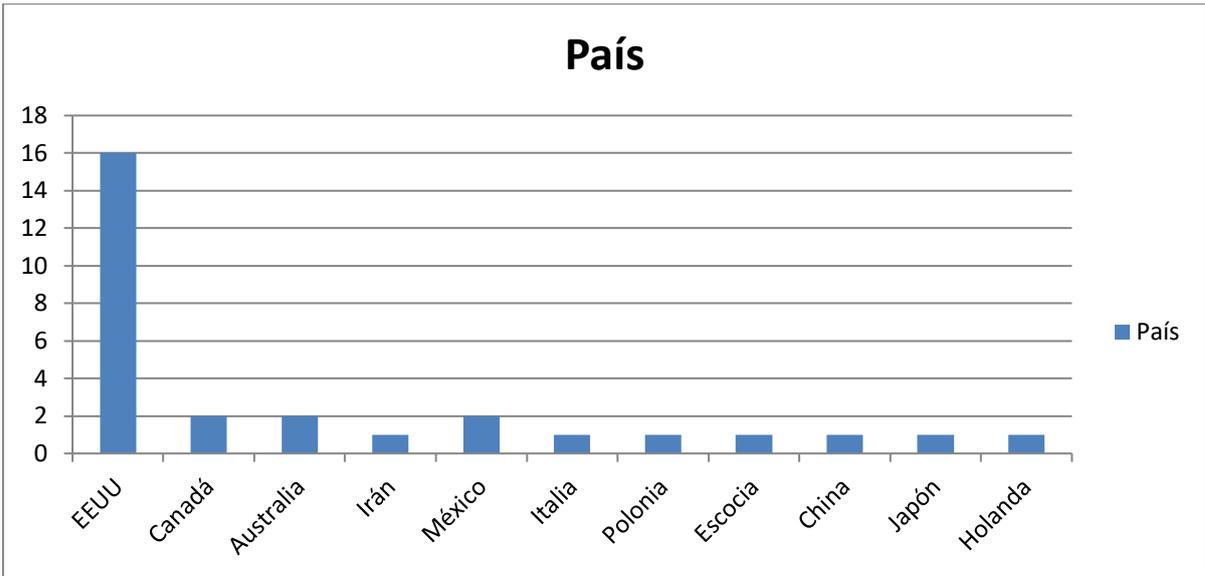


Gráfico 9. Países

7. DISCUSIÓN

A la hora de realizar este trabajo, se ha presentado el inconveniente de la falta de estudios que hagan referencia a casos concretos de intervención de manera específica en trastornos lingüísticos, e incluso en este caso, de intervenciones encaminadas a tratar síntomas de carácter lingüístico de índole logopédica y no trastornos meramente cognitivos y físicos.

Situación del Biofeedback y Neurofeedback en el campo de la logopedia

Tras la revisión se hace evidente que la técnica del Neurofeedback no presenta un grado de desarrollo equiparable al del Biofeedback en el ámbito logopédico. Sí es cierto que el Neurofeedback ha demostrado ser eficiente en trastornos como la afasia o la dislexia en la rehabilitación de síntomas lingüísticos, pero parece notable la ausencia de logopedas en la aplicación de este tipo de tratamiento, en contraste a la figura del psicólogo. Por su lado, el Biofeedback sí se postula como un campo más favorable para la labor logopédica, aunque se debe tener en cuenta que la información expuesta delega al logopeda en la mayoría de los casos al papel de asesor, mediante la realización de diagnósticos sobre los trastornos de lenguaje, habla y comunicación, así como la evaluación de las variables trabajadas en cada caso.

Esto puede interpretarse de manera positiva, pues realmente debemos ser conscientes de que estas técnicas se postulan como opciones fiables en las que apoyarse a la hora de intervenir, siendo conscientes de que el logopeda tendrá cabida en el proceso de intervención, como ya se evidenció, ejerciendo labores de apoyo, diagnóstico y evaluación, así como mediante la realización de tratamientos complementarios, pero también debe plantearse la necesidad de estudiar las posibilidades de, mediante formaciones específicas, lograr la incorporación de estas técnicas al abanico de herramientas para la intervención directa.

Aplicaciones del Neurofeedback

En la intervención con Neurofeedback, que se circunscribe a trastornos que presenten sintomatología a un nivel cognitivo (afasia, dislexia, TEL), se evidencian dos ideas de manera primordial.

Por un lado, el éxito de este tipo de técnicas en la rehabilitación de determinados trastornos lingüísticos, radica en parte en el tratamiento de variables que influyen secundariamente en ellos. Así, podemos entender que, cuando un sujeto presenta dislexia y debe realizar una tarea de lectura, aparecerán en él una ansiedad o inquietud que pueden afectar a su desempeño, de la misma manera que pueden hacerlo una memoria o una atención deficientes. El éxito de los tratamientos con Neurofeedback analizados, reside en muchos casos en su eficiencia tratando estos aspectos secundarios.

Se evidencia así en los artículos que aspectos como la memoria o la atención, son aspectos a trabajar en los casos de trastornos del lenguaje y la lectura, es decir, se plantean intervenciones sobre las funciones cognitivas, de ahí la presencia tan marcada de la figura del psicólogo.

Sin embargo, esto no quiere decir que el éxito del Neurofeedback en el tratamiento de trastornos del lenguaje se encuentre únicamente en una mejora del control de otros aspectos cognitivos secundarios, pues si analizamos la manera en qué se actúa con respecto al manejo de las ondas cerebrales podemos extraer más conclusiones:

Cada onda cerebral, como ya se había mencionado, se relaciona con un estado de actividad cerebral determinado. Así, hemos podido comprobar que *delta* y *theta*, que están relacionadas con estados de poca actividad cerebral, siempre son objeto de verse disminuidas, mientras que *beta*, relacionado con estados de activación y procesamiento mental, siempre es objeto de verse aumentada, y en ambos casos, se correlacionan con resultados positivos. Otra consideración debería hacerse respecto a *alfa*, que en los artículos analizados, presenta resultados no concluyentes y por tanto, no queda clara su implicación en los procesos lingüísticos.

En todo caso, si unimos esta idea con respecto a las ondas cerebrales y su manipulación con el hecho de que cuando esta manipulación se usa como medida terapéutica, se aplica en zonas determinadas del cerebro, y en los casos expuestos, de manera concreta en el hemisferio izquierdo, hemisferio dominante del lenguaje. Así, podemos entender que inhibir o fomentar la presencia de determinadas ondas, en función de si activan o frenan la actividad cerebral, en zonas concretas del cerebro, puede ayudarnos a que estas zonas cumplan sus funciones de manera más o menos efectiva y que, por tanto, si queremos rehabilitar a una persona con un trastorno concreto, cuyo origen se encuentra en una zona concreta del cerebro, la aplicación de Neurofeedback para controlar la actividad cerebral, nos permitirá estimular esas zonas cerebrales y rehabilitar los trastornos derivados de su disfunción. Esto se ejemplifica en el estudio de *Au et al. (2014)*, en el que podemos ver como se registran las ondas en la corteza sensorial motora, reduciendo la presencia de *theta* y aumentando la de *beta*, consiguiendo una mejora en la velocidad lectora.

Aplicaciones del Biofeedback

Si analizamos los artículos referentes al Biofeedback, veremos que aquí sí, el logopeda tiene un papel más activo y notable. Esto parece deberse a que las intervenciones en los trastornos relativos a la producción motora del habla y la naturaleza misma de la técnica de Biofeedback se relacionan de manera estrecha con la figura del logopeda, especialmente con el Biofeedback empleado en los trastornos del habla y que utiliza casi exclusivamente el uso de la electromiografía.

Otros tipos de Biofeedback, como aquellos que registren la presión arterial o la temperatura corporal, podrán ser útiles para tratar aspectos como la relajación y otros que se presentan secundariamente en los trastornos del habla, y será ciertamente conveniente, pero se alejaría de los procesos específicos que el logopeda debe trabajar. La electromiografía se basa en el registro de la tensión muscular o la actividad motora de un determinado músculo u órgano, y esto es precisamente lo que un logopeda realizará con este tipo de pacientes.

Por ejemplo, como hemos visto en varios artículos, se intervendrían los movimientos linguales, los parámetros vocales, etc...

Parece también que el tipo de presentación del feedback se puede relacionar con la metodología de tratamiento, siendo el visual más afín al tratamiento mediante la medición de patrones de movimiento muscular y el auditivo a la medición de la tensión muscular.

Neurofeedback vs Biofeedback

Por tanto, resulta evidente que, por un lado, las aplicaciones del Neurofeedback deben seguir progresando y sumando investigación, para entender la manera concreta y los procedimientos que podría usar el logopeda, y por otro, que el Biofeedback es una técnica cuya aplicación esta justificada por parte del logopeda, pues son numerosos los casos en los que participa, con resultados positivos. Sin embargo, esto no quiere decir ni que el Neurofeedback sea necesariamente menos útil que el Biofeedback para nuestros intereses, ni que el Biofeedback no necesite de mayor bagaje de investigación y aplicación.

Enfocándonos en la duración del tratamiento, observamos una clara diferencia que nos muestra la necesidad de mayor número de sesiones en los casos de aplicación de Neurofeedback.

Por último, cabe destacar que los procedimientos en Biofeedback se relacionan con movimientos linguales, musculares, etc. que se manifiestan en acciones motoras que pueden ser más fácilmente identificados y generalizados por el paciente. El Neurofeedback, por su parte, se fundamenta en tratar procesos internos, más difíciles de controlar de manera consciente por el paciente.

El Biofeedback y el Neurofeedback en España:

Por último, se hace necesario remarcar el hecho de que prácticamente toda la información encontrada, haya sido en inglés, y ningún caso realizado en España, dejando en evidencia que esta corriente está más desarrollada en el continente americano, especialmente en EEUU pero con cierta representación

latinoamericana y que es necesario promover el conocimiento y uso de estas técnicas en nuestro país.

8. CONCLUSIONES

Tras revisar los resultados y la discusión hemos llegado a una serie de conclusiones:

1.- Las técnicas de Biofeedback y Neurofeedback son beneficiosas para el tratamiento de los trastornos del lenguaje y el habla, consiguiendo resultados positivos en síntomas lingüísticos en la mayoría de los tratamientos.

2.- La técnica de Neurofeedback se enfoca a los aspectos cognitivos relacionados con el lenguaje, y la del Biofeedback a los trastornos de la producción motora del lenguaje.

3.- La modulación y control de las ondas cerebrales por medio del Neurofeedback puede inducir cambios en la actividad de zonas específicas del cerebro, lo cual indica que puede ser útil en la Neurorehabilitación del lenguaje.

4.- La modulación de la actividad motora y la tensión muscular es eficiente para el aprendizaje de los mecanismos de habla.

5.- El logopeda tiene una presencia en la aplicación de la técnica de Biofeedback, sobre todo como consultor y evaluador, sin embargo, su presencia no es tan notable en la aplicación del Neurofeedback, con mayor peso para los psicólogos.

6.- Se hace necesaria mayor investigación para conocer las posibilidades de trabajo del logopeda en este campo.

7.- Es necesario una mayor difusión de estas técnicas en España, donde apenas tiene desarrollo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 1** Webb WG, Aller RK. Neurología para el logopeda. Quinta edición. Barcelona: Elsevier; 2010.
- 2** Demos J. Getting started with Neurofeedback. Nueva York: Norton; 2005.
- 3** Capilla A, Carretié L. Bases neurofisiológicas de las oscilaciones cerebrales. 2nd edition. Barcelona: Elsevier; 2015.
- 4** Benitez-Burraco A, Murphy E. The Oscillopathic nature of language déficits in autism: from genes to language evolution. Front Hum Neurosci. 2016; 10: 120.
- 5** Damasio AR, Damasio H. Brain and language. Sci am. 1992; 267(3): 88- 95.
- 6** Carrobles JA. Bio/Neurofeedback. Clínica y salud. 2016; 27(3): 127-131.
- 7** Tan G, Shaffer F, Lyle R, Teo I. Evidence-Based Practice in Biofeedback and Neurofeedback. 3rd edition. Nueva York: Guilford; 2008.
- 8** Hammond DC. What is Neurofeedback. Journal of neurotherapy. 2011; 15(4): 305-336.
- 9** Giggins O, McCarthy Parsson U, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. Journal of NeuroEngineering and rehabilitation. 2013; 10(1): 60.
- 10** Miller MA, Carmona A. Modification of a visceral response, salivation in thirsty dogs.. Journal of comparative phsycology and physiological phsycology. 1967; 63: 1-16.
- 11** Collura TF, Technicall Foundations of Neurofeedback. 1st edition. Nueva York: Routledge; 2014.
- 12** El daño cerebral adquirido (DCA) [internet]. FEDACE. 2016 [citado 23 de junio de 2019]. Recuperado a partir de: https://fedace.org/index.php?V_dir=MSC&V_mod=showart&id=163
- 13** FEDACE. Las personas con Daño Cerebral Adquirido en España. [Internet]. [Citado 20 de agosto de 2019] . Recuperado a partir de: <http://www.fedace.org>

- 14** Daño cerebral. [Internet]. ADACEN. [citado 23 de junio de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.adacen.org/dano-cerebral/>
- 15** FEDACE. Logopedia y daño cerebral adquirido. [Internet]. Madrid; septiembre 2007. (Citado 12 mayo de 2019).
- 16** Peña-casanova, J. (2013). Manual de logopedia (4ª ed.). Barcelona, España: Masson.
- 17** Preston JL, Brick N, Landi N. Ultrasound Biofeedback treatment for persisting childhood Apraxia of speech. *Am J speech lang pathol.* 2013; 22(4): 627-33.
- 18** McNeil MR, Prescott TE, Lemme ML. An application of electrobiographic Biofeedback to Aphasia/apraxia. *Clinical aphasiology conference.* May 18- 21 1976; Minneapolis, EE.UU. BRK publisher; 1976.
- 19** Katz WF, Levitt J, Carterb GC. Biofeedback treatment of buccofacial Apraxia using EMA. *Brain and language.* 2003; 87(1): 175-176.
- 20** Ballard JK, Robin DA. Influence of continual Biofeedback on jaw pursuit-tracking In healthy adults And in adults with Apraxia and aphasia. *Journal mot behav.* 2007; 39(1): 19-28.
- 21** Murdoch BE, Pitt G, Theodoros DG, Ward EC. Real-time continuous visual Biofeedback In the treatment of breathing disorders following childhood traumatic brain injury: one case report. *Pediatric rehabil.* 1999; 3(1): 5-20.
- 22** Nemeck, R. E., & Cohen, K. (1984). EMG biofeedback in the modification of hypertonia in spastic dysarthria: case report.. *Arch Phys Med Rehabil.*, 65(2), 103–104. <https://doi.org/10.1109/ner.2011.5910530>
- 23** Yano J, Shirahige C, Oki K, Osisaka N, Kumakura I et al. Effect of visual Biofeedback of posterior tongue movement on articulation rehabilitation on disarthria patients. *Journal oral rehabil.* 2015; 42(8): 571-9.
- 24** Preston, J. L. (2019, 1 enero). Treating Childhood Apraxia of Speech - ICH GCP - Clinical Trials Registry. Recuperado 25 noviembre, 2019, de <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT03238677>

- 25** Preston JL, Lecce MC, McMamara K, Maas, E. Variable Practice to Enhance Speech Learning in Ultrasound Biofeedback Treatment for Childhood Apraxia of Speech: A Single Case Experimental Study. *American Journal of Speech-Language Pathology*. 2017; 26(3): 840-852.
- 26** Hanna R, Wilfling F, McNeil B. A Biofeedback treatment for stuttering. *Journal of speech and hearing disorders*. 1975.; 40(2): 270-3.
- 27** Allen KD, Bernstein B, Chain DH. EMG Biofeedback treatment of pediatric hyperfunctional dysphonia. 1991; 22(2): 97-101.
- 28** Roxburgh Z, Scoobie JM, Cleland J. Articulation therapy for children with cleft Palate using visual articulatory models and Ultrasound Biofeedback. *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS), Glasgow, 10-14 August 2015, [Paper no: 858]*
- 29** Mcauliffe MJ, Cornwell PL. Intervention for lateral /s/ using electropalatography EPG Biofeedback and an intensive Motor learning approach: a case report. *International journal language and communication disorders*. 2008; 42(2): 219-229.
- 30** Henschen, T.L. & Burton, N.G. Biofeedback and Self-Regulation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 1978; 3(1): 91-96.
- 31** Haynes, S. N. Electromyographic biofeedback treatment of a woman with chronic dysphagia. *Biofeedback and Self-Regulation*. 1976; 1(1), 121–126.
- 32** Crary, M., Carnaby (Mann), G., Groher, M., & Helseth, E. Functional Benefits of Dysphagia Therapy Using Adjunctive sEMG Biofeedback. *Dysphagia*. 2004; 19(3).
- 33** Bryant, M. Biofeedback in the treatment of a selected dysphagic patient. *Dysphagia*. 1991; 6(3), 140–144.
- 34** Reddy, N., Gupta, V., Simcox, D. L., & Motta, G. E. Biofeedback therapy using accelerometry for treating dysphagic patients with poor laryngeal elevation: Case studies. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2000; 37(3), 361–372.

- 35** Stepp, C. E., Britton, D., Chang, C., Merati, A. L., & Matsuoka, Y. (2011). Feasibility of game-based electromyographic biofeedback for dysphagia rehabilitation. 2011 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering, .
- 36** Nazari MA, Mosanezhaz E, Hashemi T, Jahan A. The effectiveness of Neurofeedback training on EEG coherence and neuropsychological function in children with Reading disabilities. Clin EEG neurosci. 2012; 43(4): 315-22.
- 37** Fernández T, Herrera W, Harmony T, Díaz-Comas L, Santiago E et al. EEG and behavioral changes following Neurofeedback treatment in learning disabled children. Clin.electroencephalogr. 2003; 34(3): 145-52.
- 38** Breteler MHM, Arns M, Strehl U, de Ridder S. Effectiveness of Neurofeedback in treatment in ADHD: The effects of inattention, Impulsivity and hyperactivity. A meta- analysis. ENCS. 2009; 40(3): 180-89.
- 39** Walker JE, Norman CA. The neuropsychology of dyslexia: a selective review with implications for Neurofeedback remediations and results of treatment of twelve consecutive patients. Journal of neurotherapy. 2004; 10(10): 45-55.
- 40** Au A, Ho GSM, Choi EWM, Leung P, Wayne MMY et al.(2013). Does it help to train attention in dyslexic children: pilot case studies with a tension Neurofeedback program. International journal on disability and human development.
- 41** Thornton KE, Carmody DP. Electroencephalogram Biofeedback for reading disability and traumatic brain injury. Child and adolescent psychiatry clinics of north america. 2004;14(2005): 137-162.
- 42** 20. Vighetti S, Piedimonte A, Carlino E, Frisaldi E, Molo M. Misure elettrofisiologiche Dell'efficacia della riabilitazione attraverso Neurofeedback in una popolazione afasia. Journal of biomedical practitioners. 2018; 2(1).
- 43** Bearden TS, Cassisi JE, Pineda M. Neurofeedback treatment for a patient with thalamic and cortical infarctions. App physophysiol Biofeedback. 2003; 28(3): 241- 53.

44 Mrozckowska D, Biolkowska J, Rakowska A. Neurofeedback as supportive therapy after stroke. A case report. Postepy psychiatrii|neurologii. 2014; 23(4): 190- 201.

45 Palacios, V. (2012) Neurofeedback protocol for the treatment of phonetic And expressive speech impediments: Report of two cases. . ISNR 20th Annual Conference September, (págs. 19-23). Orlando.