

# La reeducación vocal y su evaluación a través del procesado digital de señales: Estudio de un caso

Zulema Santana-López<sup>1,2</sup>, Óscar Domínguez-Jaén<sup>1,2</sup>, Jesús B. Alonso<sup>1</sup>,  
María del Carmen Mato-Carrodeguas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Comunicaciones (IDeTIC)  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>2</sup> Conservatorio Profesional de Música de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>3</sup> Departamento de Didácticas Especiales. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.  
Las Palmas de Gran Canaria, España

zsantana@idetec.eu ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6262-1791>

odominguez@idetec.eu ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7518-0152>

jesus.alonso@ulpgc.es ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7866-585X>

mariadelcarmen.mato@ulpgc.es ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0992-1178>

Enviado: 29/02/2016. Aceptado: 30/12/2016. Publicado online: 18/12/2017

**Citation / Cómo citar este artículo:** Santana-López, Z., Domínguez-Jaén, Ó., Alonso, J. B. y Mato-Carrodeguas, M.<sup>a</sup> del C. (2017). La reeducación vocal y su evaluación a través del procesado digital de señales: Estudio de un caso. *Loquens*, 4(1), e040. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/loquens.2017.040>

**RESUMEN:** Las patologías vocales, ya sean debidas a disfonías funcionales o a lesiones orgánicas o, simplemente, a una emisión de voz inadecuada, pueden dar lugar a un forzamiento vocal que afecta de manera importante al proceso de comunicación.

El estudio que se presenta se basa en el caso de una única paciente con un diagnóstico de *miastenia gravis* (enfermedad de Erb-Goldflam). En este caso concreto, dicha afección ha dado lugar, entre otras perturbaciones, a una disartria. Para tratarla, se ha utilizado una técnica de educación y reeducación vocal basada en un elemento resonador: una pantalla de celofán.

En el presente artículo se muestran los resultados obtenidos en la paciente tras aplicar una técnica pionera en el campo de la reeducación vocal denominada *método Cimardi: Pantalla de Celofán*. Se han estudiado los cambios en la señal de voz de la paciente antes y después de la aplicación del mencionado método Cimardi, utilizando para ello diferentes dominios de representación: el temporal, el espectral y el cepstral. Además, se han usado distintos parámetros para medir la calidad de la voz, como por ejemplo el *shimmer*, el *jitter* o el *harmonic-to-noise ratio* (HNR), con el fin de poder cuantificar los resultados obtenidos con el método Cimardi.

Una vez analizados los resultados, se ha observado que la técnica empleada por el método Cimardi ayuda a producir una emisión vocal más natural y libre, lo que resulta muy útil como terapia rehabilitadora para aquellas personas que sufren ciertos trastornos vocales.

**Palabras clave:** voz; rehabilitación vocal; técnica vocal; método Cimardi; Pantalla de Celofán; enfermedad neurodegenerativa; *miastenia gravis*.

**ABSTRACT:** *Voice re-education and its evaluation through digital signal processing: A case study.* – Voice pathologies, caused either by functional dysphonia or organic lesions, or even by just an inappropriate emission of the voice, may lead to vocal abuse, affecting significantly the communication process.

The present study is based on the case of a single patient diagnosed with *myasthenia gravis* (Erb-Goldflam syndrome). In this case, this affection has caused, among other disruptions, a dysarthria. For its treatment, a technique for the education and re-education of the voice has been used, based on a resonator element: the cellophane screen.

This article shows the results obtained in the patient after applying a vocal re-education technique called the Cimardi Method: the Cellophane Screen, which is a pioneering technique in this field. Changes in the patient's voice signal have been studied before and after the application of the Cimardi Method in different domains of study: time-fre-

quency, spectrum, and cepstrum. Moreover, parameters for voice quality measurement, such as shimmer, jitter and harmonic-to-noise ratio (HNR), have been used to quantify the results obtained with the Cimardi Method.

Once the results were analyzed, it has been observed that the Cimardi Method helps to produce a more natural and free vocal emission, which is very useful as a rehabilitation therapy for those people presenting certain vocal disorders.

**Keywords:** voice; vocal rehabilitation; vocal technique; Cimardi Method: the Cellophane Screen; neurodegenerative disease; *myasthenia gravis*.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aprendemos a hablar y a comunicarnos con los demás y este se considera un acto tan natural como puede ser cualquier otro que se adquiriera de manera paulatina, pero nadie nos prepara ni nos enseña cómo hacer un buen uso de nuestra voz, entendiéndose por ello conseguir un correcto funcionamiento del aparato fonador (Canuyt, 1958).

Utilizamos nuestra voz en todos los momentos de nuestra vida y no advertimos si es necesario mejorarla o no. Es simplemente nuestra voz, la que hemos escuchado siempre.

No conocer cómo se produce la voz, ni ser conscientes de que el buen uso de este instrumento facilita la comunicación y el desarrollo profesional, ni de que asimismo el cuidado de nuestra voz incidirá en la salud en general, hace que no seamos tampoco conscientes de los malos hábitos que se adquieren y de las implicaciones que puede tener un mal uso o un abuso del órgano vocal; como consecuencia, es difícil corregir tales malos hábitos a fin de minimizar su impacto en nuestra vida cotidiana.

Si preguntamos a personas que poseen una voz ronca, de baja intensidad, casi inaudible o con cualquier otra característica que no resulte normal o habitual sin ser una patología, el por qué hablan así, lo más probable es que contesten: “Tengo la voz igual que mi madre”, “Es un rasgo de familia” o “Es que mi voz es así de siempre”, etcétera.

Ignorar que la voz se puede modificar y mejorar, aun sin tener ninguna patología que requiera una intervención médica, obedece al desconocimiento y no responde a una dificultad real.

Es habitual, cuando escuchamos en una grabación nuestra voz, que no nos guste y no solo no la reconozcamos como nuestra, sino incluso que no queramos reconocerla al no sentirnos identificados con ella, como si no fuera nuestra y prefiriéramos no oírla.

A diario nos miramos al espejo y, si no nos complace nuestro cabello, lo cambiamos, modificamos nuestro vestuario, hacemos ejercicios y dietas para mejorar nuestro aspecto físico. ¿Qué queremos decir con todo ello? Que la imagen es algo importante a cuyo cuidado dedicamos tiempo para sentirnos mejor y más a gusto.

¿Qué sucedería si escucháramos nuestra voz realmente como la oyen los demás de manera habitual? Posiblemente trataríamos de mejorarla para sacarle el mayor rendimiento posible. Solo cuando se produce una alteración vocal o perdemos la voz es cuando tomamos conciencia de lo importante que es.

Conocer cómo funciona todo lo concerniente al mecanismo vocal y cómo practicar correctamente la respiración y la emisión de voz debería ser primordial no solo para cualquier persona, sino aún más para aquellas que utilizan la voz en el plano profesional, como los profesores, los vendedores, los teleoperadores, etcétera. Sin embargo, es bastante general considerar que aprender a usar la voz en el habla ajustándola a unos parámetros adecuados que permitan su máximo desarrollo no es una tarea indispensable. Se podría decir que el estudio de la voz hablada es algo inexistente a nivel general. Solo en casos excepcionales como en el de los actores, locutores, cantantes, oradores, etcétera, parece necesario el buen uso de su voz. Otra cuestión bien distinta se plantea cuando se trata de voces patológicas. El papel que desempeñan médicos, logopedas y foniatras ha sido y es de vital importancia para la rehabilitación y la reeducación de la voz.

En la actualidad nos encontramos con que una gran parte de la población presenta patologías relacionadas con la voz, ya sean estas disfonías, nódulos, afonías u otras, o simplemente no emite la voz de la forma más adecuada, lo que produce cansancio y el consiguiente sobreesfuerzo vocal (Cobeta *et al.*, 2013).

Los efectos de las alteraciones del habla y de la voz constituyen una desventaja a la hora de integrarnos socialmente tanto en el ámbito escolar como en el laboral, en el familiar, etcétera, además de que estas alteraciones pueden producir otros desajustes en la conducta y generar traumas, introversión, miedos, complejos, etcétera.

En los últimos años, la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la voz se están teniendo más en cuenta. Se insiste desde los ámbitos profesionales en una mayor sensibilización y concienciación por parte de las administraciones para informar, detectar los problemas y dar pautas de tratamiento que permitan impedir las alteraciones vocales.

Hemos basado el presente estudio sobre un único caso, con diagnóstico de *miastenia gravis* (enfermedad de Erb-Goldflam; Le Huche y Allali, 1993), una enfermedad neuromuscular autoinmune y crónica que presenta grados variables de debilidad de los músculos esqueléticos, es decir, los voluntarios, del cuerpo. El nombre de la misma, proveniente del latín y el griego, significa literalmente *debilidad muscular grave*.

En este trabajo se analiza, por tanto, un caso de miastenia, que dio lugar al debilitamiento de la musculatura facial y a la alteración vocal, la cual se manifiesta en una disartria por afectación de la unión mioneural.

El objetivo del estudio ha sido mejorar la inteligibilidad de la voz hablada de la paciente. De forma novedosa,

se aporta una metodología de reeducación vocal que es extensible a la terapéutica de casos con trastornos en la voz hablada. También de forma innovadora, se propone una estrategia para objetivar los cambios en la voz una vez realizada la terapia, basada en el análisis acústico de la señal de voz.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL CASO

El caso sobre el que hemos investigado corresponde a una mujer de 65 años, de nacionalidad alemana, a la que le diagnosticaron *miastenia gravis*.

La enfermedad comenzó en 1987, y sus síntomas fueron aumentando poco a poco, de manera que la paciente sufría parálisis en la cara, en las manos y en las piernas, así como dificultades respiratorias. En 1990 decidió someterse a tratamiento médico, ya que por ese entonces su capacidad para comer, hablar y respirar había disminuido.

Desde 1990 hasta 1995 siguió tratamientos, cada tres meses, de siete sesiones de depuración hematológica, con una medicación muy fuerte. Lejos de curarla, uno de los efectos que produjo el tratamiento fue una parálisis en el habla, de modo que solo pronunciaba algunas palabras al día para hacerse entender y con unos efectos secundarios importantes. La paciente decidió entonces interrumpir la medicación y recurrir a tratamientos de medicina alternativa, pero sin resultados satisfactorios.

El año 2001 supuso para ella una etapa muy difícil: se le cerraron los párpados (ptosis), padeció afectación de los músculos faciales y sufrió agotamiento de la fuerza muscular en general, de modo que ingresó de nuevo en el hospital para recibir la medicación que necesitaba, lo que le permitió, si no curarse del todo, sí al menos rebajar el grado severo que su enfermedad presentaba.

En enero de 2014, conoce el método Cimardi, se interesa y desea recibir sesiones prácticas para comprobar si su voz puede mejorar.

## 3. METODOLOGÍA

Se ha diseñado un modelo de intervención en dos fases. La primera ha consistido en el trabajo para la reeducación de la postura corporal y de la respiración, y la segunda, en el ejercicio práctico de la voz utilizando la Pantalla de Celofán. Cada sesión de trabajo ha tenido una duración de 45 minutos por semana, durante tres meses. Hemos procedido grabando a la paciente antes de la implementación de esta técnica para conocer las condiciones de partida. Seguidamente, hemos establecido un protocolo de actuación que ha durado varias sesiones y, por último, una vez finalizadas estas sesiones de entrenamiento, hemos vuelto a grabar a la paciente para comparar los resultados antes y después del trabajo y de la ejercitación con este método.

El método Cimardi (Santana López, 2015), sobre el cual hemos basado principalmente nuestro quehacer téc-

nico, consiste en hacer vibrar un papel de celofán transparente de bajo gramaje, aproximadamente de 20 gr/m<sup>2</sup>, colocado sobre los labios, sosteniéndolo con una o con ambas manos (Figura 1).

El papel de celofán actúa como un resonador, ya que, al incidir las ondas sonoras producidas por la voz sobre él, entra en vibración, de tal manera que se produce una retroalimentación que nos permite regular y controlar el sonido.

Para el estudio de este único caso, se ha dispuesto de un repositorio de muestras (archivos de audio) grabadas en la primera sesión, el 19 de febrero de 2014, y en la última, el 6 de mayo del mismo año, utilizando programas informáticos tales como Audacity (Audacity, 2015), ESection (Huckvale, 2015) y Praat (Boersma y Weenink, 2015). Con ellos se ha realizado un análisis acústico de las señales de audio correspondientes a las vocales /o/, /a/ e /i/, que le han sido grabadas a la paciente antes y después del entrenamiento para obtener datos y hacer una comparativa entre ellos. Con el *software* Audacity, se ha procedido a cortar y segmentar cada archivo de audio grabado, de forma tal que la duración de cada uno de ellos fuese de 2,5 segundos, escogiéndose en dicho intervalo de tiempo el mejor tramo de apreciación de la señal de voz. Para grabar los archivos de audio se han tenido en cuenta los siguientes parámetros: una frecuencia de muestreo predefinida de 44 100 Hz y un formato de muestra predeterminado de 16-bit float (Calvo-Manzano Ruiz, 1993).

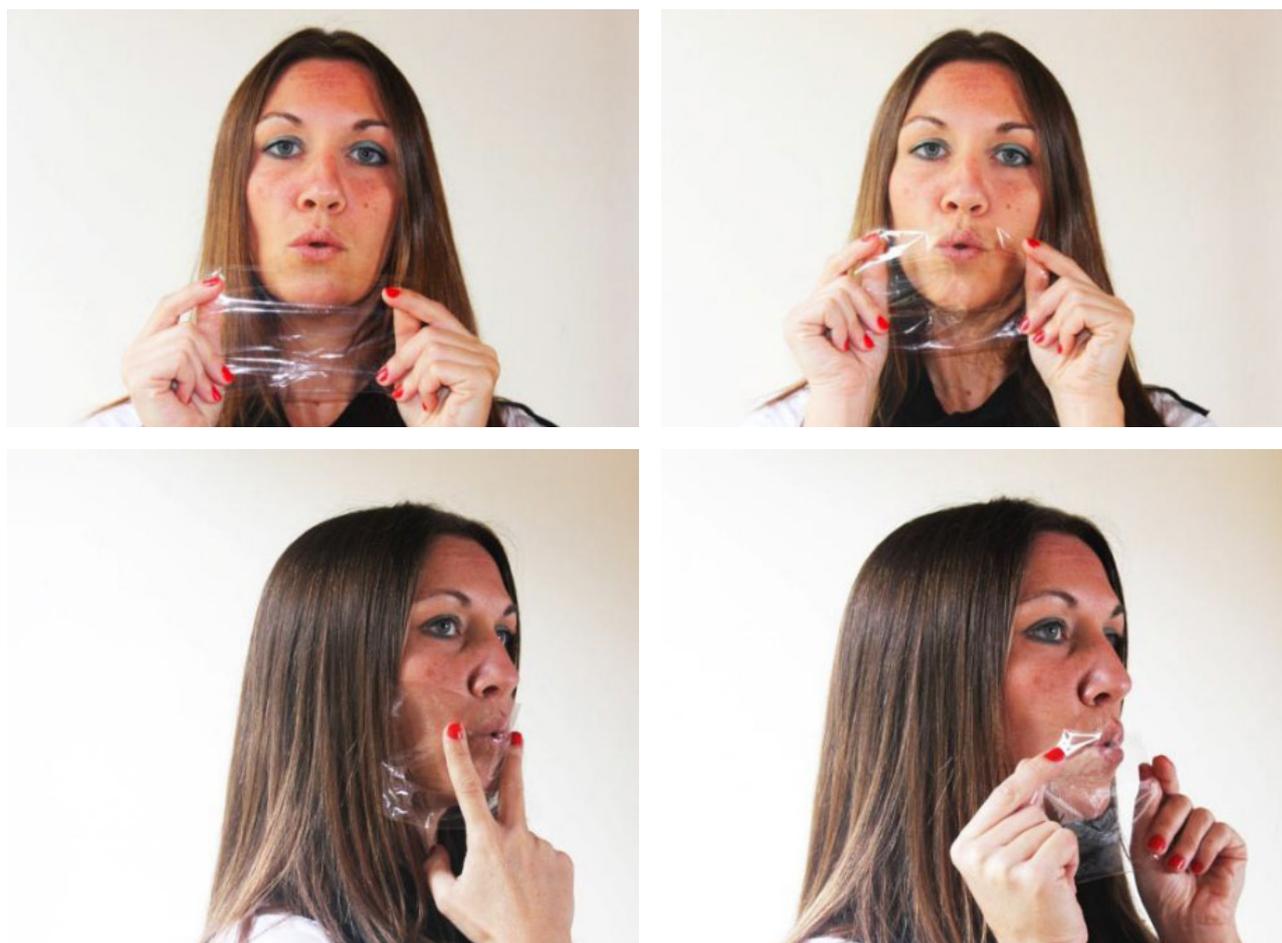
Posteriormente, se ha procedido a importar y procesar estos archivos de audio con el *software* de libre distribución ESection (Huckvale, 2015). El análisis ha consistido en la representación de la señal en el dominio temporal, la excitación glótica en el dominio frecuencial por medio del espectrograma de banda estrecha y una representación en el dominio cepstral. Para obtener las representaciones se ha utilizado el mismo programa.

La utilización del *software* Praat (Boersma y Weenink, 2015), programa diseñado inicialmente para proyectos de investigación de voz, y que es también de libre distribución y de código abierto, nos ha permitido obtener los siguientes parámetros: Median Pitch Hz, Mean Pitch, Standard Deviation Hz, Jitter %, Shimmer %, Shimmer dB, Unvoiced Frames, Auto Correlation, Noise Harm y Harm Noise.

## 4. DESARROLLO TERAPÉUTICO

En la primera sesión evaluamos la articulación en la lectura en voz alta y en el habla espontánea, prestando atención a los movimientos de la cara de la paciente, a sus gestos corporales, a lo que decía y a cómo lo decía. Su habla era ininteligible. En esta primera valoración se pudo observar que su voz era aérea y nasal, con evidente dificultad para la fonación. Los gestos y movimientos de los músculos de la cara, sobre todo del músculo bucinador, del orbicular de los labios y del risorio, estaban atrofiados y sin control. La respiración era costo-clavicular, se cansaba al hablar y debía parar por falta de aire.

**Figura 1:** Uso de la *Pantalla de Celofán*. Músculos bucinadores en posición de /u/.



Para continuar, se hizo un diagnóstico de las consonantes y de las vocales más adecuadas para comenzar la implementación de la técnica. Se puso de manifiesto que, en el momento de la fonación, se producía una falta de oclusión labial, lo cual dificultaba la pronunciación de las consonantes labiales, sobre todo de las oclusivas /p/ y /b/. Las vocales que presentaban mayor dificultad eran la /i/ y la /e/. La paciente nos comunicó además que cuando hablaba mucho se cansaba y que, en ocasiones, cuando se levantaba de un asiento, se mareaba.

En esta primera intervención, se realizó un calentamiento vocal sin detenernos en ningún ejercicio en particular, con el objetivo de que la paciente se encontrara cómoda y relajada para, a continuación, pasar a realizar la grabación de las vocales /o/, /a/ e /i/ en el tono  $La_3$  y obtener datos antes del entrenamiento con el método Cimardi.

Durante ese tiempo trabajamos la respiración como base para cualquier ejercicio vocal, introduciendo elementos que la ayudasen a sentir el movimiento del diafragma. En todas las sesiones nos pareció imprescindible apoyar los ejercicios con explicaciones de nivel teórico acerca del funcionamiento del diafragma y su importancia en la emisión de voz. A continuación, le explicamos

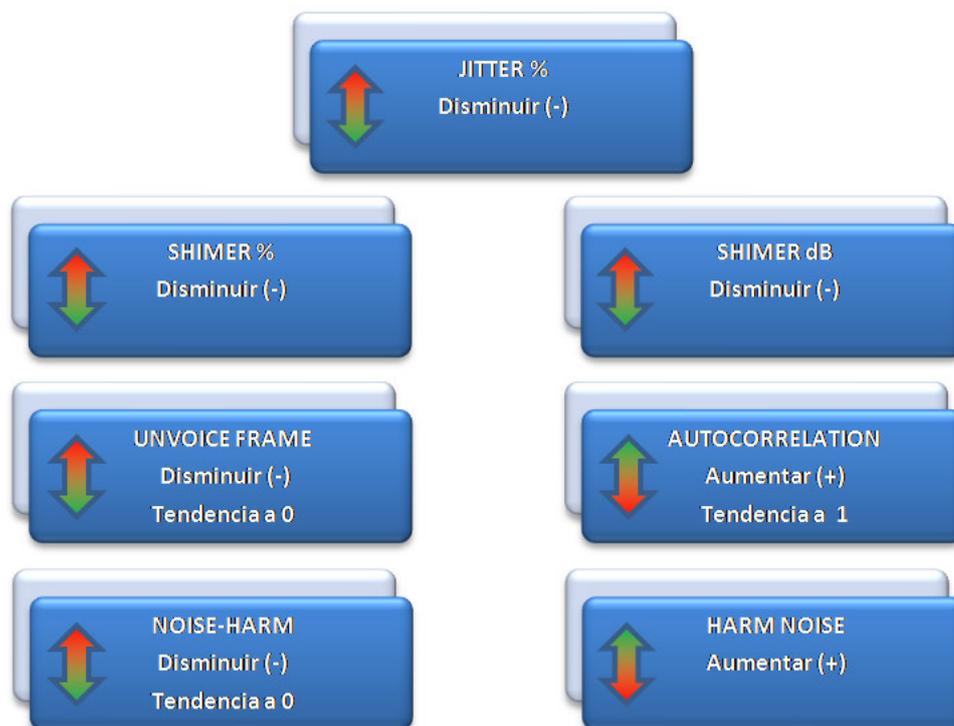
en qué consiste el trabajo con el método Cimardi y cómo se iba a utilizar.

En la siguiente sesión ya entramos en materia propiamente dicha; además de la práctica de la respiración, comenzaron los ejercicios con el papel de celofán. Los primeros consistieron en emitir sonidos onomatopéyicos para hacer vibrar el papel con las indicaciones pertinentes, en este caso pronunciando el grupo /pt/, imitando el sonido onomatopéyico del motor de un coche /rrrrr/ como primer paso.

Seguidamente, en las sesiones posteriores nos centramos exclusivamente en la práctica con el método Cimardi. Una vez que se había logrado hacer vibrar el papel de celofán con los ejercicios onomatopéyicos, pasamos a realizar pequeñas y sencillas vocalizaciones de intervalos de segunda y tercera con todas las vocales con un intervalo de un  $La_3$  a un  $Re_4$ .

Los ejercicios prácticos que se utilizaron durante los tres meses mencionados se basaron exclusivamente en el uso de la *Pantalla de Celofán*, además de los ejercicios de relajación y respiración.

Las consonantes que se trabajaron fueron la /k/, para ejercitar el velo del paladar blando con todas las voca-

**Figura 2:** Tendencia de los parámetros para cuantificar la calidad de la voz.

les, sin mover la musculatura facial, lo que obliga a sentir cómo se eleva el velo del paladar; concretamente, nos servimos en este caso del ejercicio onomatopéyico /ko ko ko ko/ imitando el cacareo de una gallina. Este ejercicio resulta muy apropiado para elevar el velo del paladar blando, con lo que se consigue menor nasalización del habla.

También se trabajaron las consonantes /p/ y /b/ para entrenar la musculatura de los labios, puesto que, recuérdese, en este caso dichas consonantes comportaban una gran dificultad.

Una vez que se consiguió vocalizar con soltura con la Pantalla de Celofán, se retiró paulatinamente el papel de celofán manteniendo la misma sensación propioceptiva que cuando la paciente tenía el papel. Se trata de que sienta que su sonido está apoyado y reconozca que, si la vibración es correcta, el sonido resultante lo será también.

De esta manera, el papel actuará como un detector de mentiras, puesto que se incentiva la autoescucha merced a otros parámetros que no son el oído interno, por lo que la autopercepción de la paciente va a cambiar, ayudándola a emitir la voz con mayor eficacia.

En la última sesión se efectuó la grabación de las vocales /o/, /a/, /i/ después de haber aplicado el método Cimardi, con el mismo tono con el que grabamos en la primera sesión, para hacer el análisis acústico y comprobar las diferencias que se habían producido.

Estas diferencias cuantitativas y cualitativas quedan reflejadas en la Figura 3, por lo que respecta a los valores cuantitativos, y en las gráficas de las Figura 4 a Figura 9, correspondientes a los valores cualitativos.

## 4.1. Resultados y análisis

### 4.1.1. Aspecto cuantitativo

A modo de referencia en la Figura 2 mostramos cómo debe ser en general la tendencia de los valores de los parámetros significativos, para cuantificar la buena calidad de la voz (Alonso Hernández *et al.*, 2008). En esta figura se emplean unas flechas bicolors asociadas a cada parámetro que marcan, en color verde, la tendencia de mejora de este, y, en rojo, la tendencia al empeoramiento.

Los valores obtenidos con respecto a todos estos parámetros cuantitativos mediante el *software* Praat (Boersma y Weenink, 2015) en la primera sesión y en la última se muestran en la Tabla 1.

En los valores obtenidos de las grabaciones de las vocales /o/, /a/ e /i/, podemos apreciar la tendencia general que estos experimentan a mejorar.

La medida del *Jitter* es baja en /o/ y en /a/, pero no es apreciable en /i/. Asimismo, podemos advertir que el parámetro Shimmer disminuye sus valores en la última sesión con respecto a la primera sesión.

El parámetro *Autocorrelation* se emplea en este estudio para cuantificar la regularidad de la forma de onda de la señal. Al tratarse de un sonido vocálico sostenido, un valor alto, próximo a 1, permite identificar una elevada regularidad a lo largo de toda la señal de audio. En el estudio realizado, se observa que el valor de la autocorrelación de la señal de audio adquirida después de aplicar el método Cimardi es superior al obtenido antes de su aplicación.

**Tabla 1:** Valores de los parámetros significativos del caso único analizado.

SESIÓN	GRABACIÓN	MEDIAN PITCH Hz	MEAN PITCH Hz	STANDARD DESVIATION Hz	JITTER %	SHIMMER %	SHIMMER dB	UNVOICED FRAMES	AUTO CORRELATION	NOISE HARM	HARM NOISE
1	"O" Antes	220,190	220,194	1,792	0,169	3,227	0,300	0,00000	0,99684	0,00318	26,695
3	"O" Después	242,017	242,177	1,513	0,163	2,288	0,210	0,00000	0,99840	0,00161	29,607
	<b>Diferencia</b>	<b>21,827</b>	<b>21,983</b>	<b>-0,279</b>	<b>-0,006</b>	<b>-0,939</b>	<b>-0,090</b>	<b>0,000</b>	<b>0,002</b>	<b>-0,002</b>	<b>2,912</b>

SESIÓN	GRABACIÓN	MEDIAN PITCH Hz	MEAN PITCH Hz	STANDARD DESVIATION Hz	JITTER %	SHIMMER %	SHIMMER dB	UNVOICED FRAMES	AUTO CORRELATION	NOISE HARM	HARM NOISE
1	"A" Antes	215,649	215,478	1,391	0,307	6,322	0,569	0,00000	0,98807	0,01211	19,716
3	"A" Después	239,050	239,448	1,980	0,187	3,802	0,360	0,00000	0,99453	0,00552	23,517
	<b>Diferencia</b>	<b>23,401</b>	<b>23,970</b>	<b>0,589</b>	<b>-0,120</b>	<b>-2,520</b>	<b>-0,209</b>	<b>0,00000</b>	<b>0,00646</b>	<b>-0,00660</b>	<b>3,801</b>

SESIÓN	GRABACIÓN	MEDIAN PITCH Hz	MEAN PITCH Hz	STANDARD DESVIATION Hz	JITTER %	SHIMMER %	SHIMMER dB	UNVOICED FRAMES	AUTO CORRELATION	NOISE HARM	HARM NOISE
1	"I" Antes	229,853	229,875	1,254	0,193	3,203	0,319	0,00000	0,99489	0,00516	23,765
3	"I" Después	249,614	249,861	1,337	0,194	2,173	0,226	0,00000	0,99864	0,00137	30,184
	<b>Diferencia</b>	<b>19,761</b>	<b>19,986</b>	<b>0,083</b>	<b>0,001</b>	<b>-1,030</b>	<b>-0,093</b>	<b>0,00000</b>	<b>0,00375</b>	<b>-0,00379</b>	<b>6,419</b>

Además, podemos apreciar que el parámetro *Noise Harm* disminuye, lo que quiere decir que el ruido es menor.

En la medida de la *Harm Noise* se puede ver cómo los valores obtenidos difieren en la primera sesión y la última, y se incrementan en la última sesión: para la vocal /o/ el incremento es de 2,912; para la /a/, de 3,801 y para la /i/, de 6,419.

Con el objeto de que resulten más claros visualmente, en la Figura 3 se muestra también una representación gráfica de los valores de estos parámetros.

#### 4.1.2. Aspecto cualitativo

Los resultados cualitativos se reflejan en las gráficas obtenidas (Figuras 4, 6 y 8), donde aparecen las señales de audio correspondientes a las grabaciones de las vocales /o/, /a/, /i/ emitidas en la primera sesión, antes de aplicar el método. Las realizadas en la última sesión, después de aplicarlo, aparecen en las gráficas de las Figuras 5, 7 y 9. En ellas se aprecia la mejora en la producción vocal.

Estas señales corresponden al dominio temporal, y al dominio frecuencial, por medio del espectrograma de banda estrecha de la excitación glótica y su representación en el dominio cepstral. Para obtener tales representaciones se ha utilizado el *software* de libre distribución ESection (Huckvale, 2015).

La comparación de las señales correspondientes a la vocal /i/ antes y después de aplicar el método Cimardi se ha llevado a cabo sobre una trama seleccionada que parte desde los 0,7 segundos y llega hasta los 1,2 segundos, de manera que el tramo que se comparaba de cada una de las señales es de 0,5 segundos de duración. Se procedió así

para escoger un tramo de señal de voz libre de ruidos indeseados y de silencios.

Se aprecia en la parte superior de cada gráfico la señal correspondiente que representa el dominio temporal. En la Figura 8 podemos observar que la señal presenta más fluctuaciones, y poca amplitud en la frecuencia. La voz después del entrenamiento (Figura 9) se estabiliza, siendo la envolvente más constante en su recorrido.

Debajo del dominio temporal se muestra la señal en el dominio frecuencial por medio del espectrograma de banda estrecha, en lo que viene a ser la *huella dactilar* de la señal, con una representación del espectro en el tiempo. La potencia de las diferentes componentes espectrales se representa por medio de la intensidad del color utilizado en la gráfica, sobre los ejes de tiempo-frecuencia.

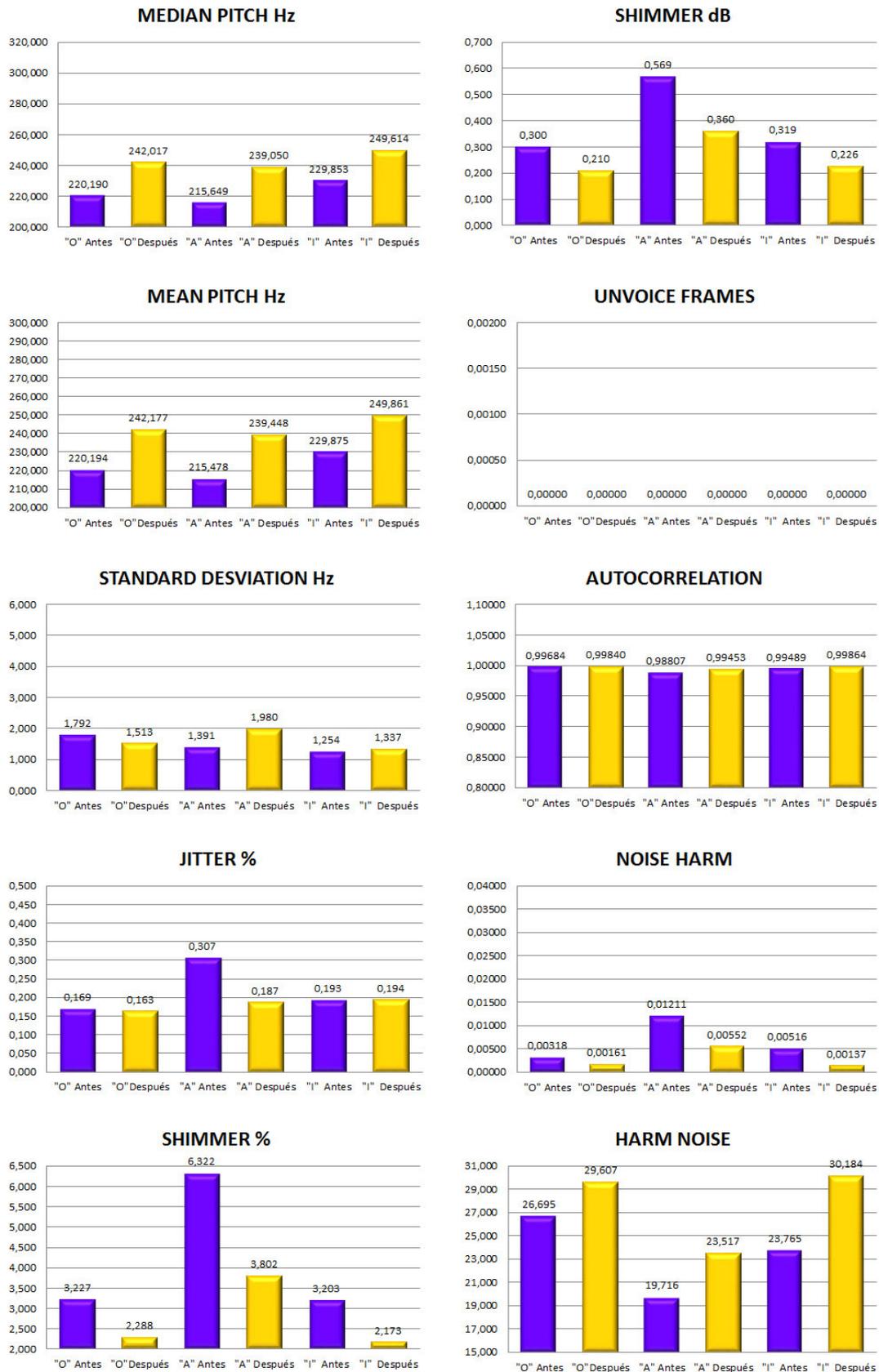
Se puede comprobar que en la vocal /i/ antes de aplicar el método apenas se puede apreciar alguna banda de frecuencia concreta en la cual los formantes estén definidos. Además, se comprueba que existe ruido en las frecuencias altas, superiores a los 5 KHz.

Sin embargo, en la vocal /i/ después de aplicar el método Cimardi se aprecia un número significativo de armónicos que llegan en torno a los 2,5-3 KHz, y es en esta banda de frecuencia donde se concentra la mayor parte de la energía sonora que garantiza la inteligibilidad. La presencia de ruido es prácticamente nula.

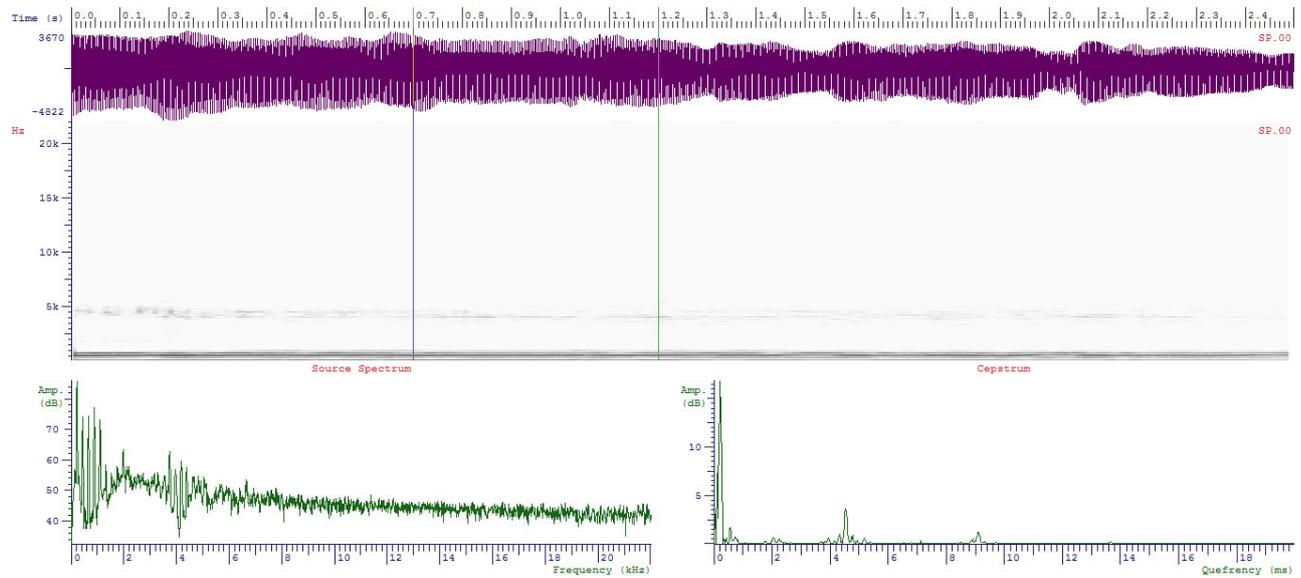
En la parte inferior izquierda de cada gráfica se observa una representación de la excitación glótica, donde se puede constatar que en la vocal /i/, antes de aplicar el método, el número de armónicos es mucho menor, hay menor regularidad en la envolvente del espectro, y por tanto se aprecia una gran variación del espectro de una trama con respecto a las tramas contiguas.

En la parte inferior derecha de cada gráfica se muestra una representación en el dominio cepstral, en la cual po-

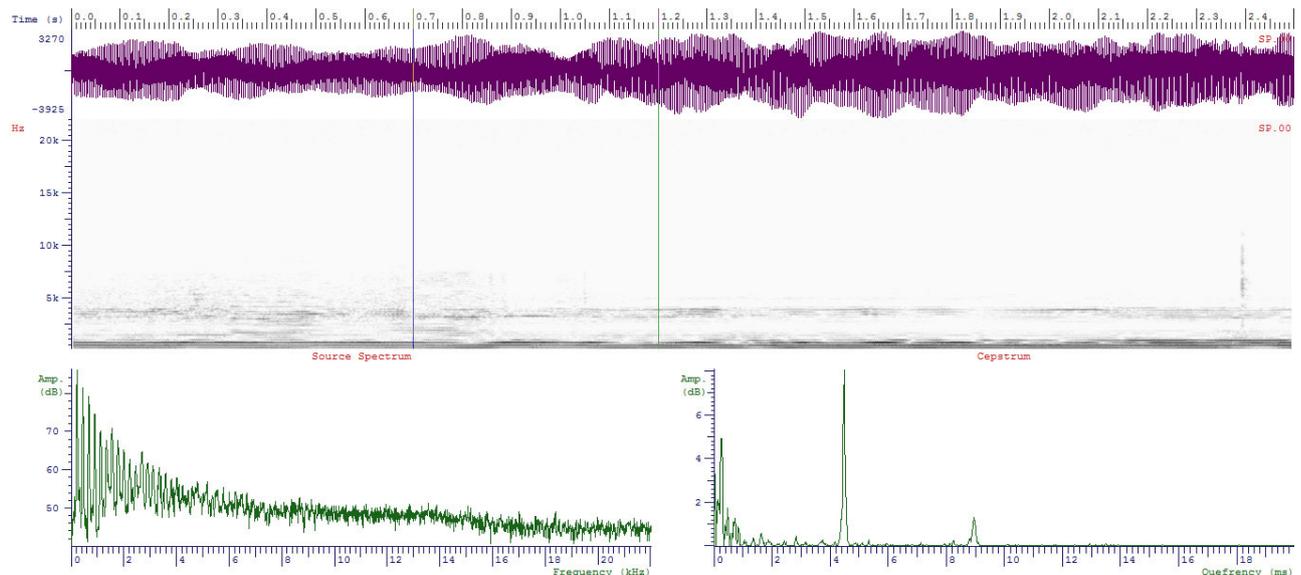
Figura 3: Representación gráfica de los datos cuantitativos.



**Figura 4:** La vocal /o/ antes de aplicar el método Pantalla de Celofán (primera sesión).



**Figura 5:** La vocal /o/ después de aplicar el método Pantalla de Celofán (última sesión).

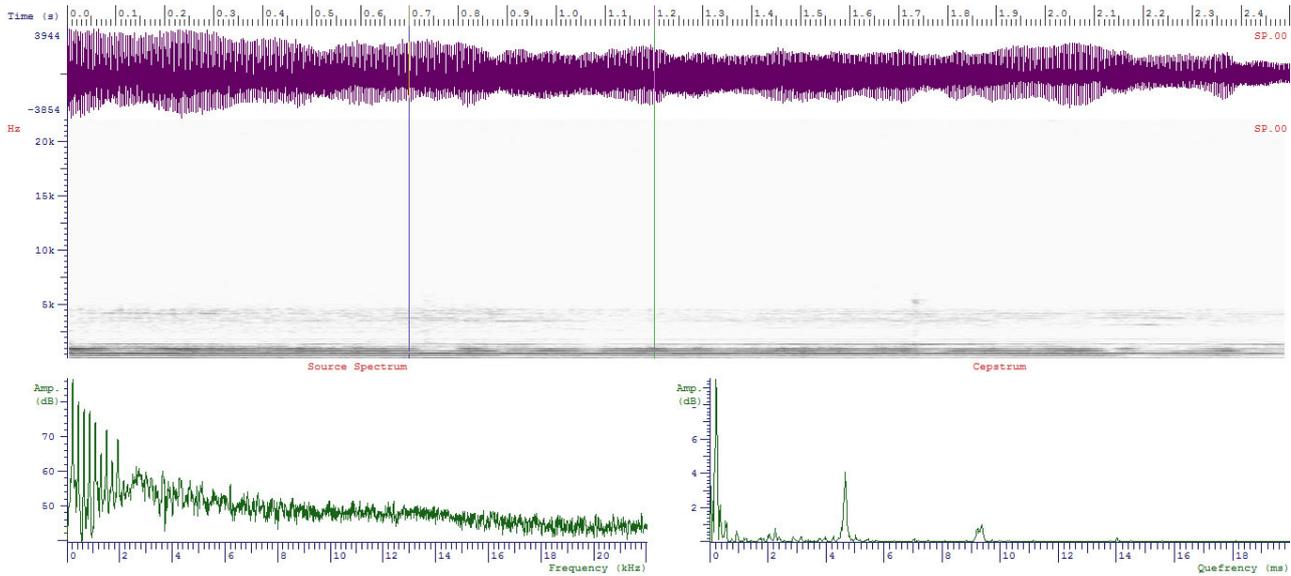


demostramos que en la vocal /i/, antes de aplicar el método Cimardi, la amplitud del primer armónico (componente cepstral que aporta información sobre la riqueza armónica) es de aproximadamente 6 dB, y después de la terapia pasa a ser significativamente mayor (8 dB); esto denota una mayor estructura armónica en la voz una vez realizada la intervención. Además, la anchura de este primer armónico (directamente relacionado con la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales y sus armónicos) se aprecia notablemente reducida después de la terapia; ello indica, por lo tanto, mayor estabilidad en esa frecuencia del tono (*pitch*) respecto a la situación anterior a la terapia.

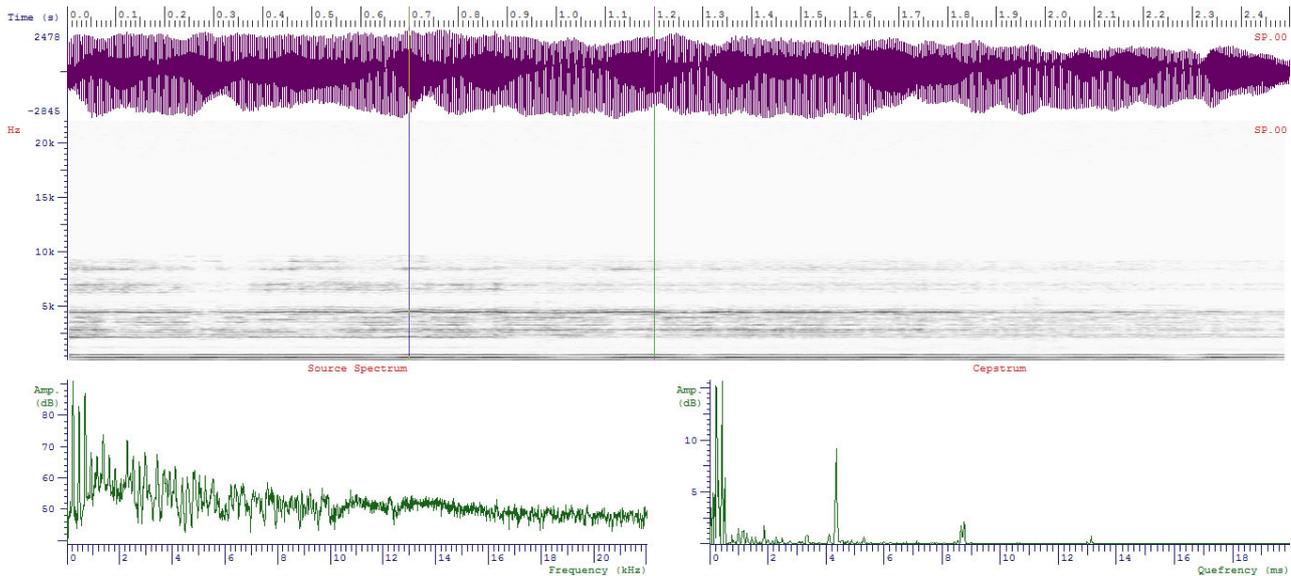
Además, se observa, antes de la terapia, la presencia significativa de cantidades anormales de ruido cepstral. Después de aplicar el método de reeducación vocal, se aprecia, en cambio, menor presencia de ruido. Del mismo modo, a frecuencias bajas la variación del espectro de una trama con respecto a las tramas contiguas es menor.

Hemos focalizado sobre la vocal /i/ las explicaciones por ser la que más dificultad representaba en este caso. Por lo que respecta al resto de las vocales, según puede apreciarse en los análisis cuantitativo y cualitativo, las mejoras son aún más evidentes.

**Figura 6:** La vocal /a/ antes de aplicar el método Pantalla de Celofán (primera sesión).



**Figura 7:** La vocal /a/ después de aplicar el método Pantalla de Celofán (última sesión).



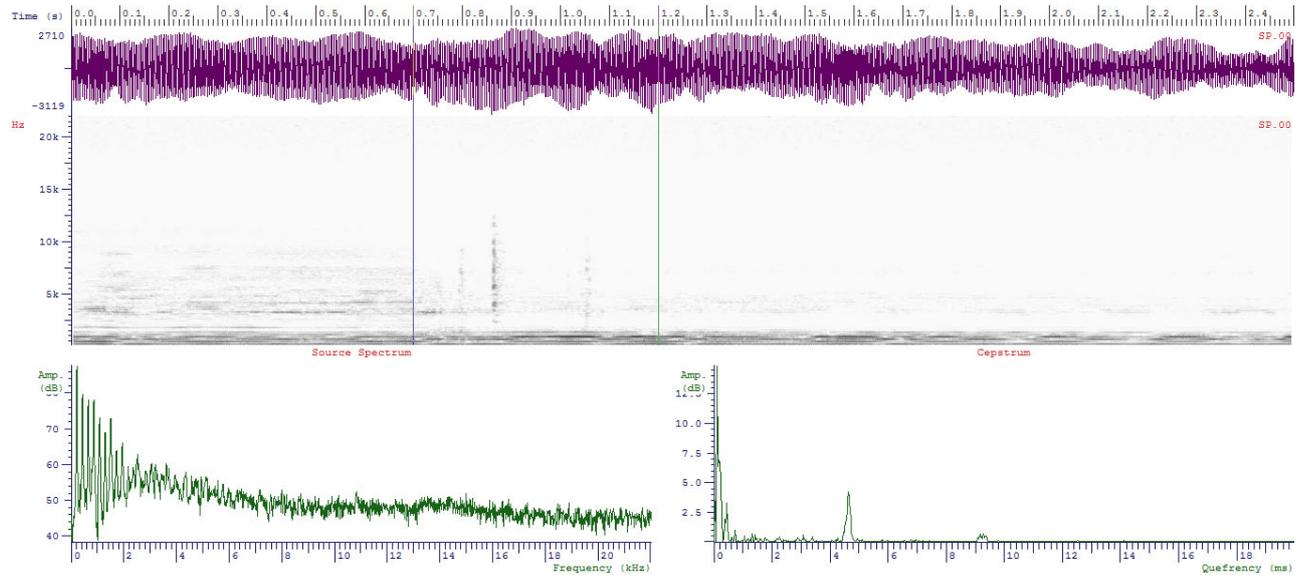
## 5. DISCUSIÓN

Se ha supuesto, y se ha constatado, que en principio la rehabilitación de la disartria por afectación de la unión mioneural se limita a practicar la relajación y las técnicas de soplo, pero se ha podido observar en la experimentación que la paciente puede y debe progresar más, siempre y cuando se tenga presente que no debe producirse un sobreesfuerzo vocal. En este caso se ha aprovechado su gusto por el canto, que ha ayudado a que el trabajo adquiriera unos matices diferentes. Con la pantalla de celofán como soporte, se han cantado pequeñas frases musicales

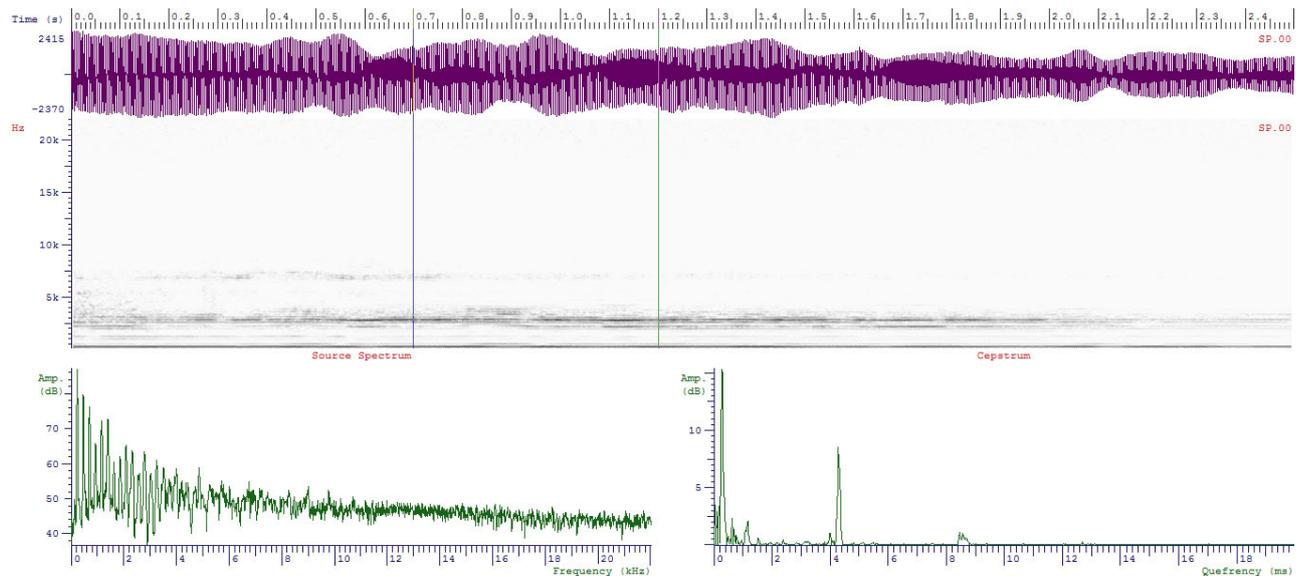
que cumplen ciertos objetivos, como por ejemplo vocalizar con la musculatura relajada, pero con la tonicidad adecuada, matizar y expresar el contenido de las palabras, controlar el flujo de aire, etcétera. De este modo, incluso de manera inconsciente, se puede conseguir el progreso y la mejoría de la paciente.

Las prácticas de relajación y de respiración han sido muy beneficiosas en este caso, sobre todo porque se han conjugado con la música, haciendo que la atención no estuviera solo centrada en la respiración; en este sentido, el soporte musical ha resultado muy conveniente y útil. En cuanto al modo en el que la paciente ha aceptado el trata-

**Figura 8:** La vocal /i/ antes de aplicar el método Pantalla de Celofán (primera sesión).



**Figura 9:** La vocal /i/ después de aplicar el método Pantalla de Celofán (última sesión).



miento, cabe decir que, según su opinión, la práctica con el método Cimardi le ha posibilitado desarrollar la memoria auditiva y muscular necesaria para mejorar la emisión y por tanto la inteligibilidad del habla, dado que no tenía que estar pendiente de lo que oía, sino de hacer vibrar la pantalla y, con ello, controlar mejor la emisión.

En este caso, no solamente los resultados han sido beneficiosos, como confirman los análisis acústicos, sino que la predisposición de la paciente ha sido también muy positiva, y todo ello ha permitido que los avances hayan sido rápidos y ciertamente sorprendentes.

Las propuestas para futuras actuaciones deberán ir dirigidas a controlar la pérdida de aire y la nasalización, además de seguir desarrollando los ejercicios de relajación y respiración. Se hará un diagnóstico de qué consonantes se pueden trabajar paulatinamente, de modo que, partiendo de la consonante que mejor emisión tenga, se vayan añadiendo otras; el mismo procedimiento se emplearía con las vocales. Es muy posible que se produzcan modificaciones en cuanto al desarrollo de las sesiones, ya que se trata de evaluar para posteriormente programar un diseño siempre abierto a las necesidades del momento.

## 6. CONCLUSIONES

Tras llevar a cabo el estudio de este único caso, y después de realizar el análisis acústico cuantitativo y cualitativo, se verifica que la voz, antes de aplicar el método Cimardi, se caracterizaba por ser más aérea (voz con exceso de escape, con insuficiente cierre cordal), y por presentar ruido especialmente en altas frecuencias. Después del entrenamiento, ambas características disminuyen, como se puede constatar en los resultados obtenidos en las señales de voz de la última grabación.

Después de la aplicación del método Cimardi, la voz de la paciente se caracteriza por una mayor definición de los armónicos, un mayor rango de estos, y una mayor definición de los formantes.

Conviene destacar que validar la eficacia de este método para la educación y la reeducación vocal a través de los análisis acústicos cuantitativos y cualitativos reviste suma importancia, pues el valor y la trascendencia que tienen las investigaciones en el procesado digital de señales acústicas ayudan a objetivar al quehacer metodológico.

Además, concluimos que el método Cimardi: Pantalla de Celofán permite emitir la voz sin esfuerzo, con un adecuado rendimiento y con una correcta coordinación fonoespiratoria.

Creemos que la eficacia del método Cimardi para la reeducación de la voz, en el caso de disartria, se ha puesto de manifiesto tras los resultados obtenidos. El hecho de haber alcanzado esta conclusión en el presente estudio resulta fundamental porque demuestra la utilidad de las técnicas de procesado digital de señales como

herramienta para objetivar ciertos aspectos de la producción de voz que tradicionalmente se ha analizado de forma subjetiva.

## REFERENCIAS

- Alonso Hernández, J. B., Travieso González, C. M., Ferrer Ballester, M. Á., y Godino Llorente, J. I. (2008). *La evaluación acústica del sistema fonador*. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Alonso, J. B., Ferrer, M. A., de León, J., y Travieso, C. M. (2006). Cuantificación de la calidad de la voz para su evaluación clínica por medio del análisis acústico. *IV Jornadas en Tecnología del Habla*, 203-208.
- Audacity, editor de audio libre (2015). [Programa de ordenador]. Disponible en <http://audacity.es/>
- Boersma, P., y Weenink, D. (2015). *Praat: doing phonetics by computer* [programa de ordenador]. Disponible en <http://www.praat.org>
- Bustos, I. (2003). *La voz. La técnica y la expresión*. Badalona: Paidotribo.
- Calvo-Manzano Ruiz, A. (1993). *Acústica físico-musical*. Madrid: Real Musical-Carrisch.
- Canuyt, G. (1958). *La voz: Técnica vocal. Tomo 1*. Buenos Aires: Librería Hachette.
- Cobeta, I., Núñez, F., y Fernández, S. (2013). *Patología de la voz*. Madrid: Marge.
- Huckvale, M. (2015) *ESection. Windows Tool for Spectral Cross-sections*. UCL Psychology and Language Sciences. Disponible en <http://www.phon.ucl.ac.uk/resource/sfs/esection/>
- Le Huche, F., y Allali, A. (1993). *La voz. Tomo 2*. Barcelona: Masón.
- Santana López, M. Z. (2015). *Análisis acústico de la emisión vocal a través de un elemento resonador: Pantalla de Celofán* [Tesis doctoral]. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.