

ANÁLISIS ACÚSTICO DE LA VOZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
DIFERENCIAS FORMÁNTICAS ENTRE HOMBRES Y MUJERES
CISGÉNERO: UN ESTUDIO EXPLORATORIO
ACOUSTICAL ANALYSIS OF VOICE FOR THE IDENTIFICATION OF
FORMANTIC DIFFERENCES BETWEEN CISGENDER MEN AND WOMEN:
AN EXPLORATORY STUDY

Olga Moreno Jiménez, Anna Taboada Jaume, Andreu Sauca i Balart
morenojimenezolga@gmail.com, ataboadajaume@gmail.com, Andreu.Sauca@uab.cat

Grado en Logopedia

Análisis acústico de la voz, Universidad Autónoma de Barcelona

[UAB, Curso: 2019-2020]

Resumen

La voz es una variable implicada en el proceso de cambio de identidad de las personas transgénero, en el cual se espera que tanto la imagen física como la vocal casen con el género sentido. El colectivo de mujeres transgénero presenta mayores dificultades en alcanzar dicho objetivo, ya que la terapia hormonal no resulta del todo efectiva como en el caso de los hombres. Actualmente, la intervención logopédica se centra en el aumento de la frecuencia fundamental (F0), aunque la evidencia científica es aún limitada en relación con otros parámetros acústicos. El objetivo de este estudio es explorar la implicación de los formantes de las vocales en la configuración del género de la voz. A tal fin, se grabaron las voces de 100 sujetos cisgénero (50% mujeres, 50% hombres) y se realizó un análisis acústico de los datos. Los resultados muestran que, los formantes F3 y F4 presentan de media un tono más agudo en las mujeres, incluso cuando se comparan voces de género diferente con una F0 similar. Se concluye que F4 arroja resultados prometedores sobre su implicación en la configuración del género de la voz.

Palabras clave: Voz, transgénero, feminización, formantes, análisis acústico.

Abstract

The voice is a variable involved in the process of identity change in transgender people, in which it is expected that both the physical and the vocal image match the felt gender. Transgender women collective present more difficulties to achieve this goal, since the hormonal therapy does not turn out completely effective as in the case of men. Currently, speech therapy intervention focuses on the increase of fundamental frequency (F0), but scientific evidence is still limited concerning other acoustic parameters. This study aims to explore the involvement of vowel formants in the configuration of the voice gender. For this purpose, one hundred voices of cisgender subjects (50% women, 50% men) were recorded and acoustic analysis of the data was carried out. Results show that formants F3 and F4 have a higher average in women, even when voices of different gender are compared. It is concluded that F4 produces promising results on its implication in the configuration of the voice gender.

Key words: Voice, transgender, feminization, formants, acoustic analysis.

Introducción

La voz es el sonido producido en los pliegues vocales (PPVV), el cual sirve como modo de expresión subjetiva propia de cada persona que permite diferenciarnos como seres humanos (Angulo, 2015; Mills y Stoneham, 2017). En este sentido, la voz nos identifica y nos distingue otorgando cuerpo sonoro a nuestra identidad. Asimismo, como herramienta para la comunicación oral-verbal y la expresión emocional (Mills y Stoneham, 2017), la voz nos introduce en el universo de lo social y cultural. Consecuentemente, su alteración puede provocar un sentimiento de aislamiento social impactando negativamente en la calidad de vida (Morrison et al., 1996).

En el campo de la rehabilitación de la voz, los logopedas se abocan no solo a aspectos patológicos, sino también a las cualidades expresivas y a las estrategias comunicacionales (Angulo, 2015). En el caso del abordaje de las personas transgénero, es decir, aquellas que se diferencian del género binario y de su rol asignado en la sociedad (Astudillo, 2016), la práctica clínica presenta un desafío respecto a la feminización de la voz. Este colectivo, particularmente el de las mujeres transgénero (persona que al nacer se le asigna el género masculino y hace una transición al género femenino), suele expresar frustración cuando su imagen física y vocal no casan con el género sentido (Sauca i Balart, 2018; Dahl y Mahler, 2019). Cabe señalar, que en el caso de los hombres transgénero (persona que al nacer se le asigna el género femenino y hace una transición al género masculino) el tratamiento hormonal suele ser suficiente para el cambio de la voz (Jackson-Menaldi, 2002; Mills y Stoneham 2017).

Para Jackson-Menaldi (2002), el problema asociado con la voz en mujeres transgénero radica en que la frecuencia fundamental (F0) producida es inapropiada, pues presenta un timbre más grave que en mujeres cisgénero. En concordancia, la estrategia clínica para feminizar la voz de estas pacientes se basa principalmente en la agudización de su F0, ya sea mediante la intervención quirúrgica (IQ), la terapia logopédica o la combinación de ambas (Scherer, 1991, citado en Anderson, 2014; Angulo, 2017; Palmer, Dietsch y Searl, 2012,

citado en Schwarz et al., 2018). Sin embargo, y de acuerdo con Sauca i Balart (2018), la experiencia clínica demuestra que, aunque el aumento en la frecuencia de vibración de la F0 se ha observado vinculada a la feminización de la voz, no todas las mujeres transgénero logran adoptar la voz deseada durante el tratamiento. De este modo, el autor propone que pudiera haber otros factores implicados en la configuración del género de la voz, es decir, en la definición de la voz como femenina o masculina.

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) propone indagar qué otros parámetros acústicos influyen en el género de la voz. De acuerdo con la revisión bibliográfica diversos estudios han basado sus investigaciones en los formantes, específicamente los formantes F1, F2 y F3, como posibles implicados en el género de la voz (Gelfer y Mikos, 2005; Hillenbrand y Clark, 2009; Gelfer y Bennett, 2013; Poon y Ng, 2015; Kawitzky y McAllister, 2018; Dahl y Mahler, 2019). No obstante, los resultados obtenidos han sido inconsistentes y no han alcanzado un consenso.

El objetivo de este TFG es explorar, a través de una aproximación de campo, la implicación de los cinco primeros formantes de las vocales en la configuración de la voz de mujeres y hombres, a fin de identificar los parámetros acústicos involucrados en la definición de género de la expresión sonoro-vocal. Se focalizará especialmente en los formantes F3, F4 y F5, de los cuales la evidencia científica es aún limitada. Asimismo, se espera que los resultados obtenidos enriquezcan el campo de estudio y sienten las bases para futuras investigaciones basadas en ensayos clínicos controlados. Todo ello, con el fin de desarrollar estrategias de intervención eficaces para la rehabilitación logopédica de la voz en personas transgénero, favoreciendo así su autopercepción, aceptación y calidad de vida.

1. Marco teórico

1.1. Estado del arte

De acuerdo con la literatura, la evidencia sobre la influencia de los formantes en la configuración de una voz como femenina o masculina es aún ambigua (Dahl y Mahler, 2019). De hecho, algunos autores afirman que la F0 es el

elemento clave en la definición del género de la voz (Gelfer y Mikos, 2005; Hillenbrand y Clark, 2009; Poon y Ng, 2015). Sin embargo, un estudio señala que, a pesar de la relevancia de la F0, este hecho aislado es insuficiente para percibir una voz como femenina o masculina (Schwarz et al., 2018). De igual manera, otros autores han concluido que existe una relación entre la frecuencia de los formantes y el género del hablante (Gelfer y Bennett, 2013; Sundberg, 1974, citado en Rigol y Romero, 2015). Kawitzky y McAllister (2018) defienden la importancia del segundo formante en la configuración del género en la voz. De igual importancia, la relación entre la F0 y los formantes no siempre se muestra estable, ni en todos los hablantes ni en todas las lenguas (Pépiot, 2012; Rigol y Romero, 2015).

Los estudios publicados hasta la fecha sobre el análisis de voces de mujeres transgénero se focalizan principalmente en los formantes F1, F2 y F3 (Hillenbrand y Clark, 2009; Gelfer y Mikos, 2005; Poon y Ng, 2015), incluso algunos únicamente observan F1 y F2 (Dahl y Mahler, 2019). En un estudio realizado por Gelfer y Mikos (2005), se observa que la media de los tres primeros formantes de este colectivo se asemeja más a la de los hombres que a la de las mujeres cisgénero.

En cuanto al estudio de la relación entre los formantes F4 y F5 y el género de la voz, Rodríguez y Torres (2018) demuestran la importancia de dichos formantes como parámetros definitorios de este. Por su parte, el formante F5 ha sido abordado en el trabajo de Cao y Dellwo (2019), en el cual se concluye que la frecuencia de F5 no es posible de medir en todos los casos.

En conclusión, a pesar de que la literatura es escasa en relación con los estudios realizados en poblaciones hispanohablantes, en un estudio acerca de las características acústicas en el español rioplatense de los cuatro primeros formantes en las cinco vocales del español (Aronson, Furmansli, Rufiner y Estienne, 2000), se observa que los formantes F2, F3 y F4 presentan un timbre más agudo en las mujeres, mientras que el formante F1 varía en función de la vocal.

1.2. Marco conceptual

Género

Aunque algunos autores utilizan los conceptos de transexualidad y transgénero como sinónimos (Benjamin, 1966; Wolff, 1977, citado en Anderson, 2014), otros apuntan que son diferentes, considerando el primero como un grupo de personas cuyo sexo físico no se corresponde con el sexo sentido y el segundo como aquellos individuos que se diferencian del género asignado (Astudillo, 2016; Ruiz, Basterra, Toni y Chueca, 2017). Asimismo, es importante diferenciar el término *sexo* de *género*, entendiendo el primero como las diferencias anatómicas y físicas que nos permiten distinguir entre una mujer y un hombre, y el segundo como el *sexo social* de la persona, construido a partir de la influencia del entorno y la educación (Astudillo, 2016). Por otro lado, el término *femenino* hace referencia a los aspectos pertenecientes o relativos a la mujer y el *masculino* a todos aquellos relacionados con el varón (Real Academia Española [RAE], 2019). En este TFG se usará el término *transgénero*, ya que se considera el más inclusivo.

Cabe destacar que recientemente la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018) ha sustituido el término *transexualidad* por *incongruencia de género*, un cambio relevante que pretende despatologizar esta condición para que deje de ser catalogada como una afección mental. En el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V), se desestimó en el año 2013 el trastorno de identidad de género, que presentaba la transexualidad como una enfermedad mental (Angulo, 2015).

Se estima que la incidencia de la transexualidad oscila entre el 0,14 y el 0,26 por cada 100.000 habitantes/año en la mayor parte del mundo, aunque se requiere de datos actualizados y precisos (Hoening y Kenna, 1974; Tsoi, 1988; Weitze y Osburg, 1996, citado en Domínguez, García y Hombrados, 2011).

La voz

La voz se produce gracias al aparato fonatorio, el cual se estructura en dos partes fundamentales, la fuente o pliegues vocales (PPVV) y el filtro o tracto vocal (Mills y Stoneham, 2017). De

este modo, los PPVV se encargan de producir una señal en forma de F0 (Farías, 2007, citado en Aguirre y Otero, 2016). Desde el punto de vista anatómico, la laringe de los hombres es de mayor tamaño que la de las mujeres. Presentan unos PPVV más largos, unas cavidades faríngeas más grandes (Morrison et al., 1996) y un menor ángulo del cartílago tiroides (Angulo, 2017). Por esta razón, la F0 masculina será menor que la femenina.

Según Van Borsel y Baeck (2014), el valor de la F0 en las mujeres se encuentra entre 145 a 275 Hz, en cambio, la F0 en hombres puede variar entre 80 y 165 Hz. Por lo tanto, ambos géneros comparten una franja de valores de la F0, de 145 a 165 Hz, donde es más difícil diferenciar una voz masculina de una femenina. Diversos investigadores defienden que, para desarrollar una voz femenina, las mujeres transgénero necesitan una F0 entre 155 y 185 Hz (Hirsch y Gelfer, 2012).

Feminización de la voz

La feminización de la voz consiste en el proceso por el cual se busca cambiar la imagen vocal y adecuarla al género sentido, en este caso el femenino (Sauca i Balart, 2018). Para alcanzarla se puede optar por la IQ, la terapia logopédica o la combinación de ambas (Scherer, 1991, citado en Anderson, 2014; Angulo, 2017; Palmer, Dietsch y Searl, 2012, citado en Schwarz et al., 2018).

Las cirugías utilizadas para la feminización de la voz suelen centrarse en la manipulación de la F0 a partir de la modificación de la tensión, la masa o la longitud de los PPVV (Scherer, 1991, citado en Anderson, 2014). Autores como Casado y Maraví (2017) abogan por la Glotoplastia de Wendler combinada o no con la técnica *Laser-Assisted Voice Adjustment* (LAVA), la cual consiste en el acortamiento y la disminución de la masa de vibración de los PPVV, ya que se ha demostrado que dicha intervención puede ser muy útil para agudizar el tono. Esto se lleva a cabo mediante la desepitelización del borde libre y la superficie superior e inferior del tercio anterior de ambos PPVV. Finalmente, se suturan para así volver a tener forma de V. A pesar de que se obtienen unos resultados óptimos en cuanto a la agudización, la calidad de la voz se

ve afectada (Angulo, 2015), por lo que se recomienda la rehabilitación logopédica previa y posterior a la cirugía, a fin de disminuir los efectos adversos (Palmer, Dietsch y Searl, 2012, citado en Schwarz et al., 2018). Según la logopeda M. Jordana, la combinación de cirugía y rehabilitación logopédica proporciona resultados más satisfactorios acústicamente (M. Jordana, comunicación telemática, 7 de abril de 2020).

Asimismo, existen otro tipo de intervenciones, como la cirugía completa de laringe, que pretende ser más efectiva que la anterior, aunque implica una mayor cantidad de cambios en el aparato fonatorio (Thomas, 2015). Por otro lado, existe la aproximación cricotiroides, aunque se está dejando de utilizar paulatinamente debido a su baja eficacia (Matai, Cheesman y Clarke, 2003; Yang et al., 2002, citado en Anderson, 2014).

En cuanto a la intervención logopédica, los tres elementos claves son la reducción de la fuerza de cierre cordal, el incremento de las sensaciones de resonancia craneal y facial y la creación de un espacio supraglótico más pequeño (M. Jordana, comunicación telemática, 7 de abril de 2020). En general, la terapia suele estar centrada en la agudización del tono y en el trabajo del ámbito no verbal, el cual comprende aspectos como el vocabulario empleado, el tipo de oraciones, la *kinesia*, el contacto ocular, la entonación, la articulación y la calidad vocal (Angulo, 2015; Mills y Stoneham, 2017). Sin embargo, algunos de estos aspectos no siempre están claramente relacionados con un aumento de la feminidad en el discurso (Dahl y Mahler, 2019).

Otras técnicas útiles a tener en cuenta en la terapia logopédica son el redondeamiento de los labios y la sonrisa (Mills y Stoneham, 2017). De igual manera, la reducción de los armónicos graves, el mantenimiento de una intensidad constante durante el discurso y el aumento de la extensión vocal. Además, también es recomendable potenciar los armónicos agudos, a fin de modificar F4 y F5, con ejercicios de resonancia craneal y facial (M. Jordana, comunicación telemática, 7 de abril de 2020).

Las mujeres transgénero tienden a “feminizar” su voz antes de recibir cualquier intervención

mediante el uso del *falsetto*, pudiendo llegar a ser contraproducente, sobre todo cuando no hay conocimiento de cómo hacerlo correctamente. Por esta razón, pueden acudir al logopeda por fonotraumas debido a un mal uso de la voz (Adler y Antoni, 2012) lo que implica realizar la rehabilitación de esta, así como seguir pautas de higiene vocal (Mills y Stoneham, 2017).

Además, también es recomendable abordar los aspectos psicoemocionales durante el proceso de tratamiento, diseñando estrategias personalizadas de acuerdo con las necesidades de cada paciente (M. Jordana, comunicación telemática, 7 de abril de 2020).

1.3. Marco metodológico

Análisis acústico de la voz

Tal y como indican Casado y O'Connor (2017), el análisis acústico de la voz en incongruencia de género incluye los siguientes parámetros. En primer lugar, se mide la F0 expresada en Hz. Luego, se suele analizar la intensidad, es decir, la amplitud de la vibración de los PPVV (Angulo, 2015). Además, se miden el *jitter* o perturbación de la frecuencia y el *shimmer* o perturbación de la intensidad, los cuales se expresan en tanto por ciento. Finalmente, se estudia el HNR o ruido espectral, el cual se define en dB. Estos tres últimos parámetros son fundamentales para determinar si existe alguna patología de la voz, además de permitir observar diferencias entre mujeres y hombres (Delgado, León, Jiménez e Izquierdo, 2017).

Formantes

El timbre es un parámetro de la voz que depende de las características del aparato fonador y/o vocal de cada persona (Rigol y Romero, 2015). Después de la vibración de los PPVV y, por ende, la emisión de un sonido vocal primario, este se ve realizado por el filtro en forma de ciertas frecuencias o *formantes* (Farías, 2007, citado en Aguirre y Otero, 2016). Los valores de estos formantes no son rígidos, pues dependen en gran medida de la persona (Godino y Gómez, 2013), ya que son influenciados por las cavidades anatómicas y pueden ser manipulados

y controlados por cada individuo (Kawitzky y McAllister, 2018).

Existe un número infinito de formantes. Sin embargo, los dos primeros (F1 y F2) cuentan con mayor evidencia con relación a su implicancia para la identificación de vocales. (Nuñez y Suárez, 1999). F1 depende de la colocación de la lengua y de la forma de la cavidad faríngea, y es el encargado de controlar la amplitud del sonido. En cambio, F2 da inteligibilidad a este y su valor se ve afectado según la posición de la lengua. Por otro lado, se encuentran F3, F4 y F5, también conocidos como *formantes del cantante*, los cuales pueden obtener un alto pico espectral, pues aportan energía a la voz (Gracida y Orduña, 2011). Por consiguiente, entran dentro de la llamada zona de mordiente o brillantez de la voz, la cual se relaciona con la región de máxima sensibilidad auditiva en los humanos (Rigol y Romero, 2015). F3 depende de las dimensiones de la cavidad que se forma delante del ápex lingual, de modo que cuanto más pequeña sea esta, más agudo será el formante. Las frecuencias de los formantes F4 y F5 varían según la dimensión del tracto vocal.

Vocales

Según Byron (s.f.), la [i] es la vocal anterior alta y se caracteriza por una mayor aproximación entre la punta de la lengua y el paladar, así como por la retracción de los labios. Los dos primeros formantes están muy separados, pero cuanto más alto se encuentra el segundo más aguda es la vocal.

Por otro lado, la [e] es la vocal anterior media e implica la elevación de la lengua hacia el paladar de manera más discreta, así como una menor retracción labial. Esta también es una vocal aguda, puesto que F2 y F3 son cercanos.

En cuanto a la [a], es la vocal central baja, ya que la lengua permanece próxima al suelo de la boca mientras la mandíbula desciende. A diferencia del resto de vocales, esta es neutra, puesto que no es ni grave ni aguda.

La [o] es la vocal posterior media, dado que la lengua se eleva en la parte trasera de la cavidad bucal hacia el velo del paladar. En este caso, en el análisis acústico se comprobará que F2 se

aproxima a F1, puesto que se trata de una vocal grave.

Por último, la [u] es la vocal posterior alta, ya que en su articulación se produce una elevación máxima de la lengua hacia la parte trasera de la cavidad bucal. Cabe destacar que se trata de una vocal difusa porque su F1 es bajo.

En cuanto al análisis acústico de las vocales, Quilis y Esgueva (1983), citado en Llisterri (2000), proponen los siguientes valores para los formantes F1 y F2 en las vocales en español peninsular.

Tabla 1. Valores de F1 y F2 en la producción de las vocales en español peninsular.

	F1	F2
[i]	240,58	2828,25
[e]	481,5	2214
[a]	665,9	1179,16
[o]	510,75	994,5
[u]	236,25	627,75

Nota: Adaptado de *Las características acústicas de los elementos segmentales*, de A. Quilis y M. Esgueva, 1983, citado por J. Llisterri, 2000, Recuperado de http://li-ceu.uab.cat/~joaquim/phonetics/fon_anal_acus/ca-ract_acust.html. Creative Commons Attribution.

2. Hipótesis y objetivos

2.1. Hipótesis

La hipótesis de este estudio propone que los formantes F1, F2, F3, F4 y F5 difieren en mujeres y hombres estando de este modo implicados en la definición del género de la voz, produciendo la agudización del timbre a mayor frecuencia de vibración y, con ello, la configuración feminizada de la voz.

2.2. Objetivos

El objetivo general de este estudio consiste en explorar la intervención de los cinco primeros formantes de las vocales (F1, F2, F3, F4, F5) en la configuración de la voz de mujeres y hombres cisgénero, a fin de identificar los parámetros acústicos involucrados en la definición de género de la expresión sonoro-vocal.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Registrar y medir en Hz los primeros cinco formantes de las vocales en la voz de personas cisgénero.
- Identificar y describir las diferencias formánticas de las voces de mujeres y hombres.
- Comparar las voces de mujeres y hombres cisgénero con una F0 semejante.
- Detectar la implicación de los formantes F3, F4 y F5 en la expresión sonoro-vocal de mujeres y hombres.

3. Metodología

3.1. Diseño del estudio

El diseño aplicado al presente TFG consiste en un estudio observacional de campo de tipo exploratorio y metodología mixta, en el cual se utilizarán tanto datos cuantitativos como cualitativos. El diseño seleccionado responde a que no existe suficiente evidencia científica que describa la relación entre la frecuencia de los formantes y el género de la voz (Casal y Mateu, 2003). Asimismo, se trata de un estudio de corte transversal dado que pretende brindar información sobre la relación existente entre dos variables en un punto concreto del tiempo y sin seguimiento de la muestra (Donis, 2013).

3.2. Población

Los sujetos reclutados para la muestra de este estudio incluyen hombres y mujeres de la comunidad autónoma de Cataluña. En su gran proporción, pertenece al contexto universitario.

Los criterios de inclusión son: (1) edad entre 18 y 40 años, (2) apariencia cisgénero, (3) dominio oral y escrito de la lengua española, (4) participación voluntaria, (5) convenir el consentimiento informado.

Por su parte, los criterios de exclusión son: (1) no pertenecer al rango de edad mencionado, (2) personas transgénero, (3) no dominar la lengua española, (4) presentar patología vocal o IQ de PPVV, (5) disentir con el consentimiento informado.

3.3. Muestreo y reclutamiento

Al tratarse de un estudio exploratorio, no se requiere de un cálculo muestral (Aguilar, 2005), por lo que se ha propuesto para este estudio una

muestra de 100 personas (un 50% sean mujeres y un 50% hombres) a fin de garantizar la variabilidad de los datos. Con respecto a la metodología de muestreo, se ha utilizado el método por conveniencia, ya que la selección de los participantes ha sido a través de métodos no aleatorios, para así asegurar que sus características sean similares a las de la población objetivo (Casal y Mateu, 2003).

Por otro lado, el reclutamiento fue llevado a cabo desde diciembre de 2019 hasta febrero de 2020. Los potenciales participantes fueron contactados personalmente en la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), aunque también se ha contado con personas externas a este ámbito para lograr alcanzar el objetivo muestral propuesto.

3.4. Variables e instrumentos

La variable independiente y primaria de este estudio consiste en los formantes (F1, F2, F3, F4, F5). Estos se medirán a partir de la producción sostenida de las cinco vocales del español. Para evitar el sesgo en la producción de la [e] y la [o] en aquellas personas que dominaban el español

y el catalán, puesto que esta última también incluye la [ɛ] y la [ɔ], se solicitó a los participantes de manera explícita la producción de [e] y [o]. La variable dependiente, o variable resultado, es la feminización de la voz. En la tabla 2 se detallan las variables.

En cuanto a las variables secundarias, se han tomado en consideración las propuestas en el estudio de Schwarz et al. (2018). Estas se dividen en variables sociodemográficas y clínicas. Las sociodemográficas incluyen el género, la edad y la lengua materna (L1). Por su parte, las clínicas incluyen los hábitos y antecedentes de tabaquismo y/o consumo de alcohol, la presencia de Reflujo Gastroesofágico (RGE), la presencia de ovarios poliquísticos en las mujeres, los antecedentes de patología vocal y/o cirugía del aparato fonatorio, la reeducación de la voz previa y/o técnica vocal y el uso profesional de la voz. Para su recolección, se desarrollaron dos cuestionarios *ad hoc* (Anexo 2) con preguntas específicas y correspondientes a cada tipo de variables, los cuales fueron administrados a los participantes de forma oral.

Tabla 2. Variables e instrumentos de recogida de datos.

Variables		Tipo de variable	Instrumentos	
Primaria	Parámetros acústicos	F1	Grabaciones de audio de las emisiones sonoras de las cinco vocales estudiadas	
		F2		
		F3		
		F4		
		F5		
Secundaria	Sociodemográficas	Edad	Cuestionario <i>ad hoc</i> de recogida de datos sociodemográficos	
		Género		
		L1		
	Clínicas	Tabaquismo	Categoría dicotómica	Cuestionario <i>ad hoc</i> de recogida de datos clínicos
		Consumo de alcohol		
		RGE		
		Ovarios poliquísticos		
		Patología vocal		
		IQ		
		Reeducación de la voz		
		Técnica vocal		
Uso profesional de la voz				

Para terminar, se llevó a cabo una entrevista estructurada online, con preguntas de respuesta abierta (Anexo 3) a M. Jordana, dedicada al abordaje logopédico de personas transgénero, a

fin de recoger datos cualitativos que enriquecieran la comprensión de la temática estudiada.

3.5. Materiales

Se realizaron grabaciones de audio a partir de un micrófono digital ZOOM HR4n conectado a un ordenador MacBook de 12" y colocado sobre un trípode Hama Star 05 de 106.5 cm de aluminio con cabeza 3D para respetar la distancia entre el sujeto y el micrófono.

Para el análisis de las vocales, se utilizó el programa Praat en la versión 5.3.55, ya que permite analizar, sintetizar y manipular el habla (Boersma y Van Heuven, 2001).

Por otro lado, se cuenta con un cuestionario para la recogida de las variables sociodemográficas y clínicas en formato digital (Anexo 2), así como también con un consentimiento informado (Anexo 1), el cual fue leído a los participantes. Finalmente, se realizó la entrevista estructurada a la logopeda vía correo electrónico (Anexo 3), la cual incluía el consentimiento informado.

3.6. Procedimientos

En primer lugar, se citaron a los sujetos que aceptaron participar de manera voluntaria en el estudio, en grupos de máximo dos personas. La recolección de datos tuvo lugar en la sala de reuniones de la Facultad de Psicología de la UAB, para respetar el silencio y minimizar el ruido ambiental durante el proceso. Primeramente, se informó a los participantes de las características del estudio y del procedimiento a seguir. Asimismo, y para poder continuar, se leyeron las condiciones del consentimiento informado (Anexo 1). A continuación, se procedió a la administración de los cuestionarios sobre datos sociodemográficos y clínicos de manera oral.

Por último, se procedió a la realización de las grabaciones de audio correspondientes durante las cuales se solicitó a los informantes la emisión oral de las cinco vocales sostenidas. A fin de subsanar los posibles sesgos de la grabación de audio, se tomaron tres muestras de cada una de las vocales. Con el fin de respetar los derechos de privacidad de los participantes y garantizar la anonimidad, se asignó a cada grabación un código alfanumérico combinando un

número aleatorio, el género del informante, el nombre de la vocal y el número de grabación.

Por su parte, los datos sociodemográficos y clínicos recogidos fueron volcados en una base de datos en el programa Excel en el cual se utilizó el mismo sistema de codificación antes mencionado.

Por otro lado, se envió vía e-mail la entrevista a la profesional *M. Jordana* (Anexo 3), así como el consentimiento informado.

3.7. Método de análisis

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las características sociodemográficas y clínicas de la muestra.

Seguidamente, se obtuvieron las frecuencias en Hz de los formantes de las vocales a partir del Praat. Para ello, se utilizó la opción *Formant Settings*, la cual se encuentra en la ventana *Formant*. Se ajustó el valor máximo del rango frecuencial en el que se efectuaría el análisis, mediante la opción *Maximum Formant* (Llisterri, 2020). Se tuvo como referencia las recomendaciones de Boersma y Weenink (2011) sobre el uso de 5500 Hz en el caso de las mujeres y 5000 Hz en los hombres. Dado que en este estudio se pretenden observar frecuencias por encima de los 5000 Hz en ambos casos, se ajustó el parámetro a 5500 Hz en los dos grupos. A continuación, se procedió a la visualización de los formantes en el espectrograma mediante la opción *Show formants*, la cual forma una línea de puntos rojos que define los formantes seleccionados. Siguiendo las recomendaciones de Román (2008) no se consideraron como formantes aquellos puntos rojos que no formaban una continuidad en la dirección del trazo. Se buscaron los valores de los cinco primeros formantes, mediante la opción *Get Formant* (Llisterri, 2020). Si durante el análisis de las vocales se obtuvieron frecuencias que no concordaban con las propuestas por Quilis y Esgueva (1983) (tabla 1), se procedió a la búsqueda manual de las mismas en el espectrograma y en el espectro de frecuencias.

En cuanto a la F0, esta se obtuvo de la media de las cinco vocales, seleccionando la opción *Show Pitch* en la ventana *Pitch*.

En cuanto al análisis, se realizó un estudio descriptivo de los formantes a partir de los valores obtenidos, en función del género y la vocal, intragrupo e intergrupo. Posteriormente, se analizó la relación entre la F0 y los formantes. Por otro lado, se procedió a comparar los formantes de ambos géneros estudiados con una F0 similar.

Además, se realizó un análisis cualitativo del contenido de la entrevista realizada, extrayendo aquellos temas que resultaran de interés para comprender la relación entre los formantes y la feminización de la voz en la terapia con mujeres transgénero.

4. Consideraciones éticas

Para la implementación de este estudio exploratorio se han seguido las directrices éticas para la investigación propuestas en el Código de Ética Profesional publicado por el Colegio de Logopedas de Cataluña (2003). Consecuentemente, todos los participantes fueron debidamente informados de los objetivos del estudio, así como del alcance y diseminación de los resultados previamente a la recolección de datos. Asimismo, se garantizó la anonimidad y confidencialidad de la manipulación de los datos. A pesar de que en dicho código se especifica que el otorgamiento del consentimiento informado debe ser entregado preferentemente por escrito, en este caso se ha optado por facilitarlo de manera oral a todos los sujetos que han formado parte del estudio, sin haber sido posible recoger firmas, a fin de minimizar los tiempos de espera entre participantes.

Por último, los datos recogidos no serán compartidos en ninguna fuente de datos externa y serán utilizados exclusivamente con fines de investigación y educacionales para la realización del presente TFG.

5. Resultados

La muestra incluye un total de 100 sujetos (50% mujeres y 50% hombres). En la tabla 3 se detallan los resultados del análisis descriptivo de la muestra. Respecto a la media de edad general, se ha calculado que es de 22,7 años, siendo de 22,4 para las mujeres y de 22,9 para los hombres. Como se puede comprobar se trata de una

muestra homogénea, pues ambos grupos obtienen medias de edad similares. En la estratificación por rangos de edad, se ha observado que un mayor porcentaje de participantes (54%) se sitúa entre los 21-25 años, lo que corresponde al 34% del grupo de las mujeres y el 20% del de los hombres. Además, la muestra incluye más hombres entre 18-20 años que mujeres, con una diferencia del 9%.

Seguidamente, del total de los participantes, un 79% de personas manifiestan que su L1 es la lengua española, de los cuales un 23% de las mujeres la consideran su única L1 frente a un 34% de los hombres. Por otro lado, un 31% del total de la muestra consideran el catalán su L1, siendo el porcentaje similar tanto en mujeres como en hombres y contribuyendo, de este modo, en la homogeneidad de la muestra.

En cuanto a las variables clínicas, se observa que ambos grupos de estudio comparten resultados similares referente a hábitos tóxicos. De este modo, el 21% de las personas de la muestra reportan fumar en la actualidad, siendo cercano el porcentaje en ambos grupos. Cabe destacar que un 6% de las mujeres declararon tener antecedentes de tabaquismo, mientras que no fue así en el caso de los hombres. Por otro lado, un 31% de los participantes manifiestan consumir alcohol, lo que corresponde al 15% del grupo de mujeres y el 16% del grupo de los hombres. Por otro lado, con relación a la presencia de patología, un 8% de la muestra padecen RGE, y un mismo porcentaje de mujeres presentan ovarios poliquísticos.

En relación con la voz, cabe destacar que, a pesar de que un mayor número de hombres hace un uso profesional de la voz (29%) con respecto a las mujeres (12%), son ellas las que tienen mayor tendencia a haber padecido patología vocal. De este modo, sobre el total de la muestra, un 3% de las mujeres comentan antecedentes de dicha patología, frente a un 1% de los hombres. Por otro lado, un 11% de personas refieren antecedentes quirúrgicos en áreas anexas al aparato fonatorio, aunque no de los PPVV. Para finalizar, el 4% de los participantes (50% hombres y 50% mujeres) comentan haber realizado reeducación de la voz en el pasado. Además, un 15% de los informantes han realizado técnica

vocal o continúan haciéndolo en la actualidad. Cabe destacar que los porcentajes son similares tanto en ambos grupos de estudio en cuanto a

reeducación de la voz y técnica vocal, como se puede comprobar.

Tabla 3. Resultados del análisis descriptivo de la muestra.

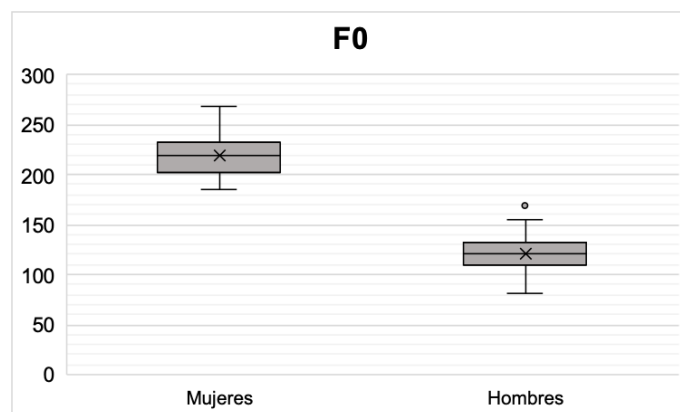
		Total de la muestra N=100 (100%)	Mujeres n=50 (50%)	Hombres n=50 (50%)
Variables Sociodemográficas				
Edad (media)		22,66	22,4	22,9
L1 n (%)	Español	57 (57%)	23 (46%)	34 (48%)
	Catalán	31 (31%)	15 (30%)	16 (32%)
	Ambas	22 (22%)	12 (24%)	10 (20%)
Variables Clínicas n (%)				
Tabaquismo	Sí	21 (21%)	10 (20%)	11 (22%)
	No	79 (79%)	40 (80%)	39 (78%)
Alcoholismo	Sí	31 (31%)	15 (30%)	16 (32%)
	No	69 (69%)	35 (70%)	34 (68%)
RGE	Sí	8 (8%)	3 (6%)	5 (10%)
	No	92 (92%)	47 (94%)	45 (90%)
Ovarios poliquísticos	Sí	4 (4%)	4 (8%)	-
	No	46 (46%)	46 (92%)	-
Patología vocal	Sí	4 (4%)	3 (6%)	1 (2%)
	No	96 (96%)	47 (94%)	49 (98%)
IQ	Sí	11 (11%)	5 (10%)	6 (12%)
	No	89 (89%)	45 (90%)	44 (88%)
Reeducación de la voz	Sí	4 (4%)	2 (4%)	2 (4%)
	No	96 (96%)	48 (96%)	48 (96%)
Técnica vocal	Sí	15 (15%)	6 (12%)	9 (18%)
	No	85 (85%)	44 (88%)	41 (82%)
Uso profesional de la voz	Sí	41 (41%)	12 (24%)	29 (58%)
	No	59 (59%)	38 (76%)	21 (42%)

Con respecto al análisis de las variables correspondientes a los parámetros acústicos, en primer lugar, se pueden observar que los valores de F0 encontrados en mujeres y hombres son divergentes (figura 1). Se advierte que la F0 presenta un timbre más agudo en las mujeres que

en los hombres, pues ellas obtienen una media 219,1 Hz y un rango de confianza de entre 202,4 y 232,7 Hz, mientras que los varones presentan una media de 121 Hz y un rango de confianza de entre 109,6 y 131,4 Hz. Así pues, existen

aproximadamente 100 Hz de diferencia entre la media de F0 de los hombres y la de las mujeres.

Figura 1. Valores de F0 encontrados en mujeres y hombres.



A continuación, en la tabla 4 se presentan las medias obtenidas de los formantes de las vocales en función del género, así como las diferencias de dichas medias. De acuerdo con los datos, F3 y F4 presentan medias más agudas en las mujeres, con variaciones en función de la vocal. F1 no presenta una diferencia notoria entre los grupos de estudio. Por otro lado, F5 incluye resultados variables e inconsistentes.

En cuanto a la vocal [a], las medias de las frecuencias de los formantes han resultado ser más altas en las mujeres, especialmente en F3 y F4. Sin embargo, la media de F5 es ligeramente más alta en los hombres.

En las vocales [e] e [i] se puede observar como, a pesar de que las medias de F1 son similares en

ambos grupos, el resto de los formantes son más agudos en las mujeres, siendo F4 el más distante entre hombres y mujeres. Por otro lado, el valor de F5 en la vocal [e] es ligeramente más agudo que el de [i]. Cabe destacar que estas han sido las vocales con diferencias de media más notorias entre mujeres y hombres.

En cuanto a la vocal [o], la media de los cinco primeros formantes es mayor en las mujeres, aunque la media de F1 es similar en ambos grupos. Para la vocal [u], F1, F2, F3 y F5 son muy parecidos entre mujeres y hombres. Cabe destacar que la media de F4 es la única que presenta, en este caso, un mayor grado de diferencia entre ambos grupos.

Tabla 4. Medias de la frecuencia de los formantes en cada vocal para hombres y mujeres.

	Hombres					Mujeres					Diferencia de \bar{x} (M-H)				
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
[a]	750	1257	2635	3643	4554	902	1466	2989	4128	4538	152	209	354	485	-16
[e]	489	1957	2605	3583	4317	547	2268	2969	4177	4632	58	311	364	594	315
[i]	303	2295	2953	3669	4276	376	2673	3312	4222	4395	73	378	359	553	119
[o]	522	942	2683	3479	4442	546	1055	2952	3869	4671	24	113	269	390	229
[u]	369	774	2707	3636	4561	412	863	2783	3836	4633	43	89	76	200	72
\bar{x}	486,6	1445	2716,6	3602	4430	556,6	1665	3001	4046,4	4573,8	70	220	284,4	444,4	143,8

Nota 1: Valores expresados en Hz.

Nota 2: Los valores anómalos marcados con un asterisco en el Anexo 4 no se han tenido en cuenta en la realización de las medias. Las anomalías pueden deberse a su producción o a circunstancias ambientales.

Nota 3: El código de colores se corresponde con la siguiente interpretación:

Diferencia negativa / < 100 Hz / > 100 Hz < 250Hz / > 250 Hz < 400 Hz / > 400 Hz

En la tabla 5, se advierte que, en concordancia con lo observado previamente, las vocales [e] e [i] son las que obtienen una mayor diferencia de

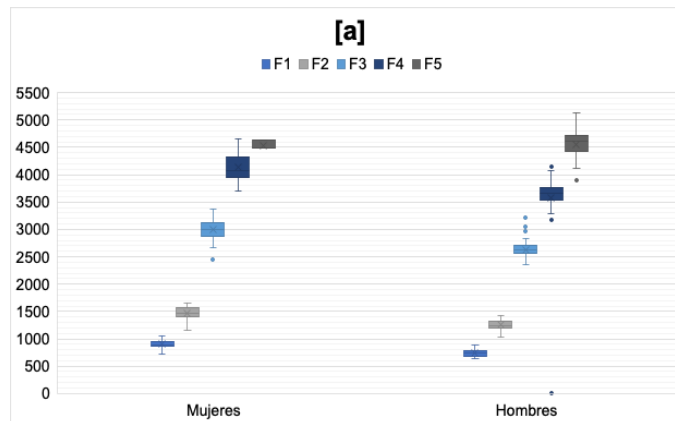
media por vocal, mientras que [u] es la que presenta una menor diferencia entre ambos grupos de sujetos.

Tabla 5. Obtención de la media por vocal en hombres y mujeres

	Hombres	Mujeres	Diferencia de \bar{x} por vocal
[a]	2567,8	2804,6	236,8
[e]	2590,2	2918,6	328,4
[i]	2699,2	2995,6	296,4
[o]	2413,6	2618,6	205
[u]	2409,4	2505,4	96

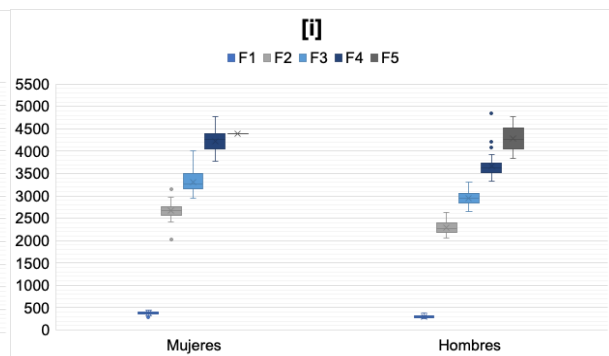
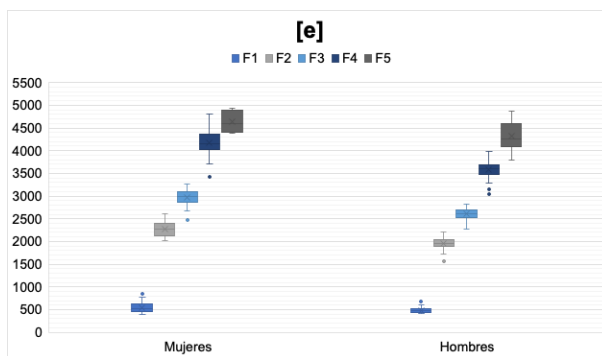
En la figura 2, se puede observar como las diferencias formánticas en la [a] aumentan a partir de F3, pronunciándose en F4. Sin embargo, F5

se mantiene similar en ambos grupos. Cabe destacar que las mujeres han obtenido resultados más dispares que los hombres.

Figura 2. Representación gráfica de los valores formánticos obtenidos en mujeres y hombres en [a].

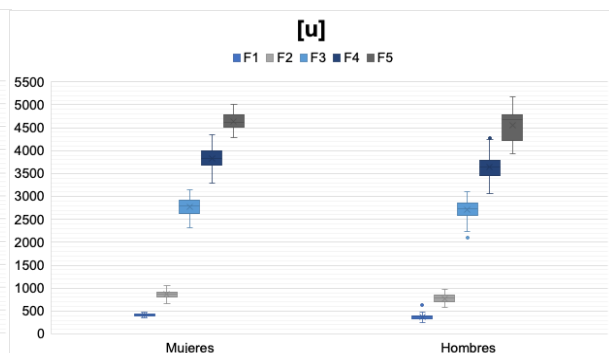
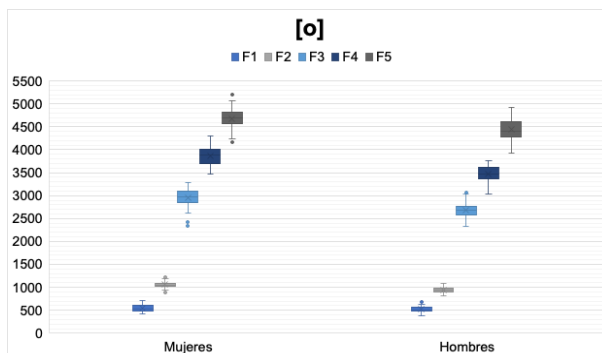
En la figura 3, se percibe como F2, F3 y F4 presentan un timbre más agudo en las mujeres. Por otro lado, en la vocal [i] únicamente un sujeto

presenta F5, mientras que en [e] se han obtenido cuatro frecuencias de este formante

Figura 3. Representación gráfica de los valores formánticos obtenidos en mujeres y hombres en [e] e [i].

En la figura 4, se advierte que, mientras que en la vocal [o] existen diferencias en los formantes F2, F3, F4 y F5 entre hombres y mujeres, los

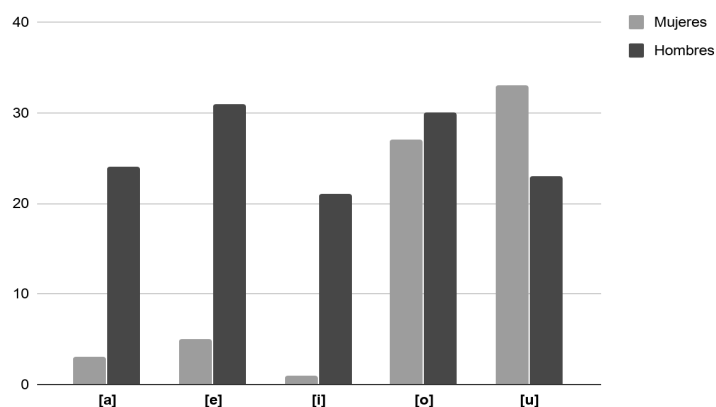
formantes de la vocal [u] guardan similitudes entre hombres y mujeres.

Figura 4. Representación gráfica de los valores formánticos obtenidos en mujeres y hombres en [o] y [u].

Por otro lado, durante el análisis se ha observado que F5 aparece de manera variable en función de la vocal y el género del hablante. En mujeres, este valor se obtiene en menor medida en las tres primeras vocales respecto a los

hombres. En la [o] los resultados son similares en ambos géneros estudiados. En cuanto a la [u], se observan más valores de este formante en las mujeres que en los hombres.

Figura 5. Valores de F5 encontrados en cada vocal en mujeres y hombres.



Seguidamente, en la tabla 6, se muestra el análisis de la relación entre la F0 y los formantes. Cabe destacar que mujeres con una F0 similar producen un F1 bastante diferente, mientras que otras con una F0 distinta presentan un F1 parecido. En el caso de las informantes 29M y

34M, las diferencias son variables en función del formante. Sin embargo, en el caso de 48M y 11M, todos los formantes de la vocal [o] en la primera están fuera del rango de confianza, no siendo así en el caso de la segunda, pues únicamente pasa en F1.

Tabla 6. Valores formánticos expresados en Hz para la vocal [o] en informantes femeninas con una F0 similar (29M y 34M) y con una F0 diferente (48M y 11M).

	F0	F1	F2	F3	F4	F5
\bar{x} (rango de confianza)		546 (485,5 - 615)	1055 (1019,5 - 1091)	2952 (2843,5 - 3094,5)	3869 (3708 - 4005)	4671 (4574 - 4809)
29Mo	223	498	1039	3139	3950	4574
34Mo	223	713	1197	3033	3691	4734
48Mo	185	677	1122	3142	4179	-
11Mo	267	672	1061	3056	3896	4630

Nota 1: Se encuentran resaltados en color azul los valores que se encuentran fuera del rango de confianza.

En la tabla 7, se muestra la relación entre F0 y los formantes en voces masculinas. A pesar de que se observan diferencias en F1 en hablantes con una F0 similar, el resto de formantes se encuentran dentro del rango de confianza en

ambos casos. Por otro lado, F1 y F2 en sujetos con una F0 diferente son parecidas, aunque este hecho no se mantiene en el resto de formantes.

Tabla 7. Valores formánticos expresados en Hz para la vocal [o] en informantes femeninas con una F0 similar (12H y 33H) y con una F0 diferente (34H y 22H)

	F0	F1	F2	F3	F4	F5
\bar{x} (rango de confianza)		522 (485 - 558,5)	942 (893,75 - 977)	2683 (2581 - 2769,5)	3479 (3368,75 - 3609,25)	4442 (4270 - 4619,5)
12Ho	118	493	878	2707	3441	-
33Ho	118	601	974	2742	3593	-
34Ho	170	500	940	2789	3727	4920
22Ho	97	535	963	2663	3127	-

Nota 1: Se encuentran resaltados en color azul los valores que se encuentran fuera del intervalo de confianza.

Por último, se compararon las voces de sujetos de diferente género con una F0 similar. Como se puede observar en la tabla 8, a pesar de que algunos formantes son más agudos en el caso del sujeto masculino, las mayores diferencias

entre ambos géneros persisten en F3 y F4, formantes que, en general, son más agudos en el caso de la mujer. Por otro lado, se confirma que la F1 se mantiene constante en ambos géneros.

Tabla 8. Valores formánticos expresados en Hz de los informantes 34H y 48M con una F0 similar.

	34H					48M					Diferencia de \bar{x} (48M-34H)				
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
[a]	882	1370	2587	3643	4468	898	1387	3191	4400	-	16	17	604	757	-
[e]	501	2112	2637	3822	4593	648	2082	2824	4138	-	147	-30	187	316	-
[i]	327	2351	3088	4221	4535	368	2567	2996	3977	-	41	216	-92	-244	-
[o]	500	940	2789	3727	4920	677	1122	3142	4179	-	177	182	353	452	-
[u]	372	846	2738	3981	-	379	828	2596	3927	-	7	-18	-142	-54	-
\bar{x}	516,4	1523,8	2767,8	3878,8	4629	594	1597,2	2949,8	4124,2	-	77,6	73,4	182	245,4	-

Nota 1: El código de colores se corresponde con la siguiente interpretación:

No consta / Diferencia negativa / < 100 Hz / > 100 Hz < 250 Hz / > 250 Hz < 400 Hz / > 400 Hz

Entrevista

De la entrevista realizada a M. Jordana (Anexo 3) se desprende que la intervención logopédica combinada con la IQ proporciona resultados más satisfactorios acústicamente, de acuerdo con su experiencia clínica. Asimismo, asegura que la parte psicoemocional es muy importante durante el tratamiento, pues no todas las mujeres transgénero persiguen el mismo objetivo y la feminización ideal es entendida de manera diferente en función de la persona.

Por otro lado, comenta que en la rehabilitación preoperatoria se debe abordar la potenciación de los armónicos altos, a fin de agudizar F4 y F5, con ejercicios de resonancia craneal y facial.

La rehabilitación postquirúrgica se asemeja a la realizada en la intervención de otras lesiones intracordales, haciendo hincapié en el reposo vocal y en la incorporación de los objetivos ya trabajados en la primera fase.

Por último, la entrevistada señala que, en su opinión, el género de la voz reside en la suma de un conjunto de elementos. Si solo se modificara la F0, no se percibiría una voz como femenina, al igual que si solo se modificaran los formantes.

6. Discusión

En respuesta a la primera pregunta de investigación de este TFG, respecto a las diferencias formánticas entre mujeres y hombres, los resultados detallados muestran que la F0 presenta

un timbre más agudo en las mujeres en comparación con los hombres. Estos datos concuerdan con el estudio realizado por Van Borsel y Baeck (2014), quienes obtuvieron valores de F0 en las mujeres entre 145 y 275 Hz, mientras que en los hombres variaban entre 80 y 165 Hz, coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo.

Seguidamente, ambos grupos estudiados producen frecuencias similares respecto a F1, aunque las mujeres obtienen medias ligeramente más agudas. Este resultado podría explicarse con el hecho de que dicho formante se encuentra más directamente relacionado con la posición de la lengua y los resonadores (Gracida y Orduña, 2011) que con el género del hablante. No obstante, el grupo de mujeres presenta F2, y, en especial, F3 y F4 en frecuencias más altas de manera consistente en las cinco vocales estudiadas. Los resultados de este estudio concuerdan con los obtenidos por Aronson et al. (2000), pues F2, F3 y F4 son más agudos en las mujeres, mientras que F1 es similar en ambos grupos de estudio.

En cuanto a F5, no se han podido alcanzar resultados concluyentes, pues este formante ha aparecido de manera inconsistente en todas las vocales e informantes, sobre todo, en [a], [e] e [i] en el caso de las mujeres. Esto podría deberse a la configuración que se ha hecho de los parámetros acústicos del Praat. Sería interesante realizar un nuevo estudio en que se ajustara el criterio *Maximum Formant* del programa a un número mayor de formantes, a fin de dar con F5 en la mayoría de los informantes (Wood, 1994–2012).

Por otro lado, y respecto al análisis del uso de las vocales como instrumento de medida, la vocal [u] ha resultado ser la más variable en ambos grupos de estudio. Además, en el caso de los hombres, en la mayoría de las voces se ha procedido a obtener el valor del segundo formante manualmente, pues el programa no lo ofrecía. Esto podría haber producido un mayor número de errores en su extracción. Sin embargo, las vocales [e] e [i] son las que muestran un mayor grado de consistencia en este estudio.

En conclusión, en el análisis de hablantes con una F0 similar y diferente, se advierte que la relación entre la F0 y los formantes no es implicativa en todos los sujetos, como se observaba en el estudio de Rigol y Romero (2015). Estos resultados irían en la línea de los propuestos por Godino y Gómez (2013), pues los valores no son rígidos y dependen, en mayor medida, de la persona. Este factor se podría controlar con una muestra mayor y más representativa que garantice un matiz amplio de posibilidades. De este modo, es posible que, como comentan Kawitzky y McAllister (2018), los formantes puedan ser manipulados y controlados por la propia persona, independientemente de las características que comparta con un grupo de hablantes.

En segundo lugar, y en relación con la comparación de las voces de mujeres y hombres cisgénero con una F0 semejante, se ha observado que la muestra obtenida en este trabajo no contiene ninguna mujer cuya F0 se encuentre en la franja que se pretendía estudiar, es decir, entre 145 y 165 Hz (Van Borsel y Baeck, 2014). Sin embargo, se ha optado por comparar voces que estuvieran entre 155 y 185 Hz, pues una mujer transgénero puede desarrollar una voz femenina si su F0 se encuentra en este rango (Hirsch y Gelfer, 2012).

Se ha advertido que, aunque la F0 es parecida, existe una tendencia similar al análisis del total de la muestra, donde F4 sigue mostrando una frecuencia más aguda en el caso de la mujer, seguida de F3. De este modo, la relación de estos dos formantes y el género de la voz se consolida.

Por consiguiente, se recomendaría realizar un mayor número de comparaciones entre hombres y mujeres con una F0 entre 145 y 165 Hz (Van Borsel y Baeck, 2014), para comprobar si los resultados propuestos en este estudio persisten en otros pares de hablantes. Además, también sería interesante realizar nuevos estudios en que se investigue sobre la interacción entre los diferentes formantes.

En tercer lugar, y respecto a la implicación de los formantes F3, F4 y F5 en la expresión sonoro-vocal, los resultados indican que F3 y F4 están relacionados con el género de la voz,

siendo este último el que más influye. A pesar de que se confirma que F0 es un elemento clave en la diferenciación de los géneros (Gelfer y Bennett, 2013; Sundberg, 1974, citado en Rigol y Romero, 2015), se avala la influencia de los formantes en la voz de los hablantes. Finalmente, no se han obtenido suficientes datos que permitan confirmar o desmentir la implicación de F5.

Por último, de la entrevista se desprende que a pesar de que la potenciación de los armónicos agudos es recomendable a fin de modificar F4 y F5 y lograr, así, una mayor feminidad en la voz, este hecho aislado podría ser insuficiente en la definición del género de la voz.

En futuras investigaciones se recomienda realizar un muestreo aleatorizado donde la variabilidad de las características de los grupos de estudio esté más repartida y se pueda atribuir al efecto del azar. Además, sería recomendable ajustar y estratificar los resultados en base a las variables sociodemográficas y clínicas. Por otro lado, sería interesante, en futuras investigaciones, ajustar el parámetro *Maximum Formant* del Praat a un número mayor de formantes, a fin de dar con F5 de manera consistente en todos los formantes (Wood, 1994–2012), y así poder obtener resultados concluyentes con respecto a este formante.

6.1. Limitaciones y fortalezas

En primer lugar, cabe destacar que este estudio presenta una muestra relativamente amplia por tratarse de un estudio exploratorio. Además, dicha muestra es bastante homogénea, lo cual favorece en el análisis de los formantes de las vocales.

Además, el análisis acústico realizado en este trabajo ha proporcionado datos bastante consistentes en ambos grupos de estudio.

Sin embargo, el muestreo realizado no ha sido aleatorizado y se limitaba a una población muy específica como es el caso de estudiantes de la UAB, por lo que no ha sido representativo de la población general. En cuanto al cuestionario *ad hoc* de recogida de datos, este incluía variables sociodemográficas limitadas, que no han

podido ser, posteriormente, tomadas en consideración.

Cabe destacar que no se han podido garantizar las condiciones óptimas para la realización de las grabaciones de audio, hecho que ha mermado la calidad de estas en última instancia. Por otro lado, en muchos casos los participantes expresaron inquietud en la realización de las vocales sostenidas ante el micrófono, dada la artificialidad del contexto. Este hecho también influyó en la calidad de las grabaciones, pues aumentaba el soplo y el timbre de sus voces.

Seguidamente, el ajuste de los parámetros del Praat utilizado en el presente estudio dificultó el análisis de los formantes. De este modo, en el caso de algunas mujeres, la vocal [i] debía ser analizada manualmente, pues aparecía una línea de dispersión que el programa detectaba como posible formante. Por su parte, en el caso de los hombres, la [u] debió ser analizada manualmente, dado que el programa no detectaba F2 en la mayoría de las voces.

Por último, hay que señalar que en este estudio no se han implementado análisis estadísticos, lo cual hubiera sido interesante para obtener el nivel de significación de las diferencias de medias de los formantes entre mujeres y hombres, entre otros posibles resultados.

Conclusiones

En conclusión, se ha podido confirmar que la F0 presenta un tono más agudo en el caso de las mujeres comparado al grupo de hombres. Además, se ha observado que en F3 y F4 también se registran diferencias entre los grupos. No obstante, no se ha podido demostrar que F5 esté involucrado en el género de la voz. De este modo, F4 arroja resultados prometedores que podrían conducir a nuevas líneas de estudio.

Tal como indica *M. Jordana*, aunque la agudización de dichos formantes pueda mejorar la configuración de una voz aguda, únicamente este factor parece no ser determinante. Por lo tanto, se podría derivar que el género de la voz resida en la interacción de diferentes parámetros acústicos de la expresión sonoro-vocal, o, incluso, de diversos factores de orden biopsicosocial

Agradecimientos

Queremos agradecer la implicación proporcionada por el tutor de este trabajo, *Andreu Sauca*, durante el proceso de realización de este trabajo. Gracias a él, hemos conocido un nuevo ámbito de reeducación de la voz. También queremos dar las gracias a *Joaquim Llisterri* por resolver nuestras dudas a lo largo del proceso de análisis de las voces, pues su aportación ha sido fundamental en este trabajo. En especial, agradecemos el apoyo tanto en la redacción como en la comprensión de los aspectos metodológicos que nos ha brindado *Victoria M. Arfuch*, quien nos ha hecho aprender de nuestros errores y entender la importancia de saber plasmar nuestro conocimiento. Además, ha sido un placer poder entrevistar a *Marta Jordana*, quien ha compartido sus conocimientos en todo lo referente a la rehabilitación de mujeres transgénero.

Por otro lado, nos gustaría agradecer al Decanato de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Barcelona, por facilitarnos las aulas necesarias para la realización del estudio. Finalmente, agradecer la colaboración de todos los participantes de este estudio pues, sin sus voces, este trabajo no hubiera sido posible.

Bibliografía

1. Adler, R. K. y Antoni, C. (2012). Vocal Health and Phonotrauma. En R. K. Adler, S. Hirsch y M. Mordaunt. (Eds.), *Voice and Communication Therapy for the Transgender/Transsexual Client: A Comprehensive Clinical Guide* (pp. 140-151). San Diego, Estados Unidos: Plural Publishing.
2. Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11 (1-2), 333-338. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=487/48711206>
3. Aguirre, A. y Otero, L. (2016). Características de la voz en personas transexuales: el género expresado y el género percibido. *Asalfa*, 64 (1), 8-28. Recuperado de https://www.academia.edu/29281874/Caracter%C3%ADsticas_de_la_Voz_en_Personas_Transexuales_el_g%C3%A9nero_expresado_y_el_g%C3%A9nero_percibido
4. Anderson, J. A. (2014). Pitch elevation in transgendered patients: anterior glottic web formation assisted by temporary injection augmentation. *Journal of Voice*, 28(6), 816-821. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.05.002>
5. Angulo, M. S. (2015). *Logopedia y feminización de la voz* (TFM no publicado). Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
6. Angulo, M. S. (2017). Tratamiento logopédico de feminización de la voz. En J. Casado y E. Maraví. (Eds.), *Feminización de la voz: Abordaje multidisciplinar* (pp. 133-156). Marbella, España: Hospitales Quirónsalud Campo de Gibraltar y Marbella.
7. Aronson, L., Furmansli, H. M. Rufiner, L. i Estienne, P. (2000). Características acústicas de las vocales del español rioplatense. *Fonoaudiológica*, 46 (2), 12-20. Recuperado de <http://sinc.unl.edu.ar/sinc-publications/2000/ARFE00/>
8. Astudillo, M. (2016). *La feminización de la voz de la mujer transexual. Guía Femivoz: introducción al método Astudillo*. Almería, España: Círculo Rojo.
9. Boersma, P. y Van Heuven, V. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International*, 5(9/10), 341-345. Recuperado de http://www.fon.hum.uva.nl/paul/papers/speakUnspeakPraat_glot2001.pdf
10. Boersma, P. y Weenink, D. (2011). *Introductory tutorial to Praat*. Recuperado de <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/manual/Intro.html>
11. Byron, J. (Sin fecha). Caracterización de las vocales del español. Recuperado de https://www.academia.edu/5405704/Caracterización_de_las_vocales_del_español
12. Cao, H. y Dellwo, V. (2019). The role of the first five formants in three vowels of Mandarin for forensic voice analysis. A. S. Escudero, M. Tabain y P. Warren (Eds.), *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019* (pp. 617-621). Australasian Speech Science and Technology Association. Recuperado de https://assta.org/proceedings/ICPhS2019/papers/ICPhS_666.pdf
13. Casado, J. C. y Maraví, E. (2017). Cirugía de aumento de tono vocal: feminización de la voz. En J. Casado y E. Maraví. (Eds.), *Feminización de la voz: Abordaje multidisciplinar* (pp. 117-132). Marbella, España: Hospitales Quirónsalud Campo de Gibraltar y Marbella.
14. Casado, J. C. y O'Connor, C. (2017). Exploración clínica de la voz de la mujer transgénero. En J. Casado y E. Maraví. (Eds.), *Feminización de la voz: Abordaje multidisciplinar* (pp. 99-116). Marbella, España: Hospitales Quirónsalud Campo de Gibraltar y Marbella.
15. Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev.*, 1(1), 3-7.
16. Cobeta I. y Núñez F. (2013). Análisis de la señal acústica. En Cobeta I., Núñez F. y Fernández S. (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 188-198). Barcelona, España: Marge Médica Books.
17. Col·legi de Logopedes de Catalunya (2003). *Codi d'ètica professional*. Recuperado de https://www.clc.cat/pdf/codi-etic-del-clc/codi_etic_ca.pdf
18. Comas, T., Grandi, D. y Noguer, C. (2003). *Codi d'ètica professional. Col·legi de Logopedes de Catalunya*. Recuperado de https://www.clc.cat/pdf/codi-etic-del-clc/codi_etic_ca.pdf

19. Dahl, K. L. y Mahler, L. A. (2019). Acoustic Features of Transfeminine Voices and Perceptions of Voice Femininity. *Journal of Voice*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.05.012>
20. Delgado, J., León, N., Jiménez, A. e Izquierdo, L. (2017). Análisis acústico de la voz: medidas temporales, espectrales y cepstrales en la voz normal con el Praat en una muestra de hablantes de español. *Revista de Investigación En Logopedia*, 2(2), 108–127. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/RLOG/article/view/58191>
21. Díaz, S., Cisternas, P. i López, I. (2015). Características acústicas de las vocales del español de Chile producidas por sujetos residentes en la ciudad de Santiago. *Revista Chilena de Fonoaudiología*, 14, 92–102.
22. Domínguez, J., García, P. y Hombrados, M. (2011). Transexualidad en España: Análisis de la realidad social y factores psicosociales asociados. Málaga, España: Facultad de Estudios Sociales y del Trabajo, Universidad de Málaga y FELGTB.
23. Donis, J. (2013). Tipos de diseños de los estudios clínicos y epidemiológicos. *Avances en Biomedicina*, 2(2), 76-99. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3313/331327989005>
24. Gelfer, M. P. y Bennett, Q. E. (2013). Speaking fundamental frequency and vowel formant frequencies: effects on perception of gender. *Journal of Voice*, 27(5), 556-566. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2012.11.008>.
25. Gelfer, M. P. y Mikos, V. A. (2005). The relative contributions of speaking fundamental frequency and formant frequencies to gender identification based on isolated vowels. *Journal of Voice*, 19(4), 544-554. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.10.006>
26. Godino, J. I. y Gómez, P. (2013). Notas sobre acústica vocal. En Cobeta I., Núñez F. y Fernández S. (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 76-110). Barcelona, España: Marge Médica Books.
27. Gracida, G. y Orduña, F. (2011). Evocanto: Programa de cómputo para analizar la voz cantada mediante técnicas de procesamiento digital de señales. *Computación y Sistemas*, 15(1), 39–50. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v15n1/v15n1a5.pdf>
28. Hillenbrand, J. M. y Clark, M. J. (2009). The role of F0 and formant frequencies in distinguishing the voices of men and women. *Perception and Psychophysics*, 71(5), 1150-1166. doi: <https://doi.org/10.3758/APP.71.5.1150>
29. Hirsch, S. y Gelfer, M. (2012). Resonance. En R. K. Adler, S. Hirsch y M. Mordaunt. (Eds.), *Voice and Communication Therapy for the Transgender/Transsexual Client: A Comprehensive Clinical Guide* (pp. 225-245). San Diego, Estados Unidos: Plural Publishing.
30. Howard, D. M., Schofield, J., Fletcher, J., Baxter, K., Iball, G. R. y Buckley, S. A. (2020). Synthesis of a Vocal Sound from the 3,000-year-old Mummy, Nesyamun “True of Voice”. *Scientific Reports*, 10, 45000. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56316-y>
31. Jackson-Menaldi, M. C. (2002). Patología vocal y su reeducación. En M. C. Jackson-Menaldi. (Ed.), *La voz patológica* (pp. 245-268). Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.
32. Kawitzky, D. y McAllister, T. (2018). The Effect of Formant Biofeedback on the Feminization of Voice in Transgender Women. *Journal of Voice*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.07.017>
33. Llisterri, J. (2000). Las características acústicas de los elementos segmentales. *Universidad Autónoma de Barcelona*. Recuperado de http://liceu.uab.cat/~joaquim/phonetics/fon_anal_acus/caract_acust.html
34. Llisterri, J. (2020). El análisis acústico del habla mediante Praat: análisis espectrográfico y análisis de formantes. *Universidad Autónoma de Barcelona*. Recuperado de http://liceu.uab.es/~joaquim/phonetics/fon_anal_acus/Praat_espectrograma.html
35. Merino, M.J. y Pintado, T. (2015). *Herramientas para dimensionar los mercados: la investigación cuantitativa*. Madrid, España: Esic.
36. Mills, M. y Stoneham, G. (2017). *The voice book for trans and non-binary people: A practical guide to creating and sustaining authentic voice and communication*. Londres, Philadelphia: Jessica Kingsley Publishers.

37. Morrison, M., Rammage, L., Nichol, H., Pullan, B., May, P. y Salkeld, L. (1996). *Tratamiento de los trastornos de la voz*. Barcelona, España: Masson.
38. Núñez, F. (2013). Fisiología de la fonación. En Cobeta I., Núñez F. y Fernández S. (Eds.), *Patología de la voz* (pp. 55-75). Barcelona, España: Marge Médica Books.
39. Núñez, F. y Suárez, C. (1999). *Espectrografía clínica de la voz*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.
40. Organización Mundial de Salud (2018, junio 18). La Organización Mundial de la Salud (OMS) publica hoy su nueva Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-11). Recuperado de [https://www.who.int/es/news-room/detail/17-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-\(icd-11\)](https://www.who.int/es/news-room/detail/17-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-(icd-11))
41. Pépiot, E. (2012). Voice, speech and gender: male-female acoustic differences and cross-language variation in English and French speakers. *Corela. Cognition, représentation, langage*, (HS-16). <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00764811>
42. Poon, M. S. y Ng, M. L. (2015). The role of fundamental frequency and formants in voice gender identification. *Speech, Language and Hearing*, 18(3), 161-165. doi: <https://doi.org/10.1179/2050572814Y.00000000058>
43. Quilis, A. y Esgueva, M. (1983). Realización de los fonemas vocálicos españoles en posición fonética normal. En M. Esgueva y M. Cantarero (Eds.), *Estudios de fonética I.* (pp. 137-252). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
44. Real Academia Española. (2019a). Femenino. En *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed). Recuperado de <https://dle.rae.es/femenino>
45. Real Academia Española. (2019b). Masculino. En *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed). Recuperado de <https://dle.rae.es/masculino>
46. Rigol, L. y Romero, M. (2016). *Correlacions entre les característiques antropomètriques de la cara, coll i timbre de la veu de nois joves. Semblances amb el sexe femení* (TFM no publicado). Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.
47. Rodríguez, E. y Torres, M. (2018). *Parámetros de feminidad de la voz humana* (TFM no publicado). Universidad de Barcelona, Bellaterra.
48. Román, D. (2008). Manual básico del Praat. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de http://domingo-roman.net/manual_analisis_acustico.html
49. Ruiz, R., Basterra, V., Toni, M. y Chueca, M. (2017). Disforia de género. En J. Casado y E. Maraví. (Eds.), *Feminización de la voz: Abordaje multidisciplinar* (pp. 33-44). Marbella, España: Hospitales Quirónsalud Campo de Gibraltar y Marbella.
50. Sauca i Balart, A. (2018). La voz de la mujer transexual: Efecto de doble mirada. *Areté*, 18 (2S), 11S-18S. Recuperado de <https://revistas.iberamericana.edu.co/index.php/arete/article/view/1410>
51. Schwarz, K., Fontanari, A. M. V., Costa, A. B., Soll, B. M. B., da Silva, D. C., de Sá Villas-Bôas, A. P., Cielo, C. A., Bastilha, G. R., Ribeiro, V. V., Kazumi, M. E. y Lobato, M. I. R. (2018). Perceptual-Auditory and Acoustical Analysis of the Voices of Transgender Women. *Journal of Voice*, 32(5), 602-608. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.07.003>
52. Thomas, J. (2015, noviembre 12). Patient information. Recuperado de <https://www.voicedoctor.net/pitch/feminization-laryngoplasty/patient-information/patient-information#collapse-3>
53. Wood, S. (1994-2012). *Praat for beginners: Formant tracking in the Sound editor*. SWPhonetics. Recuperado de <https://swphonetics.com/praat/snded/formtrack/>
54. Van Borsel, J. y Baeck, H. (2014). The voice in transsexuals. *Revista de Logopedia, Foniatria y Audiología*, 34(1), 40-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2013.04.007>

Anexos

1. Consentimiento informado

Le invitamos a participar en esta investigación del Trabajo de Fin de Grado de Logopedia de la Universidad Autónoma de Barcelona, que tiene como propósito analizar la influencia de los formantes en el género de la voz. Para ello, se requiere grabar su voz mientras emite las cinco vocales sostenidas durante tres segundos, tres veces cada una. Además, se le realizará un cuestionario de manera oral para así poder conocer su conducta vocal.

La participación en este trabajo es totalmente anónima y toda información que usted proporcione será confidencial, siendo las investigadoras las únicas que escucharán su voz con fines experimentales.

¿Está usted de acuerdo en participar en el proyecto?

2. Cuestionarios de recogida de datos

- Cuestionario *ad hoc* de recogida de datos sociodemográficos:

Variables Sociodemográficas

¿Edad?		
¿L1?	Español	
	Catalán	
	Ambas	
¿Género?	Masculino	
	Femenino	

- Cuestionario *ad hoc* de recogida de datos clínicos:

Variables Clínicas

¿Fuma?	Sí	
	No	
¿Bebe alcohol periódicamente?	Sí	
	No	
¿Padece Reflujo Gastroesofágico?	Sí	
	No	
Si es usted una mujer, ¿tiene ovarios poliquísticos?	Sí	
	No	
¿Padece patología vocal?	Sí	
	No	
¿Ha sido intervenido quirúrgicamente de los pliegues vocales?	Sí	
	No	
¿Ha realizado reeducación logopédica de su voz?	Sí	
	No	
¿Ha realizado técnica vocal o canto?	Sí	
	No	
Si trabaja, ¿hace uso de su voz de manera constante?	Sí	
	No	

3. Entrevista estructurada de recogida de datos

“¿Qué pautas sigue en la intervención de la voz en mujeres transgénero?”

En su caso, empieza cualquier intervención con una exploración inicial de la paciente, mediante el análisis de su voz, la realización de una fibroendoscopia y una laringoestroboscopia y la ejecución de un cuestionario subjetivo sobre la voz de la paciente.

Posteriormente, realiza sesiones semanales de 45 minutos para determinar si será necesaria o no la cirugía. Durante esta primera fase, intenta reducir la presión subglótica mediante el control de la inclinación tiroidea, facilitando así la vibración de los tonos agudos; fomentar el control de dicha presión para reducir los ataques glóticos, potenciar los armónicos agudos y modificar el F2 y F3 para así modificar el tracto vocal. Además, asegura que es esencial el acompañamiento psicoemocional de la paciente durante este proceso.

Finalmente, en caso de que la paciente se someta a la intervención quirúrgica, el protocolo de actuación es similar al que se lleva a cabo tras otras intervenciones postquirúrgicas de lesiones intracordales. De este modo, se potencia la flexibilización cordal y la vibración de la mucosa, tras 10 días de silencio absoluto. Progresivamente, se incorporan los objetivos destacados en la primera fase.

“¿Cuáles son los puntos clave de dicha intervención?”

La entrevistada comenta que, basándose en la fisiología, los puntos claves de este tipo de intervenciones son la reducción de la fuerza de cierre cordal, el incremento de las sensaciones de resonancia craneal y facial y la modificación del tracto vocal. A pesar de todo, asegura que resulta difícil definir qué voz es la ideal, pues cada paciente busca algo distinto.

“¿Cree que es necesaria la cirugía para unos resultados óptimos?”

Bajo su punto de vista, la combinación de rehabilitación logopédica e intervención quirúrgica proporcionan resultados más satisfactorios, generalmente.

“¿Cuánto suele durar este tipo de tratamiento?”

Según lo que comenta la entrevistada, se han dado de alta a las primeras pacientes operadas 3 meses después de la cirugía.

“¿Cree que podría ser posible la implicación de los formantes F1, F2, F3, F4 y F5 en el género de la voz?”

La entrevistada considera que los formantes estudiados podrían estar implicados en el género de la voz.

“¿Dónde cree usted que reside el género de la voz?”

Bajo su punto de vista, el género de la voz reside en la suma de todos los elementos que la conforman. De este modo, afirma que la modificación solo de algunos ellos es insuficiente para la percepción de la voz como femenina.

4. Valores de F0, F1, F2, F3, F4 y F5 de las cinco vocales del español expresados en HZ en hombres y mujeres.

Hombres							Mujeres						
[a]	F0	F1	F2	F3	F4	F5	[a]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
34H	170	882	1370	2587	3863	4468	48M	185	898	1387	3191	4400	-
43H	154	765	1189	2369	3758	4687	36M	188	983	1604	2911	4146	-
2H	151	644	1156	2548	3547	4911	38M	188	849	1397	3057	4536	-
26H	151	750	1220	2619	3713	4360	42M	189	969	1489	2907	4446	-
13H	148	874	1269	3050	4145	-	44M	192	733	1355	3055	4075	-
14H	147	880	1341	2679	3710	-	13M	195	894	1459	2767	3900	-
1H	138	685	1311	2453	3649	4464	19M	195	842	1517	3225	3890	-
49H	138	727	1429	2565	3712	4686	21M	195	894	1456	2872	3784	-
44H	133	667	1275	2611	3695	-	49M	198	891	1456	3005	4063	-
3H	132	683	1248	2641	3630	4588	24M	199	867	1397	2984	4320	-
16H	132	785	1323	2715	3488	-	10M	201	833	1416	2884	4053	-
50H	132	733	1081	2722	3177	4644	26M	201	912	1521	2964	3879	-
10H	131	892	1320	2620	3494	3932	37M	203	959	1625	2976	4428	-
25H	127	789	1248	2769	3810	-	40M	203	951	1414	3146	4095	-
30H	127	639	1171	2591	3819	4434	17M	205	1061	1592	3172	3971	-
47H	127	846	1395	2581	3758	-	23M	208	971	1571	3207	4152	-
7H	126	748	1246	2568	3676	-	16M	209	854	1426	2962	3782	-
17H	126	846	1240	2707	3769	-	18M	212	951	1504	2868	4004	-
40H	126	697	1317	2755	3339	-	32M	212	918	1324	2911	3903	4492
31H	126	750	1322	2589	3649	-	22M	213	877	1384	2888	4291	-
45H	124	776	1243	2976	3789	-	39M	213	962	1559	3255	4163	-
5H	123	752	1323	2737	3773	-	9M	214	947	1661	3225	4370	-
19H	123	689	1273	2649	3587	-	31M	215	956	1422	3028	4076	-
23H	123	886	1340	2489	3572	-	41M	215	760	1227	2440	4013	-
21H	120	691	1276	2650	3955	4429	43M	218	863	1341	2854	3922	4627
46H	120	770	1243	2664	3292	3897	50M	221	862	1374	2941	3837	-
12H	118	664	1046	2545	3621	5123	5M	222	977	1632	3107	4080	-
33H	118	841	1420	2613	4079	-	35M	222	826	1346	2807	4073	-
18H	117	654	1316	2539	3348	-	29M	223	781	1584	3121	4226	-
36H	117	801	1159	2816	3727	4647	30M	223	963	1541	3150	4055	-
48H	117	869	1312	2728	3856	4720	34M	223	938	1449	2881	3698	-
6H	116	700	1227	2497	3685	-	20M	228	866	1436	3000	4649	-

38H	116	784	1192	2737	3712	-
42H	116	781	1344	2756	3574	-
24H	116	645	1135	2362	3610	4721
29H	114	771	1238	2558	3645	-
9H	112	672	1238	2403	3559	4807
11H	110	829	1326	2667	3772	-
4H	109	714	1266	2609	3692	-
27H	109	650	1029	2672	3767	4501
39H	108	709	1159	2557	3299	4845
20H	106	662	1201	2650	3169	-
8H	104	657	1213	2598	3584	4711
41H	102	668	1175	2511	3617	4121
28H	98	727	1296	2633	3433	4391
22H	97	838	1348	2568	3289	-
15H	95	762	1383	3214	3890	-
35H	94	746	1246	2416	3728	4421
32H	86	765	1244	2832	3714	-
37H	80	771	1178	2347	3517	4780

45M	228	984	1626	2968	4385	-
28M	228	894	1545	2691	4045	-
46M	230	723	1162	3374	4381	-
2M	231	824	1363	2793	3855	-
25M	232	958	1592	3121	4456	-
33M	232	893	1606	3193	4454	-
6M	233	918	1479	2862	4247	-
3M	234	956	1420	3009	4267	-
14M	234	893	1408	2702	3986	-
47M	234	913	1530	3107	4150	-
8M	237	851	1564	3035	4268	-
7M	238	1051	1457	2669	3811	-
27M	238	862	1471	3013	4481	-
4M	240	897	1389	2931	4018	-
12M	256	826	1460	3031	4164	-
15M	263	886	1368	3236	3723	4496
11M	267	989	1583	3122	3975	-
1M	268	967	1395	2825	4445	-

[e]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
34H	170	501	2112	2637	3822	4593
43H	154	430	1935	2683	3290	4738
2H	151	422	1787	2403	3520	4875
26H	151	446	2031	2757	3578	4657
13H	148	689	1869	2338	3049	4177
14H	147	506	1926	2628	3640	4253
1H	138	415	1899	2528	3598	-
49H	138	590	1874	2588	3777	-
44H	133	476	1739	2510	3620	4201
3H	132	465	2178	2732	3850	4803
16H	132	490	2041	2661	3683	-
50H	132	529	2203	2824	3380	-
10H	131	569	1989	2544	3422	-
25H	127	442	2056	2732	3752	-
30H	127	439	1932	2641	3477	4067
47H	127	563	2072	2613	3722	4280
7H	126	582	1927	2358	3694	-

[e]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
48M	185	648	2082	2824	4138	-
36M	188	541	2473	3164	4363	-
38M	188	625	2240	3048	4773	-
42M	189	604	2266	3025	4379	-
44M	192	663	2075	2830	4121	-
13M	195	538	2309	2991	4140	-
19M	195	436	2397	2943	3940	-
21M	195	408	2132	2903	3705	-
49M	198	442	2322	3020	4196	-
24M	199	504	2408	2982	4682	-
10M	201	500	2157	2905	3425	-
26M	201	501	2597	3142	4021	-
37M	203	520	2326	3256	4539	-
40M	203	532	2424	3086	4243	-
17M	205	685	2108	2955	4042	-
23M	208	482	2433	3105	4256	-
16M	209	423	2234	2793	3766	-

17H	126	587	1892	2613	3723	4085
40H	126	501	1899	2710	3558	-
31H	126	442	2082	2731	3670	4739
45H	124	501	1947	2692	3629	4579
5H	123	418	2139	2773	3761	-
19H	123	455	1932	2582	3618	-
23H	123	483	2098	2607	3663	4124
21H	120	474	2048	2765	3595	4293
46H	120	561	1764	2599	3336	4018
12H	118	482	1998	2688	3581	-
33H	118	528	2007	2655	3553	4093
18H	117	441	1962	2627	3447	-
36H	117	446	2074	2720	3481	4089
48H	117	535	2029	2644	3787	4253
6H	116	454	1893	2735	3625	-
38H	116	444	1923	2533	3391	-
42H	116	491	1891	2421	3696	4433
24H	116	444	1873	2522	3617	4487
29H	114	439	1932	2641	3477	4067
9H	112	605	1817	2542	3690	-
11H	110	421	1973	2495	3839	-
4H	109	518	1872	2478	3535	-
27H	109	423	1725	2280	3335	4435
39H	108	462	2171	2615	3788	3788
20H	106	438	1917	2490	3535	4339
8H	104	506	1568	2493	3640	4651
41H	102	482	1867	2641	3497	4079
28H	98	439	1978	2510	3476	4184
22H	97	486	1949	2551	3146	3796
15H	95	534	2109	2827	3974	-
35H	94	426	1959	2594	3589	4589
32H	86	490	1995	2805	3603	-
37H	80	559	2009	2499	3430	4073

[i]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
34H	170	327	2351	3088	4221	4535
43H	154	246	2329	2946	4219	-

18M	212	654	2239	3014	3927	-
32M	212	500	2309	3229	4371	-
22M	213	549	2183	2713	4075	-
39M	213	605	2355	3218	4237	-
9M	214	620	2063	2933	4094	-
31M	215	405	2464	3165	4111	-
41M	215	577	2072	2822	4215	-
43M	218	449	2608	3171	4498	-
50M	221	454	2190	2807	3874	-
5M	222	452	2292	3173	4226	-
35M	222	571	2123	2914	4040	-
29M	223	460	2238	2995	4231	-
30M	223	391	2509	3094	4210	-
34M	223	636	2473	3100	4080	4723
20M	228	688	2066	2865	4465	-
45M	228	776	2142	3027	4406	-
28M	228	661	2081	2858	3825	-
46M	230	473	2217	2909	4420	-
2M	231	460	2132	2464	4081	-
25M	232	513	2431	3153	4325	4941
33M	232	504	2380	2997	-	-
6M	233	469	2397	2956	4433	-
3M	234	486	2464	2913	4017	4385
14M	234	610	2124	2992	4441	-
47M	234	455	2326	3076	4138	-
8M	237	500	2112	2675	4233	-
7M	238	858	2029	3107	4176	-
27M	238	489	2288	2803	4811	-
4M	240	489	2261	2819	4062	-
12M	256	523	2040	2692	3917	-
15M	263	730	2129	2977	3924	4478
11M	267	744	2353	2989	4151	-
1M	268	542	2347	2854	3932	-

[i]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
48M	185	368	2567	2996	3977	-
36M	188	370	2736	3509	4260	-

2H	151	326	2142	2982	3558	-
26H	151	302	2324	3274	3661	-
13H	148	322	2388	3253	3870	-
14H	147	389	2127	2906	3612	3995
1H	138	296	2114	2826	3674	4584*
49H	138	298	2057	3162	3668	-
44H	133	284	2288	2773	3536	4166
3H	132	298	2369	2983	3725	4707
16H	132	343	2410	2995	3815	-
50H	132	267	2506	3056	3462	4781
10H	131	271	2438	3116	3621	4118
25H	127	275	2546	2881	3597	-
30H	127	289	2131	2856	3712	4258
47H	127	345	2557	2860	3917	-
7H	126	282	2535	3093	3874	-
17H	126	299	2307	2899	3645	-
40H	126	313	2204	2995	3604	-
31H	126	289	2131	2856	3712	4258
45H	124	287	2239	3303	3733	-
5H	123	272	2476	2929	3353	-
19H	123	327	2272	2739	3440	3847
23H	123	360	2491	2813	3707	4116
21H	120	359	2200	2923	3551	4471
46H	120	345	2150	2822	3373	3903
12H	118	348	2267	2951	3631	-
33H	118	330	2504	3162	3681	-
18H	117	345	2087	2754	3379	-
36H	117	289	2260	2980	3521	4335
48H	117	262	2630	3163	3829	-
6H	116	315	2189	2775	3641	-
38H	116	301	2230	2997	3521	-
42H	116	305	2208	2687	3510	-
24H	116	279	2365	2841	4090	-
29H	114	340	2149	2844	3419	3895
9H	112	300	2256	3099	3678	-
11H	110	269	2273	2999	3507	-
4H	109	273	2229	3028	3527	-

38M	188	361	2729	3167	4462	-
42M	189	330	2558	3606	4368	-
44M	192	322	2421	3258	4024	-
13M	195	370	2827	3238	4232	-
19M	195	359	2754	3191	4019	-
21M	195	356	2594	3010	3940	-
49M	198	350	2680	3330	4146	-
24M	199	372	2552	3182	4192	-
10M	201	387	2526	3242	3897	-
26M	201	329	3144	3502	4764	-
37M	203	383	2535	3298	4561	-
40M	203	411	2820	3500	4406	-
17M	205	370	2674	3327	4056	-
23M	208	382	2735	3225	4053	-
16M	209	359	2541	3159	3832	-
18M	212	377	2909	3333	4246	-
32M	212	397	2774	3503	4259	-
22M	213	401	2619	3042	4308	-
39M	213	360	2724	3574	4355	-
9M	214	390	2031	2954	3828	-
31M	215	313	2967	3713	4486	-
41M	215	352	2649	3999	-	-
43M	218	377	2743	3791	4594	-
50M	221	348	2645	3210	4100	-
5M	222	352	2544	3511	4301	-
35M	222	392	2678	3164	4181	-
29M	223	330	2756	3493	4171	-
30M	223	329	2795	3743	4526	-
34M	223	378	2706	3188	4381	-
20M	228	424	2672	3043	3892	4395
45M	228	391	2608	3268	4436	-
28M	228	397	2591	3137	3785	-
46M	230	369	2617	3191	4433	-
2M	231	388	2755	3253	4114	-
25M	232	278	2614	3122	3779	-
33M	232	421	2608	2995	4285	-
6M	233	412	2455	3561	4453	-

27H	109	287	2182	2657	3395	4256
39H	108	284	2561	3214	4238	-
20H	106	301	2149	2937	3534	-
8H	104	281	2174	2767	3804	-
41H	102	322	2152	2922	3518	4011
28H	98	296	2218	2773	3385	4502
22H	97	265	2342	2817	3332	4071
15H	95	274	2525	3091	4841	-
35H	94	277	2277	3021	3652	4710
32H	86	321	2275	2971	3602	-
37H	80	305	2175	2910	3362	4281

3M	234	448	2834	3401	4307	-
14M	234	440	2566	3011	4429	-
47M	234	351	2817	3315	4306	-
8M	237	429	2842	3286	4253	-
7M	238	365	2673	3397	4493	-
27M	238	386	2952	3657	4294	-
4M	240	437	2692	3216	4207	-
12M	256	393	2477	2988	3881	-
15M	263	438	2436	3293	4044	-
11M	267	421	2676	3100	4336	-
1M	268	350	2828	3387	-	-

[o]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
34H	170	500	940	2789	3727	4920
43H	154	545	959	2913	4005*	-
2H	151	461	890	2585	3350	4812
26H	151	531	918	3076	3674	-
13H	148	687	986	3035	3763	4385
14H	147	581	999	2534	3470	4095
1H	138	486	1076	2419	3393	4249
49H	138	547	1042	2323	3406	4696
44H	133	500	935	2584	3377	4280
3H	132	491	938	2735	3395	4402
16H	132	482	898	2524	3286	4135
50H	132	622	904	2823	3696	-
10H	131	600	1007	2760	3402	3727*
25H	127	422	870	2673	3637	-
30H	127	477	1028	2529	3701	4410
47H	127	560	1022	2486	3515	4073
7H	126	497	955	2654	3595	4435
17H	126	494	952	2676	3747	4533
40H	126	509	954	2599	3363	4588
31H	126	542	963	2842	3510	4838
45H	124	543	895	2780	3556	4139
5H	123	437	914	2756	3614	-
19H	123	507	965	2601	3320	-
23H	123	544	947	2817	3456	-

[o]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
48M	185	677	1122	3142	4179	-
36M	188	519	902	3210	3916	-
38M	188	484	1078	2887	4041	5033
42M	189	535	1051	2343	4062	-
44M	192	561	1109	2615	4017	4159
13M	195	530	1021	2817	3815	4698
19M	195	528	1022	3099	3592	4778
21M	195	461	981	3093	3746	-
49M	198	430	958	3057	4011	-
24M	199	486	986	3059	4175	4802
10M	201	526	1040	2885	3611	4237
26M	201	469	1072	3194	4022	-
37M	203	523	1057	3003	3987	-
40M	203	473	1015	2989	3904	-
17M	205	652	1174	2808	3659	-
23M	208	535	1036	3177	3875	-
16M	209	423	949	2916	3481	4820
18M	212	647	1171	3057	3886	-
32M	212	495	899	2904	3916	4596
22M	213	610	1090	2912	3735	4201
39M	213	570	1033	3292	3912	-
9M	214	615	1213	3072	4054	-
31M	215	432	1022	2675	3880	4778
41M	215	496	1051	2416	3649	4809

21H	120	507	958	2759	3495	4594
46H	120	578	987	2717	3387	3923
12H	118	493	878	2707	3441	-
33H	118	601	974	2742	3593	-
18H	117	465	991	2437	3124	-
36H	117	492	890	2861	3580	4735
48H	117	561	930	2944	3485	-
6H	116	530	886	2438	3357	-
38H	116	472	842	2923	3394	4277
42H	116	486	912	2845	3366	-
24H	116	458	925	2744	3585	4342
29H	114	485	847	2649	3623	4356
9H	112	622	969	2688	3436	4410
11H	110	590	850	2515	3041	-
4H	109	514	969	2614	3454	-
27H	109	558	905	2718	3759	4419
39H	108	494	825	2708	3245	4559
20H	106	546	944	2572	-	-
8H	104	389	1071	2561	3594	4783
41H	102	529	940	2626	3338	-
28H	98	485	847	2649	3623	4356
22H	97	535	963	2663	3127	-
15H	95	454	1066	2522	3706	4831
35H	94	478	870	2705	3293	4105
32H	86	568	1003	2766	3448	-
37H	80	635	879	2587	3563	4568

43M	218	473	979	2725	3910	4587
50M	221	506	1061	2630	3627	4306
5M	222	482	1147	2982	3924	-
35M	222	714	1026	2932	3899	-
29M	223	498	1039	3139	3950	4574
30M	223	519	1091	3142	4291	-
34M	223	713	1197	3033	3691	4734
20M	228	645	1133	2946	3900	-
45M	228	704	1054	2846	4003	-
28M	228	640	1091	3003	3680	4667
46M	230	467	1087	2778	4152	4848
2M	231	499	1026	3065	3687	-
25M	232	528	1090	2963	3949	4630
33M	232	483	1119	2934	3702	4761
6M	233	510	996	2927	3805	4554
3M	234	532	940	3231	3874	4632
14M	234	648	1131	2794	4238	-
47M	234	474	1052	3162	3868	-
8M	237	510	1047	3154	4026	-
7M	238	584	1080	2900	3816	-
27M	238	497	986	2897	3604	5062
4M	240	540	1002	3000	3720	4814
12M	256	504	1075	2778	3624	4725
15M	263	671	1049	3115	3771	4469
11M	267	672	1061	3056	3896	4630
1M	268	615	1132	2836	3710	5202

[u]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
34H	170	372	846	2738	3981	-
43H	154	288	843	2671	3303	-
2H	151	397	586	2098	3227	-
26H	151	304	645	2985	4014	-
13H	148	445	721	2641	3357	-
14H	147	385	818	2564	3490	4165
1H	138	344	873	2321	3535	4156
49H	138	281	690	3086	4276	-
44H	133	349	713	3025	3767	4141

[u]	F0	F1	F2	F3	F4	F5
48M	185	379	828	2596	3927	-
36M	188	388	800	2863	3909	4664
38M	188	362	764	2722	4153	-
42M	189	366	669	2740	3847	4909
44M	192	388	760	2469	4010	4404
13M	195	418	968	2851	3978	-
19M	195	380	767	2709	3697	4774
21M	195	383	888	2927	3744	4768
49M	198	346	875	2798	3940	4575

3H	132	370	817	2725	3567	4543
16H	132	398	824	2658	3495	4713
50H	132	622	904	2823	3696	-
10H	131	295	707	2601	3436	-
25H	127	345	758	2462	3755	5179
30H	127	378	951	2641	4126	-
47H	127	447	881	2525	3604	4124
7H	126	371	879	2542	3695	-
17H	126	377	809	2483	3492	4857
40H	126	372	667	2941	3786	4719
31H	126	372	668	2884	4031	-
45H	124	388	785	2723	3489	-
5H	123	324	795	2471	3722	-
19H	123	413	797	2502	3277	-
23H	123	474	794	2586	3426	-
21H	120	364	787	2837	3640	4696
46H	120	327	691	2777	3649	-
12H	118	384	822	2749	3436	4756
33H	118	463	622	2739	3694	-
18H	117	368	754	2233	3226	4750
36H	117	370	751	2906	3362	4666
48H	117	385	622	2902	3765	-
6H	116	353	772	2700	3486	4869
38H	116	258	645	3101	3482	
42H	116	390	783	2726	3165	4873
24H	116	349	733	2630	3627	-
29H	114	390	849	2717	3957	-
9H	112	365	739	2443	3189	3924
11H	110	320	710	2337	3071	4055
4H	109	297	799	2764	3589	-
27H	109	327	850	2798	3850	4371
39H	108	395	972	2825	4250	-
20H	106	295	861	2695	3780	-
8H	104	302	626	2690	3659	-
41H	102	484	736	2925	3575	-
28H	98	304	691	3089	3830	4522
22H	97	437	950	2765	-	-

24M	199	358	1003	2885	3777	4501
10M	201	423	983	2564	3534	4606
26M	201	405	863	2937	3719	4607
37M	203	389	913	2595	3829	4883
40M	203	386	806	2749	3664	4961
17M	205	422	887	2885	3455	4773
23M	208	440	871	3063	3984	-
16M	209	369	688	2727	3591	4914
18M	212	399	829	2328	3558	4808
32M	212	416	668	2885	3900	-
22M	213	437	984	2523	3651	4291
39M	213	367	850	2686	3713	4520
9M	214	447	1047	2851	4098	-
31M	215	414	1679*	3028	4293	-
41M	215	392	869	2562	3601	5007
43M	218	424	705	3010	4005	4364
50M	221	408	847	2639	3743	-
5M	222	448	1034	3016	4224	-
35M	222	417	873	2588	3928	-
29M	223	426	827	2952	3980	4659
30M	223	388	1537*	2863	4185	-
34M	223	457	850	2817	4355	4643
20M	228	444	911	2742	3589	4532
45M	228	379	914	2636	4088	-
28M	228	411	821	2758	3289	4474
46M	230	389	893	2474	3859	4689
2M	231	450	882	3045	3489	-
25M	232	399	952	2610	4111	4594
33M	232	407	857	2795	3825	4639
6M	233	477	766	2840	3684	4369
3M	234	482	825	3155	3686	-
14M	234	347	828	2924	3763	-
47M	234	466	992	3016	4051	-
8M	237	471	932	2898	3759	4560
7M	238	427	988	2788	3937	4547
27M	238	385	895	2754	3758	4426
4M	240	430.	800	2649	3834	4744

15H	95	328	694	2583	3746	4694
35H	94	381	935	2777	3643	4780
32H	86	395	759	2883	3912	4365
37H	80	304	760	3041	4032	4991

12M	256	440	988	2583	3603	4431
15M	263	468	803	2985	3894	4752
11M	267	455	819	2929	3539	4515
1M	268	457	834	2758	4050	-

Trabajo realizado como Trabajo de Fin de Grado de la Universitat Autònoma de Barcelona.
<https://www.uab.cat>