

Caracterización acústica de róticas percusivas en posición intervocálica con fines forenses

MARÍA GARCÍA ANTUÑA

Universidad de Sevilla (España)

mgantuna@us.es

Universidad de Alcalá (España)

m.garciaantuna@uah.edu.es

<https://orcid.org/0000-0003-4947-5317>

Cómo citar:

García Antuña, M. (2023): "Caracterización acústica de róticas percusivas en posición intervocálica con fines forenses", *Pragmalinguística*, 31, pp. 153-172. <https://doi.org/10.25267/Pragmalinguistica.2023.i31.07>

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE RÓTICAS PERCUSIVAS EN POSICIÓN INTERVOCÁLICA CON FINES FORENSES

RESUMEN: La lingüística forense es una rama de la lingüística aplicada que estudia la interfaz entre el lenguaje y el derecho, abarcando varios campos de estudio como la identificación forense de locutores, entre otros. Esta última es una de las ramas forenses que se enfrenta a dificultades metodológicas inherentes a su propio objeto de estudio: el habla, ya que se trata de una referencia biométrica sometida a numerosos factores de variabilidad (Delgado Romero, 2005: 117). Es por ello por lo que es necesario para el experto forense partir de estudios descriptivos de diferentes parámetros vocales que caractericen las poblaciones de referencia. De este modo, el objetivo fundamental de este artículo ha sido describir, en concreto, las consonantes róticas percusivas en posición intervocálica, centrándonos en el análisis de las variables sociolingüísticas.

PALABRAS CLAVE: identificación forense de locutores; acústica forense; róticas percusivas; intervariación; variación sociolingüística.

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Caracterización acústica de las róticas percusivas. 3. Metodología. 4. Análisis y resultados. 5. Conclusiones. 6. Referencias.

AN ACOUSTIC CHARACTERIZATION OF THE TAPS IN INTERVOCALIC CONTEXTS FOR FORENSIC PURPOSES

ABSTRACT: Forensic linguistics is a branch of applied linguistics, that study the relationship between Language and law and inside of these areas of application is the Forensic Speaker identification. The forensic identification of speakers is a field of the forensic sciences that starts off facing certain difficulties inherent to the actual subject matter, the speech, given that speech is a behavioural biometric subject to different variability factors (Delgado Romero, 2005: 117). Thus, descriptive analysis of the acoustic aspects of speech are required to enable forensic experts to characterize a reference population. The main objective of this article is to describe the acoustics characteristics of the tap production in intervocalic position.

KEYWORDS: forensic speaker identification; forensic acoustics; taps; intervariation; sociolinguistic variation.

SUMMARY: 1. Introduction. 2. An acoustic characterization of the taps. 3. Methodology. 4. Analysis and results. 5. Conclusions. 6. References.

CARACTÉRISATION ACOUSTIQUE DU TAP ALVÉOLAIRE EN POSITION INTERVOCALIQUE À DES FINS JUDICIAIRES

RÉSUMÉ: La linguistique judiciaire est considérée comme une branche de la linguistique appliquée, qui étudie l'interface entre la langue et le droit, couvrant divers domaines d'étude tels que l'identification juridique du locuteur, entre autres. L'identification vocale est l'une des diverses branches de la criminologie qui se heurte à des difficultés méthodologiques inhérentes à son propre objet d'étude : la parole, puisqu'il s'agit d'une référence biométrique soumise à de nombreux facteurs de variabilité (Delgado Romero, 2005: 117). C'est pourquoi il est nécessaire pour l'expert en linguistique judiciaire de partir d'études descriptives des différents paramètres vocaux qui dimensionnent les populations de référence. Ainsi, l'objectif principal de cet article a été de décrire, en particulier, les consonnes rhotiques percussives en position intervocalique, en se concentrant sur l'analyse des variables sociolinguistiques.

MOTS-CLÉS: identification juridique du locuteur; acoustique judiciaire; tap alvéolaire; intervariation; variation sociolinguistique.

SOMMAIRE: 1 Introduction. 2. Caractérisation acoustique de le tap alvéolaire. 3. Méthodologie. 4. Analyse et résultats. 5. Conclusions. 6. Références.

Fecha de recepción: 15/09/2022

Fecha de revisión: 15/12/2022

Fecha de aceptación: 10/01/2023

Fecha de publicación: 01/12/2023

1. Introducción

Este artículo se ubica dentro de la Lingüística Aplicada, concretamente, se incluye dentro de lo que se ha denominado Lingüística Forense, entendida como la interfaz entre lenguaje y derecho que abarca el estudio de distintas áreas: el lenguaje jurídico, el lenguaje judicial y la evidencia lingüística forense (Gibbons y Turell, 2008: 1-4). Dentro del tercer bloque hallamos, tal y como expresa Queralt (2020: 213), “el gran abanico de situaciones en que se requieren los conocimientos de los lingüistas forenses durante procesos policiales o judiciales, ya sea como asesores o como expertos que aporten informes periciales”.

Entre estas pruebas lingüísticas forenses, encontramos la identificación de locutores, que es una rama de las ciencias forenses que parte de unas dificultades intrínsecas al propio objeto de estudio, el habla. Puesto que el habla es una “referencia biométrica de comportamiento sujeta a diferentes factores de variabilidad (producción articulatoria y fonatoria, componentes emocionales, expresivos, retóricos, etc.)”, esta “se revela como uno de los retos de investigación forense de mayor complejidad” (Delgado Romero, 2005: 117). De esto deriva el hecho de que hayan sido varias las perspectivas metodológicas desde las que se ha abordado el objeto de estudio. Así, las características intrínsecas de cada laboratorio forense ha sido el principal condicionante de su opción metodológica (Delgado Romero, 2020: 65).

Esto ha hecho que no exista un único método validado por todos los laboratorios. De este modo, en la investigación realizada en 2016 por la Organización Internacional de Policía Criminal INTERPOL (Stewart Morrison *et al.*, 2016) se visualiza, a partir de una encuesta en la que participaron 91 laboratorios de 69 países de los 190 miembros de la organización, la utilización de las distintas metodologías utilizadas:

(a) Método exclusivamente auditivo realizado por fonetistas forenses que emiten una valoración cualitativa tras la escucha de una grabación de voz.

(b) Método espectrográfico o espectrográfico-auditivo realizado por fonetistas forenses, que emiten una valoración cualitativa tras analizar espectrogramas y tras la escucha de las grabaciones de voz.

(c) Método auditivo-acústico-fonético realizado por expertos en fonética forense, que emiten una valoración cualitativa tras la escucha de grabaciones y el análisis de parámetros acústicos.

(d) Método fonético-acústico (con modelos estadísticos) realizado por fonetistas forenses que realizan análisis cuantitativos de parámetros acústicos utilizando la estadística.

(e) Aproximaciones automáticas supervisadas por fonetistas forenses o ingenieros expertos en procesamiento de señales con la utilización de metodología estadística para la emisión del resultado.

(f) Métodos totalmente automáticos realizados por profesionales no expertos en fonética forense sin ningún tipo de formación avanzada en procesamiento y análisis de voz, fonética o evaluación de la evidencia forense.

A pesar de que los métodos más utilizados, tal y como puede verse en la figura 1, son el método auditivo-acústico-fonético, seguido por el espectrográfico/auditivo o el método automático supervisado por expertos, la mayoría de los encuestados revelaron que combinaban varios enfoques para la elaboración de sus informes.

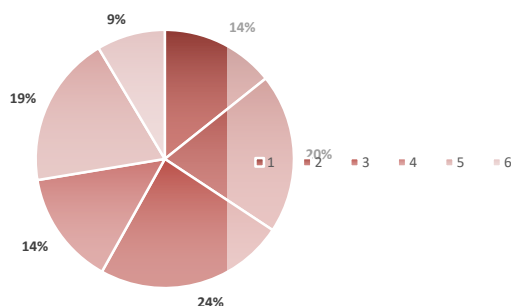


Figura 1. Metodología utilizada para la identificación de locutores por los laboratorios miembros de la Organización Internacional de Policía Criminal INTERPOL. Fuente: Stewart Morrison *et al.* (2016: 94). Elaboración propia

Según este estudio, los métodos más utilizados por los laboratorios oficiales encuestados son métodos basados en análisis cualitativos, sin embargo, la Red Europea de Institutos de Ciencias Forenses (ENFSI) en su *Methodological Guidelines for Best Practice in Forensic Semiautomatic and Automatic Speaker Recognition* (Drygajlo *et al.*, 2015) aboga por el uso del sistema de reconocimiento automático o semiautomático de voces, donde impera el análisis cuantitativo y estadístico. En esta guía se advierte, no obstante, que este tipo de métodos exige que las muestras de audio proporcionadas para el análisis cumplan una serie de requisitos imprescindibles. Es por ello, por lo que algunos laboratorios oficiales, a pesar de haber incorporado los sistemas de reconocimiento automático por su “agilidad comparativa ante grandes cantidades de información o reconocimiento independiente de texto”, siguen visualizando estos sistemas “como una alternativa complementaria a las aproximaciones de estudio combinadas” (Delgado Romero, 2005: 127), donde son imprescindibles para

el experto estudios descriptivos tanto acústicos como articulatorios de consonantes y vocales que sirven de referencia en sus peritajes¹.

Es aquí donde ubicamos nuestro trabajo, con el que pretendemos realizar un estudio de las róticas percusivas en posición intervocálica con fines forenses. Aunque han sido bastantes las investigaciones relacionadas con la caracterización acústica de los distintos sonidos (véase, en este sentido, Blecua *et al.*, 2014), tal y como apuntan estos autores (2014: 16), apenas se encuentran estudios de referencia sobre vibrantes, siendo estas, “por su propia naturaleza, [...], el tipo de segmento idóneo para ser analizado durante el proceso de comparación de voces con fines judiciales”.

Otro de los motivos para la elección de las consonantes sonantes róticas percusivas para este artículo es su frecuencia de aparición en los informes periciales forenses. En la investigación llevada a cabo conjuntamente por algunos miembros del Laboratorio de Acústica de la Policía Científica y miembros del CSIC (Delgado Romero, *et al.*, 2009: 33) se intentó estratificar “en orden a su mayor o menor relevancia identificativa los diferentes rasgos Gestalt² que caracterizan el habla”. Para ello, se estableció un orden jerárquico de frecuencia de aparición de determinados sonidos en 119 peritajes realizados por la Policía Científica entre 1998 y 2002 que concluían con un nivel de decisión de la máxima certeza. En esta estratificación por frecuencia de aparición, las consonantes sonantes róticas tienen una especial relevancia, únicamente precedidas por algunas vocales (“a” y “e”) y la consonante “s”.

El objetivo de este artículo, por tanto, ha sido describir las consonantes róticas percusivas en posición intervocálica, centrándonos en el análisis de las variables sociolingüísticas que influyen en el grado de relajación en la articulación de este segmento consonántico. Aunque la mayoría de las investigaciones, que han sido la base teórica de este experimento, se centran en el estudio de las variables que influyen en este menor o mayor grado de relajación (como el tipo de sílaba, la duración, las vocales adyacentes, etc.), en algunos se ha observado también que la tensión o relajación articulatoria puede estar relacionada con cuestiones puramente estilísticas (variación diafásica). Siguiendo estos planteamientos que vinculan la realización de la consonante con la variación sociolingüística, nos hemos planteado la posibilidad de que sean otras las variables que pueden afectar a la realización de estas manifestaciones acústicas, como la localización geográfica (va-

¹ De este modo, Giménez García *et al.* (2019: 55) abogan, además, por la utilización “de grandes corpus lingüísticos que sirvan para calcular la Referencia de Distribución Poblacional o [...] la necesidad de desarrollar herramientas específicas para medir la distancia idiolectal entre autores (proyecto IS/DI, Turell, 2012-2015)”.

² Los parámetros Gestalt, tal y como lo definen los autores del artículo, son aquellos parámetros que pueden ser evaluados a través de inputs perceptivo-instrumentales. (Delgado Romero, *et al.*, 2009: 33).

riación diatópica), el sexo del locutor (variación diasexual) o el estrato socio-cultural (variación diastrática). Sobre estos postulados teóricos se erigirá la hipótesis general de nuestro experimento, a partir del análisis de 540 realizaciones de 60 hablantes distribuidos sociolingüísticamente por región, sexo, edad y nivel sociocultural, extraídos de la base de datos policial, *LOCUPOL*.

2. Caracterización acústica de las róticas percusivas

Desde el punto de vista fonológico, el español tiene dos “segmentos róticos: /r/ y /r/” (cf. RAE, 2011: 245). Tradicionalmente, se han denominado vibrante simple /r/ y vibrante múltiple /r/, no obstante, la RAE arguye el “carácter contradictorio de la denominación vibrante simple y la tautología que supone referirse a una vibrante múltiple puesto que una vibración siempre indica un movimiento repetido”. De este modo, propone una nueva terminología que ha sido la adoptada en este artículo: vibrante para /r/ (de *carro*, por ejemplo) y percusiva, para referirse a la consonante /r/ (de *caro*). Ambos fonemas se distinguen entre sí por un único rasgo distintivo (+/- continuo), así, mientras que en la pronunciación de la percusiva se observa una pequeña obstrucción a la salida de aire (-continuo), en la consonante vibrante es necesario un apoyo vocálico constante y casi no se aprecia interrupción (+continuo) (RAE, 2011: 246). Desde una perspectiva fonética, concretamente desde la fonética articulatoria, en la última edición de la gramática de la RAE, gracias a las técnicas de electropalatografía, se describen ambas consonantes como sonidos diferentes, al realizarse la percusiva “en la subzona alveolar y la vibrante, en la zona postalveolar” (2011: 249).

A continuación, realizamos la descripción articulatoria y fonética de este segmento consonántico.

La articulación de la rótica percusiva (la tradicionalmente denominada vibrante simple) es descrita por Navarro Tomás (1918/2004: 115) de la siguiente manera:

Labios y mandíbulas, según los sonidos vecinos; los bordes laterales de la lengua, apoyándose contra la cara interior y las encías de los molares superiores, cierran la salida del aire por ambos lados del paladar; la punta de la lengua, convenientemente adelgazada, se eleva con gran rapidez, recogiendo al mismo tiempo un poco hacia dentro y tocando con sus bordes, sin detenerse, los alvéolos de los incisivos superiores; este contacto aunque débil y momentáneo, forma, en pronunciación relativamente esmerada, una oclusión completa, después de la cual la lengua pasa a formar la articulación siguiente, o bien vuelve a su posición de reposo [...].

Desde el punto de vista acústico, las róticas, en general, “se caracterizan por las breves interrupciones de la energía que forman pequeñas oclusivas que llevan hasta la barra de explosión” (Martínez Celdrán, 1998: 94). La percusiva se caracteriza por un único período de oclusión de una media de 20 ms., mientras que la vibrante posee dos o más interrupciones. Además, la consonante percusiva se suele caracterizar por “presentar un formante o barra de sonoridad en las zonas de baja frecuencia” (RAE, 2011: 250).

Por otra parte, al igual que otras consonantes, las róticas también sufren el fenómeno de la variación, que provoca “la aparición de alófonos de diversas características e incluso elisiones”. Según la RAE (2011: 254), “los principales procesos que experimentan los segmentos róticos se relacionan con el modo de articulación, [...] que puede cambiar debido a fenómenos de debilitamiento vinculados a la posición que ocupan en la sílaba”. Así, podemos identificar como alófonos de los fonemas róticos percusivos los siguientes: [ɾ] percusiva (*flat* o *tap*), [ɻ] aproximante y [z] fricativa (o asibilada).

Según Blecua (2001), estos alófonos pueden ser ordenados según el grado de tensión articulatoria en la pronunciación de cada uno de ellos, lo que podría ser representado como se muestra en la figura 2:



Figura 2. Manifestaciones acústicas de la percusiva intervocálica ordenadas en función del grado de relajación. Fuente: B. Blecua (2001: 205). Elaboración propia

Una vez descrito el sonido percusivo (oclusivo o *tap*), creemos necesario hacer alusión al alófono aproximante, debido a la relevancia que ha tenido en nuestro corpus. La articulación aproximante es atribuida a estilos de habla informales (Navarro Tomás, 1918/2004; RAE, 2011: 255), y a dialectos innovadores y se caracteriza acústicamente por tener una estructura formántica. Estos formantes pueden tener mayor o menor intensidad.

En nuestro estudio, de los alófonos establecidos por Blecua (2001) para la rótica percusiva y reseñados en el marco teórico, hemos encontrado los siguientes ejemplos en posición intervocálica: realización percusiva (caracterizada por la presencia de una oclusión), realización aproximante (caracterizada por la presencia de formantes) y la elisión, no habiéndose encontrado ningún ejemplo de realización fricativa. Debemos tener en cuenta, por otra parte, que entre los dos primeros

alófonos solo existe una diferencia de grado. Podemos encontrar sonidos percusivos [+ aproximantes] o [+ oclusivos], de ahí la dificultad de establecer un criterio uniforme, que nos hiciera llegar a conclusiones más o menos fiables. De este modo, solo consideramos la variante aproximante en aquellos casos en los que la intensidad del segmento consonántico era similar a la de las vocales circundantes, como el siguiente ejemplo (véase figura 3):

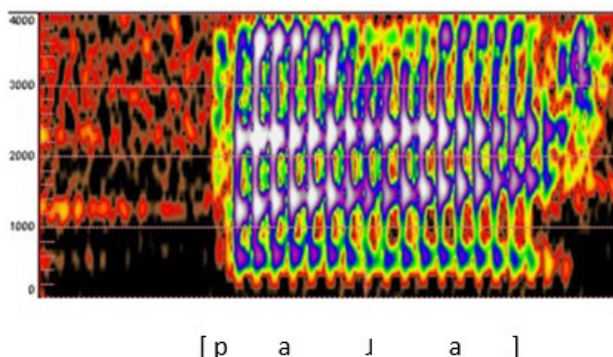


Figura 3. Espectrograma de la palabra “para”. Rótica intervocálica clasificada como aproximante. Fuente: LOCUPOL (113)

Por otra parte, se han hallado ejemplos de realizaciones claramente oclusivas caracterizadas, en la mayoría de los casos, por la presencia de una barra de explosión como la representada en la figura 4:

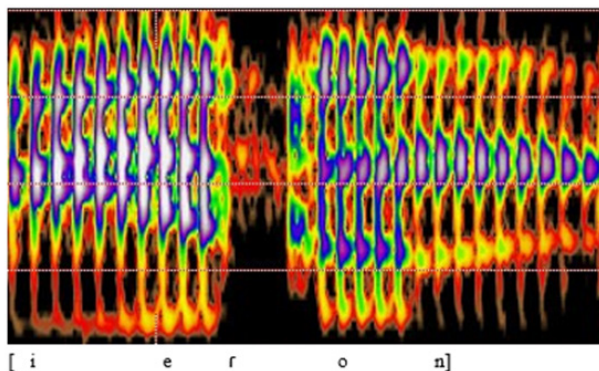


Figura 4. Espectrograma del segmento “ieron” de la palabra “volvieron”. Rótica intervocálica clasificada como percusiva. Fuente: LOCUPOL (142)

3. Metodología

Para la consecución del objetivo principal de esta investigación se ha realizado un primer análisis de las 540 consonantes róticas percusivas en posición intervocálica para su caracterización acústica y un segundo análisis, para verificar mediante datos empíricos la hipótesis de que existen diferencias significativas en la realización de estas consonantes sonantes róticas dependientes de otras variables sociolingüísticas, como son la variable diatópica, la variable diasexual y la variable diastrática.

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL CORPUS

El corpus del que se han obtenido los datos ha sido extraído de la Base de Datos *LOCUPOL* del Laboratorio de Acústica Forense de la Comisaría General de la Policía Científica. Esta base de datos de casi 300 locutores empezó a crearse a finales de los años 90 y dejó de actualizarse en 2005. Su finalidad ha sido las “investigaciones encaminadas a la actualización y establecimiento de las referencias y sistemas de análisis en las que se sustentan las bases científicas de los informes periciales emitidos por el Laboratorio de Acústica Forense y otro tipo de investigaciones científico-forenses relacionadas con la acústica y las ciencias del habla” y el uso de esta se ha reservado a las investigaciones policiales (BOE, 1999: 24734).

Cada informante aportó a la base de datos una ficha con información personal relevante para estudios sociolingüísticos como el nuestro (edad, sexo, residencia, residencia de los progenitores, nivel de formación académica, patologías, traumatismo o problemas físicos relacionados con el aparato respiratorio y fonador y hábitos en relación con el tabaco y complexión física). Además, se le realizaron dos grabaciones, una grabación microfónica y otra telefónica, de una muestra de voz. En esta investigación se utilizaron las grabaciones telefónicas, dada la relevancia de este tipo de grabaciones en el ámbito forense.

3.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS GRABACIONES

Las grabaciones se realizaron con un dispositivo analógico de grabación marca Sony, modelo TC-D5 PRO II. Posteriormente, estas grabaciones fueron digitalizadas mediante el programa de edición de audio Sound Forge, también de la marca Sony, en formato .wav con los siguientes parámetros: 11.025 Hz 16 bit Mono. En la toma de muestras, cada hablante tuvo que leer un texto con unas características lingüísticas particulares. Se trata de un texto balanceado creado *ad hoc* para este corpus.

3.3. LA SELECCIÓN DE LOS INFORMANTES

La selección de los hablantes de nuestro corpus dependió de las características sociolingüísticas de *LOCUPOL*. De este modo, se escogieron aquellas regiones que contaban con un número relevante de informantes y se seleccionaron solo aquellos que habían vivido toda su vida en la misma región, con el fin de que hubiese muestras representativas de cada perfil de locutor. A continuación, en la siguiente tabla, mostramos el número total de informantes seleccionados (60) y su caracterización sociolingüística:

	COMUNIDAD DE MADRID		GALICIA	
	HOMBRE	MUJER	HOMBRE	MUJER
SIN ESTUDIOS SUPERIORES	5	5	5	5
CON ESTUDIOS SUPERIORES	5	5	5	5
	COMUNIDAD VALENCIANA			
	HOMBRE	MUJER		
SIN ESTUDIOS SUPERIORES	5	5		
CON ESTUDIOS SUPERIORES	5	5		

Tabla 1. Selección de informantes y caracterización sociolingüística.
Fuente: elaboración propia

3.4. PARÁMETROS ANALIZADOS

El corpus ha proporcionado 9 palabras con consonantes róticas percusivas en posición intervocálica (era, fuera, aire, moría, cara, siquiera, para, lectores y volvieron). Por cada una de estas realizaciones se han registrado 19 datos, alcanzando un total de 10.260. Así, se han analizado 5 parámetros relativos al informante (número de informante de nuestro corpus, número identificativos de *LOCUPOL*, región, sexo y nivel sociocultural), 2 parámetros relativos al contexto articulatorio (palabra y tipo de sílaba) y al menos 12 parámetros acústicos (du-

ración de los elementos analizados, número de barras de explosión, alturas frecuenciales de las agrupaciones de energías de los elementos aproximantes y de las vocales adyacentes).

3.5. APLICACIONES INFORMÁTICAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS ACÚSTICO

Han sido dos las herramientas informáticas utilizadas en relación con el análisis acústico de los datos. Para la obtención de imágenes hemos utilizado el programa de licencia gratuita Praat en su versión 4.4.20, desarrollado en la Universidad de Amsterdam. Este programa nos permite de modo simultáneo obtener el espectrograma y el oscilograma de una realización acústica determinada.

Para la extracción de los datos se ha contado únicamente con el programa MultiSpeech de KayPentax (Real-Time Spectrogram, modelo 5129, versión 3.1.4.), el cual, entre otras ventajas, permite la audición y simultánea visualización en tiempo real de un espectrograma en blanco y negro y en distintas combinaciones de colores (RT Spectrogram).

3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Tras la extracción de los datos con el programa MultiSpeech de KayPentax (Real-Time Spectrogram, modelo 5129, versión 3.1.4.), ha sido necesario un análisis estadístico de los datos que nos ha permitido llegar a unas conclusiones generales sobre las características acústicas de las consonantes róticas en distintos contextos articulatorios y sobre la influencia de determinadas variantes sociolingüísticas en la pronunciación de estas. Respecto al tratamiento estadístico de estos datos, lo hemos realizado con el software SPSS versión 12.0 para Windows.

Una vez establecidas las variables categóricas (cualitativas o nominales) y las variables intercalares (cuantitativas), se introdujeron todos los datos. Para analizar el grado de dependencia entre las variables, se aplicó la prueba de independencia Chi-cuadrado, cuyo cálculo nos permitió afirmar con un nivel de confianza estadístico determinado si los niveles de una variable influían en los niveles de la otra variable analizada.

Cuando esa dependencia fue detectada, se realizaron las siguientes pruebas:

1. La prueba para el análisis de variables cualitativas ha sido la Prueba z, que nos permite determinar si existen diferencias, estadísticamente significativas, entre los porcentajes obtenidos por cada una de las categorías de la variable cualitativa sita en las columnas (por ejemplo, modo de realización), de

acuerdo con el cruce con la variable ubicada en las filas (región).

2. La prueba utilizada para el análisis de variables cuantitativas (como la duración) ha sido la Prueba T para dos muestras independientes y el método de análisis ANOVA, que se trata de una generalización de la anterior en el caso de diseños con más de dos muestras (por ejemplo, cuando analizamos la variable región, cuatro muestras). Sin embargo, la prueba ANOVA aun permitiéndonos establecer que sí existe, al menos, una diferencia significativa entre los grupos, no nos permite saber cuántas, ni entre qué medias. Para saber qué media difiere de otra tuvimos que utilizar un tipo particular de contrastes denominados comparaciones múltiples Post-hoc, concretamente, hemos utilizado la prueba HSD de Tukey.

4. Análisis y resultados

En el capítulo teórico, adelantamos cómo, según el grado de tensión articulatoria en la pronunciación de la consonante rótica percusiva, se producen diferentes alófonos. Ya Navarro Tomás (1918) atribuía dicha relajación en la producción a la familiaridad en la pronunciación, del mismo modo que Martínez Celdrán (1984: 337), en este sentido, relacionaba la producción de una u otra variante con cuestiones estilísticas. Blecua (2001: 339), por su parte, también establece la hipótesis de que “la aparición de un mayor porcentaje de unas formas u otras depende en gran medida del estilo de habla”. Todos ellos coinciden en que este mayor o menor grado de relajación se atribuye a la variación diafásica.

En este apartado, en primer lugar, caracterizaremos acústicamente el sonido rótico seleccionado a partir de las realizaciones analizadas y, en segundo lugar, trataremos de establecer hasta qué punto otras variables sociolingüísticas (diatópica, diasexual y diastrática) influyen en la selección de una u otra variante de realización.

4.1. ANÁLISIS I. CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE LAS CONSONANTES RÓTICAS PERCUSIVAS EN POSICIÓN INTERVOCÁLICA

Tras el análisis del corpus hemos podido hallar, como adelantábamos en el apartado teórico, diferentes realizaciones del fonema percusivo. En la tabla 2, podemos observar cómo predomina la realización percusiva (*tap*) (305), seguida de la aproximante (201), no siendo especialmente relevante aquellas realizaciones donde se produce la pérdida del elemento consonántico (17).

	FRECUENCIA	PORCENTAJE
PERCUSIVA	305	56,5%
APROXIMANTE	201	37,2%
ELISIÓN	17	3,15%
NO SE PUEDE MEDIR	17	3,15%
Total	540	100%

Tabla 2. Frecuencia y porcentaje de las realizaciones acústicas de la consonante percusiva /ɾ/ en posición intervocálica. Fuente: elaboración propia

4.1.1. *Parámetros frecuenciales analizados*

Tras analizar las alturas frecuenciales de las agrupaciones de energía con estructura formántica de las *aproximantes* y las de las vocales adyacentes, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- El F1 del sonido rótico está situado, en general, en frecuencias más bajas que el de las vocales circundantes en casi todos los contextos, tal y como puede comprobarse en el gráfico 2, donde F1 corresponde al formante de la aproximante, F1A, al formante de la vocal anterior y F1P, al formante de la vocal posterior (véase figura 5).

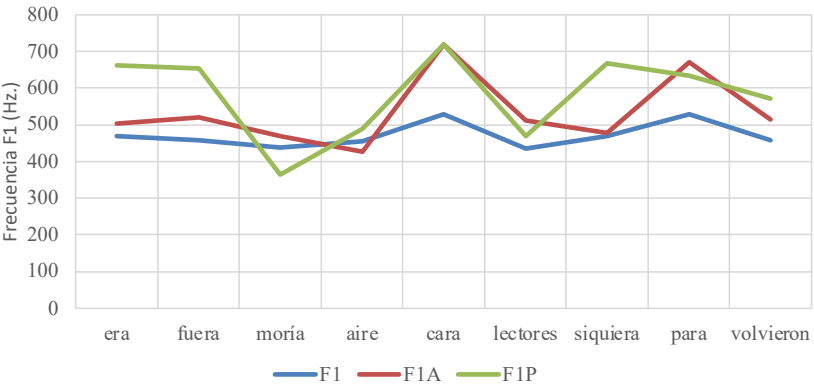


Figura 5. Gráfico de medias de las frecuencias de F1 (Hz.) del elemento aproximante y de los elementos vocálicos adyacentes (F1A, vocal anterior; F1P, vocal posterior). Fuente: elaboración propia

- La vocal precedente (F1A) ejerce una mayor influencia en la variabilidad del F1 de la aproximante, que la vocal posterior (F1B).

- El grado de abertura de las vocales contiguas (obsérvese los casos de *cara* y *para*) influye considerablemente en la frecuencia F1 del elemento consonántico analizado.
- El F2 del sonido rótico está situado, en la mayoría de los casos (6 palabras), entre el F2 de la vocal precedente y el F2 de la vocal siguiente. Únicamente en el caso de la palabra *fuera* la altura frecuencial del F2 del elemento aproximante supera a la de los formantes de las vocales. En aquellos casos en los que las vocales adyacentes coinciden (*cara* y *para*) las frecuencias del F2 del segmento consonántico obtiene valores más bajos (véase figura 6).

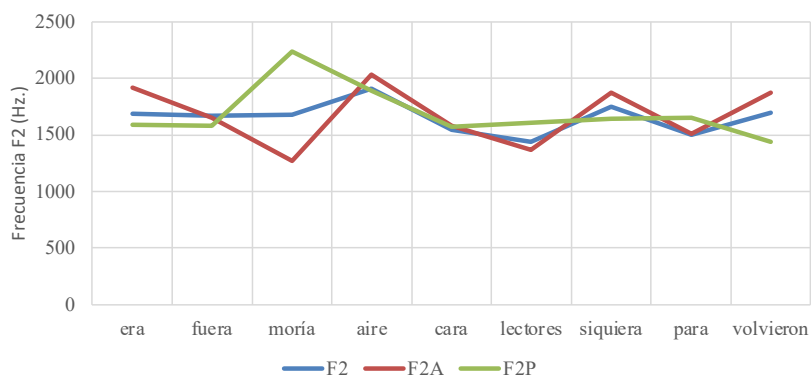


Figura 6. Gráfico de medias de las frecuencias de F2 del elemento aproximante y de los elementos vocálicos adyacentes (F2A, vocal anterior; F2P, vocal posterior).
Fuente: elaboración propia

- No hemos encontrado un patrón que relacione las alturas frecuenciales del F3 de los elementos analizados. Sí podemos decir, en cambio, si atendemos a la comparación de las medias de los valores analizados y como puede comprobarse en la tabla 3, que no existe una mayor influencia de la vocal precedente en la altura frecuencial del F3 del segmento consonántico.

	F3	F3A	F3P
MEDIA (Hz.)	2539,82	2508,11	2519,34

Tabla 3. Medias de las frecuencias de f3 del elemento aproximante y de los elementos vocálicos adyacentes (F3A, vocal anterior; F3P, vocal posterior).
Fuente: elaboración propia

4.1.2. Parámetros temporales analizados

Tras un análisis estadístico descriptivo de la media de los valores obtenidos, podemos concluir diciendo que la media de la duración de

este segmento rótico ha sido de 22,07 ms. En este apartado, también nos interesaba saber si existía una relación de dependencia entre la variable *duración* y la variable *modo de realización acústica*. Para ello, fue necesaria la comparación de medias con el método de análisis ANOVA y el resultado fue estadísticamente significativo ($p = ,0000$). En las realizaciones acústicas percusivas se observa una mayor duración de la media (23,79 ms.), frente a la media de duración de las realizaciones aproximantes (19,18 ms.). Tras la aplicación del análisis de varianza ANOVA y para un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), se encontró que $p = 0,000$, por lo tanto, podemos afirmar que existe un nivel de dependencia entre ambas variables, lo que implica que el tipo de pronunciación influye en la duración del segmento rótico.

Finalmente, hemos considerado una posible influencia de la palabra pronunciada en la duración del elemento rótico, hallándose resultados significativos. Así, se ha detectado una mayor duración media (29,48 ms.) de /r/ en la realización de la palabra *aire*, probablemente, debido a su posición inicial de párrafo dentro del texto balanceado.

4.2. ANÁLISIS II. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Una vez descritas de manera general las características acústicas de los segmentos róticos descritos (realización y duración) en este primer análisis, se ha analizado su distribución teniendo en cuenta las variantes sociolingüísticas seleccionadas (diatópica, diasexual y diatrática) y se han llevado a cabo pruebas estadísticas para comprobar si las diferencias encontradas son relevantes.

Así, la comparación de los datos obtenidos nos ha permitido realizar las siguientes observaciones.

4.2.1. *La variación diatópica y la producción del segmento rótico percusivo en posición intervocálica*

Desde el punto de vista estadístico, solo podemos afirmar que existen diferencias significativas entre la producción del fonema percusivo de los informantes de Galicia seleccionados (con un predominio de la realización aproximante) frente a la de los informantes seleccionados de la Comunidad de Madrid. Entre los informantes seleccionados de la Comunidad Valenciana existe una tendencia a la oclusión del fonema percusivo. También, como puede comprobarse en la figura 7, es en las producciones de los informantes analizados de Galicia, donde encontramos una mayor pérdida de la consonante, de lo que podemos extraer como conclusión, que los locutores analizados de Galicia presentan una tendencia a una mayor relajación en la articulación del segmento rótico en posición intervocálica.

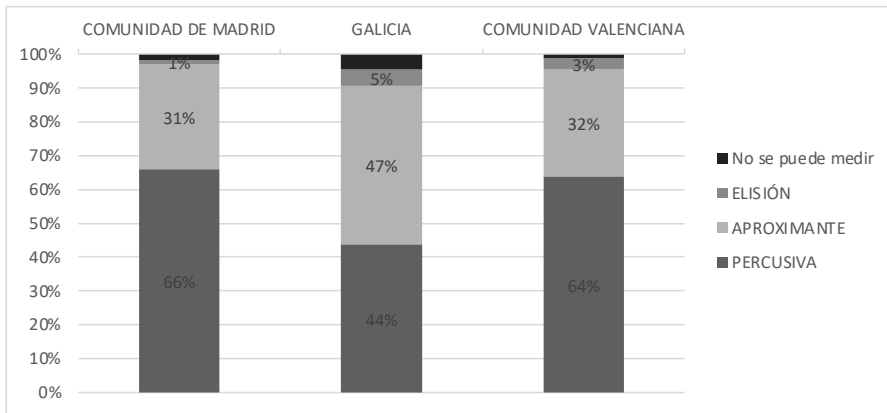


Figura 7. Porcentaje de realizaciones acústicas de la consonante percusiva en contexto intervocálico según la región de los informantes. Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, debemos también incluir en este apartado el análisis de la duración del segmento consonántico, cuya duración media es mayor en las realizaciones de los hablantes seleccionados de la Comunidad de Madrid (23,82 ms.) que en aquellas realizaciones de los hablantes analizados de Galicia (21,12 ms.) y que en las de los hablantes seleccionados de la Comunidad Valenciana (20,7 ms.) Los resultados estadísticos extraídos (HSD de Tukey) corroboran que entre estas medias analizadas existen diferencias significativas al nivel .05 (véase figura 8).

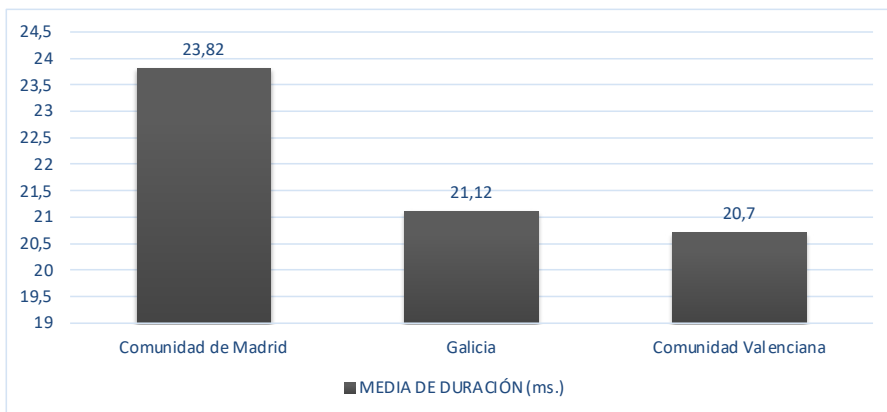


Figura 8. Duración media (ms.) de la consonante percusiva en contexto intervocálico según la región de los informantes. Fuente: Elaboración propia

4.2.2. La variación diasexual y la producción del segmento rótico percusivo en posición intervocálica

Desde el punto de vista estadístico, podemos afirmar que el análisis de la distribución de las realizaciones acústicas en función del sexo del informante, indica que esta variable influye significativamente en la realización de la percusiva. De este modo, podemos comprobar tras el análisis, un mayor esfuerzo articulatorio en las informantes de sexo femenino, que se ve reforzado por una mayor media de duración del elemento consonántico. El contraste, estadísticamente significativo, entre las realizaciones percusivas y aproximantes entre hombres y mujeres puede comprobarse en la figura 9.

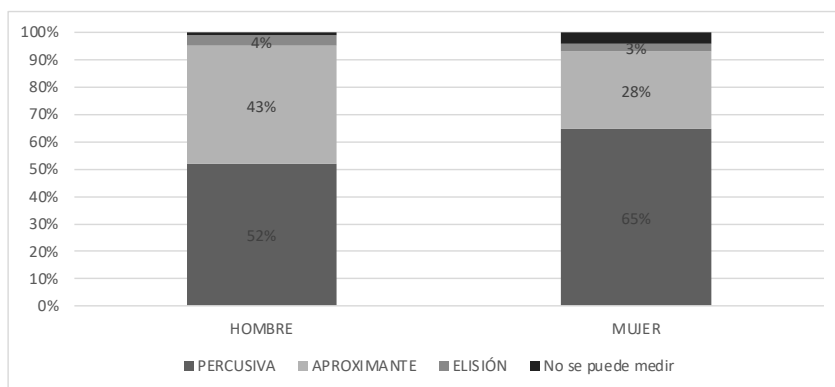


Figura 9. Porcentaje de realizaciones acústicas de la consonante percusiva en contexto intervocálico según el sexo del informante. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, aunque no existen diferencias estadísticamente relevantes, la media de duración del segmento rótico en los hombres (21,91 ms.) es algo inferior a la media de duración de las mujeres (22,24 ms.).

4.2.3. La variación diastrática y la producción del segmento rótico percusivo en posición intervocálica

El análisis de la distribución de las distintas realizaciones y la duración de los segmentos róticos en posición intervocálica, teniendo en cuenta la relación con la variante diastrática, no ha aportado datos estadísticamente significativos que nos permitan establecer unas conclusiones definitivas. El porcentaje de las realizaciones acústicas de la consonante percusiva en contexto intervocálico según el nivel de estudios de los informantes puede comprobarse en la figura 10.

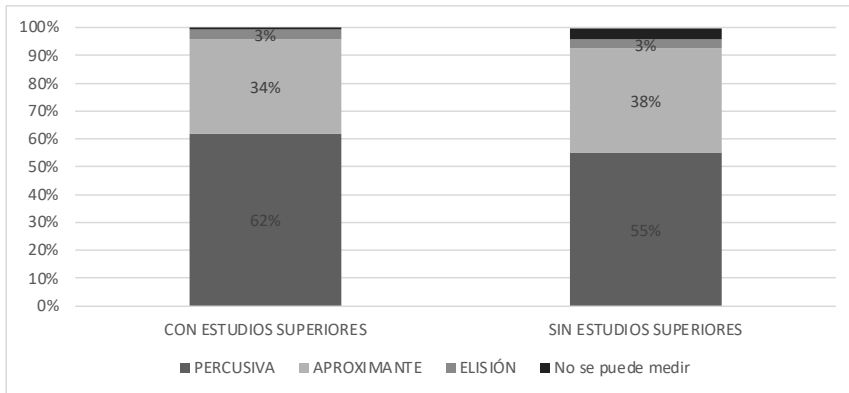


Figura 10. Porcentaje de realizaciones acústicas de la consonante percusiva en contexto intervocálico según el nivel de estudios de los informantes. Fuente: Elaboración propia

La media de duración del segmento percusivo ha sido algo mayor en la realización de los informantes con estudios superiores (22,42 ms.) que aquellos que no los tenían (21,72 ms.).

5. Conclusiones

En todo proceso de comparación de referencias biométricas en el entorno forense y, especialmente, en el análisis de emisiones habladas, la consideración de los diferentes parámetros vocales que dimensionan las poblaciones de referencia cobra una especial significación. Un rasgo tendrá un mayor o menor peso identificativo a nivel individual en función de la frecuencia de aparición de dicho rasgo en la población de referencia analizada. De ahí, la relevancia de efectuar estudios de carácter cuantitativo como es el caso que nos ocupa. Este tipo de evaluaciones permiten, de una parte, establecer una base de comparación de valor orientativo y, de otra, dimensionar con mayor precisión el poder de caracterización de cada elemento analizado. Han sido dos los objetivos propuestos en este trabajo. El primero ha consistido en la caracterización acústica de los segmentos consonánticos róticos percusivos en posición intervocálica. El segundo objetivo ha sido demostrar la hipótesis general, que proponía la distribución de las distintas realizaciones acústicas de los fonemas róticos percusivos en posición intervocálica dependiente de variables sociolingüísticas como la variación diatópica (hablantes seleccionados de la Base de datos *LOCUPOL* de la Comunidad de Madrid, Galicia y Comunidad Valenciana), la variación diasexual (hombre y mujer) y la variación diastrática (con estudios superiores y sin estudios superiores).

El análisis de los datos y su posterior tratamiento estadístico nos ha permitido establecer una serie de conclusiones generales sobre la caracterización acústicas de los elementos róticos.

Análisis I. Se ha observado un predominio de la realización percusiva [ɾ] del segmento rótico en posición intervocálica interior de todas las palabras analizadas. La duración media de este tipo de realización es de 23,79 ms. No obstante, la realización aproximante es significativamente más frecuente en las sílabas átonas que en las tónicas. La duración media de este segmento consonántico es de 19,18 ms. Existe una diferencia estadísticamente relevante entre las medias de duración de una y otra realización, debido a que el grado de tensión en los sonidos tensos se manifiesta por una mayor presión aérea del punto de articulación y a una rigidez de los músculos, que consiguientemente exige una mayor duración del sonido (Martínez Celdrán, 1998: 53). Por otra parte, tras el análisis de las agrupaciones de energía con estructura formántica de las realizaciones aproximantes, hemos observado una mayor influencia de los dos primeros formantes de la vocal precedente. Además, podemos añadir que estas realizaciones aproximantes se caracterizan por un descenso en la intensidad respecto a las vocales adyacentes. Los datos extraídos corroboran la hipótesis mantenida por Blecia (2001) en su estudio de las vibrantes, en el que afirma que la realización de una u otra manifestación acústica se debe a un menor o mayor grado de relajación en la articulación del sonido. En este sentido, el hecho de que el mayor número de elisiones del segmento consonántico se produzca en la pronunciación de una palabra sita en final de frase (“volvieron”) y el hecho de que el elemento rótico más relevante en cuanto a la media de su duración lo haga en una palabra situada en el comienzo de un párrafo (“aire”), parece verificar tal afirmación.

Análisis II. En cuanto a la influencia de variables sociolingüísticas en la realización de las consonantes róticas y en su duración, en la mayoría de los estudios consultados, la elección de una realización u otra se ha atribuido a cuestiones de carácter estilístico (variación diafásica). Así, el alargamiento del segmento consonántico o el mayor grado de tensión en su articulación se han vinculado con los estilos de habla enfáticos. Nuestro propósito, era demostrar que, no solo la variación diafásica repercute en estos factores, sino también otras variables sociolingüísticas. De este modo, hemos llegado a las siguientes conclusiones que verifican nuestra hipótesis inicial:

- a) Desde el punto de vista diatópico, la realización aproximante de la percusiva /ɾ/ en posición intervocálica es significativamente más frecuente entre los informantes seleccionados de Galicia que entre los seleccionados de las otras dos regiones de España. Asimismo, son los informantes seleccionados de Galicia aquellos que presentan una mayor pérdida de este segmen-

to consonántico. La media de duración de este elemento rótico es menor en la realización de los informantes seleccionados de Galicia (21,12 ms.) y de la Comunidad Valenciana (20,70 ms.) que en los seleccionados de la Comunidad de Madrid (23,82 ms).

- b) Teniendo en cuenta la variación diasexual, podemos afirmar que en contextos intervocálicos la media de duración del elemento rótico analizado es significativamente mayor en la realización de las mujeres (22,24 ms.) que en la de los hombres (21,91 ms.). En lo relativo a las distintas manifestaciones acústicas, en las mujeres, es, también, significativamente, más alta la frecuencia de las realizaciones más tensas, 65% realizaciones percusivas.
- c) Los análisis donde se han vinculado la distribución de las realizaciones de la rótica percusiva en posición intervocálica con la variación diastrática no han aportado datos estadísticamente relevantes.

Para finalizar, debemos subrayar la necesidad de fomentar estas contribuciones científicas de carácter cuantitativo sobre las realizaciones de determinados fonemas en las denominadas “condiciones forenses”, donde los elementos de estudio, debido a diversos factores de degradación (canal de transmisión, carácter no cooperativo de los locutores, entre otros) presentan unas características de adversidad muy particulares que requieren de un enfoque de análisis específico.

6. Referencias

- BLECUA FALGUERAS, B. (2001): *Las vibrantes del español*. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/4859>.
- BLECUA, B., CICRES, J. y GIL, J. (2014): “Variación en las róticas del español y su implicación en la identificación del locutor”, *Revista de Filología Románica*, 31, pp. 13-35. https://doi.org/10.5209/rev_RFRM.2014.v31.n1.51021
- DELGADO ROMERO, C. (2005): “Comentarios sobre el contexto actual de la identificación forense de locutores”, Turell, M. T. (ed.), *Lingüística forense, lengua y derecho. Conceptos, métodos y aplicaciones*, Barcelona: Institut Universitari de Lingüística Aplicada, pp. 113-130.
- DELGADO ROMERO, C. (2020): “Comparación forense del habla: el cambio conceptual”, *Ciencia Policial. Revista Técnica del Cuerpo Nacional de Policía*, 158, pp. 61-74.
- DELGADO ROMERO, C., MÁRQUEZ FUNES, M. C., OLIVAS FERNÁNDEZ, M. C. y BARRIOS ÁLVAREZ, L. (2009): “Identificación forense de locutores (I.F.L.): categorización de parámetros acústicos y fono-articulatorios del español”, *Revista Española de Lingüística*, 39(1), pp. 33-60.
- DRYGAJLO, A. et al. (2015): *Methodological Guidelines for Best Practice in Forensic Semiautomatic and Automatic Speaker Recognition*, ENFSI. Disponible en: <https://enfsi.eu/docfile/methodological-guidelines-for-best-practice-in-forensic-semiautomatic-and-automatic-speaker-recognition/>.

- GIBBONS, J. y TURELL, M. T. (eds.) (2008): *Dimensions of Forensic Linguistics*, Ámsterdam: John Benjamins.
- GIMÉNEZ GARCÍA, R., JIMÉNEZ ARAGÓN, G. y QUERALT, S. (2019): "El análisis de géneros textuales con fines forenses: nuevas aplicaciones de la pragmática en la sociedad", *Pragmalingüística*, 27, pp. 54-70. <https://doi.org/10.25267/Pragmalinguistica.2019.i27.03>
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1984): *Fonética*, Barcelona: Teide.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1998): *Análisis espectrográficos de los sonidos del habla*, Barcelona: Ariel.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1918[2004]): *Manual de pronunciación española*, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Orden A-1999-14371, de 24 de junio de 1999, por la que se amplía la de 26 de julio de 1994, creando y regulando el fichero automatizado «LOCUPOL», sobre análisis de voz. Boletín Oficial del Estado, 155, de 30 de junio de 1999, p. 24734. Disponible en [https://www.boe.es/eli/es/o/1999/06/24/\(1\)](https://www.boe.es/eli/es/o/1999/06/24/(1)).
- QUERALT, S. (2020): "El uso de recursos tecnológicos en lingüística forense", *Pragmalingüística*, 28, pp. 212-237. <https://doi.org/10.25267/Pragmalinguistica.2020.i28.11>
- RAE (2011): *Nueva Gramática de la Lengua Española. Fonética y Fonología*, Madrid: Espasa-Calpe.
- STEWART MORRISON G. et al. (2016): "INTERPOL survey of the use of speaker identification by law enforcement agencies", *Forensic Science International*, 263, pp. 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.03.044>