

## Evidencia acústica y estadística de solo un alófono para la sexta vocal del mapudungun hablado en comunidades de Alto Biobío

Acoustic and statistical evidence of only one allophone of the sixth vowel in Mapudungun spoken in Alto Biobío

**Daniela A. Mena Sanhueza**

Universidad de La Serena  
Chile

**Mauricio A. Figueroa Candia**

Universidad de Concepción  
Chile

**Gastón F. Salamanca Gutiérrez**

Universidad de Concepción  
Chile

**Brandon M. A. Rogers**

Brigham Young University  
Estados Unidos

ONOMÁZEIN 66 (diciembre de 2024): 25-52

DOI: 10.7764/onomazein.66.02

ISSN: 0718-5758



**Daniela A. Mena Sanhueza:** Departamento de Artes y Letras, Facultad de Humanidades, Universidad de La Serena, Chile. | E-mail: [daniela.menas@userena.cl](mailto:daniela.menas@userena.cl)

**Mauricio A. Figueroa Candia:** Departamento de Español, Facultad de Humanidades y Arte, Universidad de Concepción, Chile. Orcid: 0000-0001-9977-3510. | E-mail: [maufigueroa@udec.cl](mailto:maufigueroa@udec.cl)

**Gastón F. Salamanca Gutiérrez:** Departamento de Español, Facultad de Humanidades y Arte, Universidad de Concepción, Chile. | E-mail: [gsalaman@udec.cl](mailto:gsalaman@udec.cl)

**Brandon M. A. Rogers:** Department of Spanish & Portuguese, Brigham Young University, Estados Unidos. | E-mail: [brogersttv@gmail.com](mailto:brogersttv@gmail.com)

Fecha de recepción: septiembre de 2020

Fecha de aceptación: marzo de 2021

## Resumen

Este estudio tiene como propósito analizar la vocal media central no redondeada /ə/ (también llamada “sexta vocal”) en el mapudungun hablado en comunidades de Alto Biobío. A pesar de que la gran mayoría de los precedentes de investigación concuerda en la existencia de seis vocales fonológicas para la lengua y en que la sexta vocal tiene dos alófonos, [ɯ] y [ə], no existe consenso en relación con las variables que explican la variabilidad de la sexta vocal, cuál es su forma básica o incluso si se justifica la existencia de [ɯ] y [ə]. En este trabajo se utilizaron varias pruebas estadísticas exploratorias e inferenciales para analizar los valores de F1, F2 y F3 de 791 instancias de la sexta vocal y determinar: (a) si existe evidencia de [ɯ] y [ə] en los datos; (b) si las variables lingüísticas acento, posición de la vocal en la palabra y contexto fonético tienen un efecto en los valores acústicos de la sexta vocal, y (c) el grado de traslape de la sexta vocal con otras categorías fonológicas vocálicas. Los resultados mostraron que, contrario a las expectativas, no hay suficiente evidencia para justificar la existencia de [ɯ], lo que sugiere que la forma básica es /ə/, que solamente la variación de F2 puede ser explicada como un efecto de las variables lingüísticas, y que /ə/ se traslapa en mayor medida con el espacio vocálico de /e/. Estos resultados son discutidos a la luz de factores internos y externos que promueven el cambio lingüístico de sonidos, y proponemos que esta variedad del mapudungun podría estar experimentando una etapa inicial de fusión por aproximación externamente motivada, debido a la interacción con el español, la lengua dominante.

**Palabras clave:** mapudungun; Alto Biobío; sexta vocal; análisis de conglomerados k-medias; GLMM.

## Abstract

This study focuses on the mid-central vowel /ə/—also known as the “sixth vowel”—in Mapudungun, the largest Amerindian language spoken in Chile. Although most studies agree that Mapudungun has six phonemic vowels and that the sixth vowel has two allophones, [ɯ] and [ə], there is no consensus regarding which variables are better at explaining the sixth vowel's variability, how to represent the underlying unit, or even whether the existence of both [ɯ] and [ə] are justified. To investigate this, several exploratory and inferential statistical approaches were used to analyse normalised F1, F2 and F3 values from 791 tokens of the sixth vowel, in order to determine: (a) whether there is evidence of [ɯ] and [ə] in the

data; (b) if the linguistic variables stress, position of vowel in a word, and phonetic context have an effect on the acoustic values of the sixth vowel, and (c) the degree of overlap of this vowel with other phonological categories. The results showed that, contrary to expectations, there is not sufficient evidence to justify the existence of [u], which suggests that the underlying unit is /ə/, that only the variability of F2 can be explained, in part, as due to the effect of linguistic variables, and that /ə/ overlaps mainly with the vowel space of /e/. These results are discussed in the light of internal and external factors of linguistic sound change, after which we suggest that this variety of Mapudungun might be experiencing the initial stages of merger by approximation, most likely due to external factors related to the interaction with a dominant language, in this case Spanish.

**Keywords:** Mapudungun; Alto Biobío; sixth vowel; k-means clustering; GLMM.

## 1. Introducción

Esta introducción tiene como propósito mencionar algunos estudios que se han realizado de la sexta vocal del mapudungun. En el primer caso, este tema se aborda desde una perspectiva más amplia, esto es, con estudios del mapudungun hablado en distintas zonas dialectales, para luego profundizar en los estudios de esta vocal en el mapudungun hablado en Alto Biobío y en aquellos que utilizan evidencia acústica. Por último, se establece cuál es la motivación y objetivos de este trabajo.

### 1.1. La sexta vocal del mapudungun

En 1959, Suárez publica la primera propuesta del sistema fonético y fonológico del mapudungun basada en un corpus y en metodologías de análisis modernas. Su trabajo, titulado *The Phonemes of an Araucanian Dialect*, utilizó como referencia los datos del pehuenche, variante dialectal cordillerana, publicados anteriormente por Lenz (1895-1897). Suárez concluye que las vocales del mapudungun son: [i], [ɯ]<sup>1</sup>, [e], [ə], [a], [o] y [u]. De estas vocales, reporta que [ɯ] (la que describe como alta posterior no redondeada) y [ə] (descrita como media central no redondeada) se encuentran en distribución complementaria: mientras [ɯ] ocurriría en sílaba tónica, [ə] ocurre en sílaba átona. De acuerdo con Suárez, ambos alófonos pertenecen a una unidad fonológica /ɯ/, la que en la tradición de investigación es conocida como “sexta vocal”, por tratarse de una vocal del mapudungun que no tiene un equivalente similar en castellano. Posteriormente, autores como Echeverría (1964) y Salas (1976), para la provincia de Cautín; Lagos (1981), para las provincias de Malleco y Cautín; Álvarez-Santullano (1986), en San Juan de la Costa; Sánchez Cabezas (1989) y Salamanca (1997), en Alto Biobío; Salamanca y Quintrileo (2009), en Tirúa; Sánchez Pérez y Salamanca (2015), en Lonquimay, entre otros, confirman el número de unidades fonológicas del sistema vocálico propuesto por Suárez. Sin embargo, no existe consenso respecto de la descripción articulatoria, ni del contexto de aparición de los alófonos de la sexta vocal.

Por ejemplo, Echeverría (1964) propone dos alófonos para la unidad fonológica que representa como /ɯ/: [ə] y [ɯ]. El primero de ellos ocurriría en sílaba átona, mientras que el segundo, en sílaba tónica. De acuerdo con Salas (1976), el inicio de sílaba favorece [ɯ], mientras que en posición final de palabra [ɯ] alterna con [ə]. Lagos (1981) reporta que [ɯ] aparece en inicio de palabra y en sílaba acentuada, mientras que [ə] solamente ocurriría en sílaba átona; en otros contextos, estas realizaciones alternan libremente. Salamanca y

---

1 En el artículo original de Suárez (1959) se utiliza el símbolo “[i]” para representar la vocal alta posterior no redondeada. En este caso y en los similares hemos optado por cambiarlo a la representación AFI de este segmento, esto es, por [ɯ].

Quintrileo (2009) reportan que [w] solamente ocurre en inicio de palabra, mientras que, en posición final, esta realización alterna con [ə]. Sánchez Pérez y Salamanca (2015) indican que [w] ocurre en posición inicial y después de consonantes velares y retroflejas, mientras que [ə] ocurre en todos los otros contextos.

## 1.2. La sexta vocal en el mapudungun hablado en Alto Biobío

Sánchez Cabezas (1989) es el primer autor en proveer una descripción de los sonidos del mapudungun hablado en Alto Biobío, específicamente, los datos provienen de un hablante de la localidad de Cauñicu. El sistema vocálico de esta zona presenta seis vocales fonológicas; la sexta vocal del mapudungun se describe como alta posterior no redondeada /w/. De acuerdo con este autor, las vocales no presentan grandes variaciones con respecto a las descripciones previas, por ejemplo, respecto del inventario de vocales propuesto por Echeverría (1964), Echeverría y Contreras (1965), Salas (1978), entre otros. De esta manera, aunque Sánchez Cabezas (1989) no lo explicita, pero siguiendo a los autores previamente mencionados, la sexta vocal tendría dos alófonos: uno alto posterior no redondeado [w] y uno medio central no redondeado [ə]. Uno de los aspectos que destaca y reporta con respecto a la sexta vocal es que el fonema /u/ alterna con /w/ en algunas formas verbales.

Posteriormente, Salamanca (1997) describe el mapudungun hablado en Malla Malla con base en la elicitación de listas léxicas de tres hablantes. En cuanto a los fonemas vocálicos, reporta la existencia de seis vocales. La sexta vocal es descrita como alta posterior no redondeada /w/. De acuerdo con este autor, este segmento presenta dos realizaciones alofónicas: [w] que ocurre en posición inicial y final absolutas, y el fono [ə] que ocurre en todos los otros contextos y en posición final absoluta alterna con [w]. En cuanto a la fluctuación de fonemas vocálicos, se destaca el reemplazo de /i/ por /w/, y de /w/ por /u/ en algunas palabras.

Las siguientes descripciones realizadas en Alto Biobío corresponden a las de Henríquez y Salamanca (2012, 2015) en las localidades de Cauñicu y Butalelbun. En el trabajo de 2012, los investigadores reportaron que la sexta vocal del mapudungun de esta zona presenta dos alófonos: uno alto posterior no redondeado [w] y uno medio central no redondeado [ə]. A diferencia de los estudios de Sánchez Cabezas (1989) y Salamanca (1997), se escoge como forma básica del fonema a [ə] (resultando /ə/), dado que Henríquez y Salamanca (2012) concluyen que este alófono presenta una distribución fonotáctica más amplia que [w]. El contexto de ocurrencia de [w] es el siguiente: emerge cuando está precedido de consonante velar, en posición inicial, en posición final y cuando la vocal es tónica, aunque en este último contexto puede alternar con [ə]. En el estudio de la vitalidad fonológica, Henríquez y Salamanca (2015) reportan que en Butalelbun solamente un 1,3 % del

total corresponde a otras realizaciones de “/ə/”<sup>2</sup>, en particular, cuatro instancias fueron reemplazadas por [u] y una por [e]. En Cauñicu, un 12,9 % de instancias de “/ə/” fueron reemplazadas por otras vocales, específicamente, 26 realizaciones fueron reemplazadas por [u] y una realización, por [o].

### 1.3. Estudios acústicos de la sexta vocal del mapudungun

Hasta ahora, muy pocos estudios han utilizado evidencia acústica y análisis estadísticos para justificar los hallazgos relacionados con el sistema vocálico del mapudungun. La tendencia de los que sí han incluido estas mediciones ha consistido en reportar valores promedio de F1 y F2, la mayoría de las veces no normalizados (e.g., Alvar y otros, 1997; Miotti, 2005; Catalán, 2012; Soto-Barba y otros, 2016). En este contexto destaca el trabajo de Sadowsky y otros (2013), en el cual se realiza un estudio acústico de las vocales del mapudungun de nueve hablantes de Isla Huapi. Como resultado de los análisis proponen 12 alófonos vocálicos, los cuales se concentran en la región media y central del espacio vocálico. Diez vocales se localizan en la parte media superior y dos de ellas en la sección media inferior. En cuanto a la sexta vocal, estos autores distinguen entre una vocal media-cerrada central no redondeada [ə] (cercana a [ə]), que ocurre en sílaba tónica, y una realización cerrada central descendida no redondeada [ɛ̃] (cercana a [ɯ]), que ocurre en sílaba átona.

En Alto Biobío, el único estudio acústico que se ha realizado hasta ahora es el de Soto-Barba y otros (2016). La muestra estuvo conformada por diez hablantes de sexo masculino. En este trabajo, se midieron los valores de F1 y F2 de las instancias de la sexta vocal solamente en sílaba tónica y, luego, se realizó un cálculo de los promedios de cada fono, así como de su desviación estándar. Mediante estos parámetros de estadística descriptiva, los autores concluyeron que la mayoría de las realizaciones esperables del alófono [ə] fueron realizadas efectivamente como [ə], sin embargo, [ɯ] fue realizado como [ə], [ɯ] o [u].

### 1.4. El presente estudio

A pesar de que la mayoría de los estudios del mapudungun concuerdan en que el sistema vocálico de la lengua está compuesto por seis vocales (Suárez, 1959; Echeverría, 1964; Salamanca, 1997; Salamanca y Quintrileo, 2009; entre otros), no existe consenso en cuanto a las variables que explican la posible alofonía de la sexta vocal, su forma básica o su estatus actual. Además, los estudios previos no proveen información concluyente con respecto a la naturaleza acústica de esta vocal, ni de la variabilidad de la sexta vocal en relación con los otros fonemas del sistema. En este contexto, el presente estudio —de tipo cuantitativo

2 En este caso, hemos utilizado las comillas porque la transcripción original del autor ya constituye una interpretación fonológica de los datos, y esta interpretación no es nuestra.

y de alcance correlacional— se propone, primero, describir las propiedades acústicas de los tres primeros formantes del sistema vocálico del mapudungun hablado en comunidades de Alto Biobío y, en segundo lugar, determinar si la información acústica sobre la sexta vocal justifica su estatus fonológico además de dos alófonos. Para ello, se considerarán los efectos en los valores acústicos de la sexta vocal de las variables lingüísticas empleadas en los estudios previos para explicar la alofonía de la sexta vocal, esto es, las variables *acento* (Sadowsky y otros, 2013), *posición en la palabra* (Henríquez y Salamanca, 2012) y *contexto fonético* (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015).

## 2. Métodos

Las señales utilizadas en este estudio provienen de un corpus de grabaciones obtenidas en el marco del Proyecto FONDECYT Regular 1131095, titulado “Adscripción dialectal y re-análisis de aspectos controversiales de la fonología segmental del chedungun hablado en Alto Bio-Bío”. Los datos del presente estudio fueron obtenidos de 5 hombres y 5 mujeres hablantes bilingües de mapudungun y español (lengua primaria: mapudungun) con edades entre los 41 y 65 años, provenientes de distintas localidades de Alto Biobío, en particular, de los valles de los ríos Biobío (3 de Chevquelavquen, 1 de Guallali, 3 de El Avellano, 2 de Quiñelón) y Queuco (1 participante de Butalelbun). Para esta investigación, los hablantes fueron seleccionados siguiendo un criterio técnico tal que todas las grabaciones tuvieran una calidad suficiente como para la realización de un estudio de las propiedades fonético-acústicas de las vocales; en particular, se cauteló que la relación señal-ruido de cada grabación fuera siempre superior a 35 dB SPL. Las grabaciones originales fueron realizadas por fonetistas entrenados, mediante una grabadora portátil digital Tascam DR-100, configurada a una frecuencia de muestreo de 44.100 Hz y a una profundidad de 16 bits, en formato mono. La grabadora fue ubicada a aproximadamente 30 centímetros de la cavidad oral de los participantes. En relación con la tarea de elicitación, se utilizó una lista léxica con base en la aplicada por Croese (1980) y se les pidió a los participantes traducir esta lista del español al mapudungun y repetir cada palabra en mapudungun tres veces.

Las señales obtenidas fueron segmentadas y etiquetadas en TextGrids de *Praat* (Boersma y Weenink, 2018). Cada palabra fue etiquetada en español y mapudungun (en este último caso, con la transcripción fonológica expectable); luego, todas las vocales también fueron segmentadas y etiquetadas fonológicamente por separado. Se decidió utilizar la representación fonológica de las vocales (basada en la información disponible en la literatura sobre la estructura fonológica de las palabras utilizadas en la lista léxica) en vez de la transcripción fonética para evitar asumir la existencia de dos alófonos de la sexta vocal, aspecto que no ha sido controlado en otros estudios (e.g., Soto-Barba y otros, 2016). La utilización de la categoría fonológica esperable en lugar de una categoría fonética tiene

la ventaja adicional de permitir revelar realizaciones atípicas —es decir, cuando una vocal es articulada en el espacio vocálico correspondiente a otra vocal— y el grado de traslapeo entre las categorías fonológicas.

Todas las instancias de la sexta vocal fueron codificadas también por *acento*, *contexto fonético* y *posición en la palabra*. En el caso de *acento*, cada vocal fue clasificada como perteneciente a una sílaba tónica o átona. En cuanto al *contexto fonético*, la vocal fue clasificada con una de las siguientes cuatro categorías: después de consonante anterior, después de consonante retrofleja, después de consonante posterior, y luego de una pausa. Es necesario precisar que con la etiqueta “anterior” se hace referencia a las consonantes labiales y coroneales, y con el término “posterior” a las consonantes dorsales, es decir, palatales y velares. A pesar de que las consonantes retroflejas son coroneales, están separadas del resto, porque se ha reportado que después de estas consonantes [w] ocurre con mayor frecuencia. Finalmente, con respecto a *posición en la palabra*, las instancias de la sexta vocal fueron clasificadas como pertenecientes a la posición inicial, posición final, posición final de sílaba y como “otros” cuando no ocurrieron en ninguno de los contextos mencionados.

Para extraer los datos acústicos, se creó un objeto formante para cada señal en *Praat*, usando los parámetros por defecto, con la excepción del valor frecuencial máximo, el cual fue configurado a 5 000 Hz para hombres y a 5 500 Hz para mujeres. Además, se creó un *script* que fue utilizado para extraer la información codificada en los TextGrids y para extraer los datos acústicos. Los valores formánticos de F1, F2 y F3 fueron obtenidos en la parte del 50 % interior de la vocal.

### 3. Resultados y análisis estadísticos

#### 3.1. El corpus de datos y valores referenciales

En total, el corpus está compuesto por 4 423 instancias vocálicas. Una inspección preliminar de los datos reveló un pequeño porcentaje de valores atípicos. En total, 162 valores atípicos fueron removidos utilizando el criterio de 2,5 distancias de desviación absoluta a partir de la mediana, el que es considerado como un procedimiento conservador en la bibliografía especializada (Leys y otros, 2013). Luego de la remoción de los valores atípicos, el corpus fue reducido a 4 261 instancias. Los valores de F1, F2 y F3 fueron normalizados usando Nearey 2 (Nearey, 1977; Adank y otros, 2004) para controlar los posibles efectos producidos por las diferencias anatómicas entre los participantes (véase Fabricius y otros, 2009). En la tabla 1, se presenta un resumen de los valores de F1, F2 y F3 para cada vocal fonológica. Además, se incluye el número total de *tokens* por categoría, el promedio y la desviación estándar para cada variable acústica con valores normalizados y no normalizados. Otro resumen de los datos se encuentra en la figura 1, donde los valores normalizados de F1 y F2 de /i/, /e/, /a/, /o/, /u/ y de la sexta vocal son representados en el espacio vocálico.

En relación con el grado de traslapo de las categorías fonológicas, la figura 1 muestra considerable superposición y, en particular, entre la sexta vocal y las otras categorías fonológicas. Con la finalidad de cuantificar formalmente el grado de traslapo, dos métricas fueron calculadas: los Pillai scores (Hay y otros, 2006) y el Índice de Afinidad de Bhattacharyya (Johnson, 2015). En el primer caso, mientras más bajo es el valor resultante en una escala de 0 a 1, mayor es el traslapo entre las distribuciones; en el segundo, mientras más bajo es el valor resultante en una escala de 0 a 1, menor es la cantidad de traslapo. Tal como se observa en la tabla 2, la mayor cantidad de traslapo de la sexta vocal ocurre con /e/ en ambas mediciones (Pillai score: 0,369; Afinidad de Bhattacharyya: 0,757).

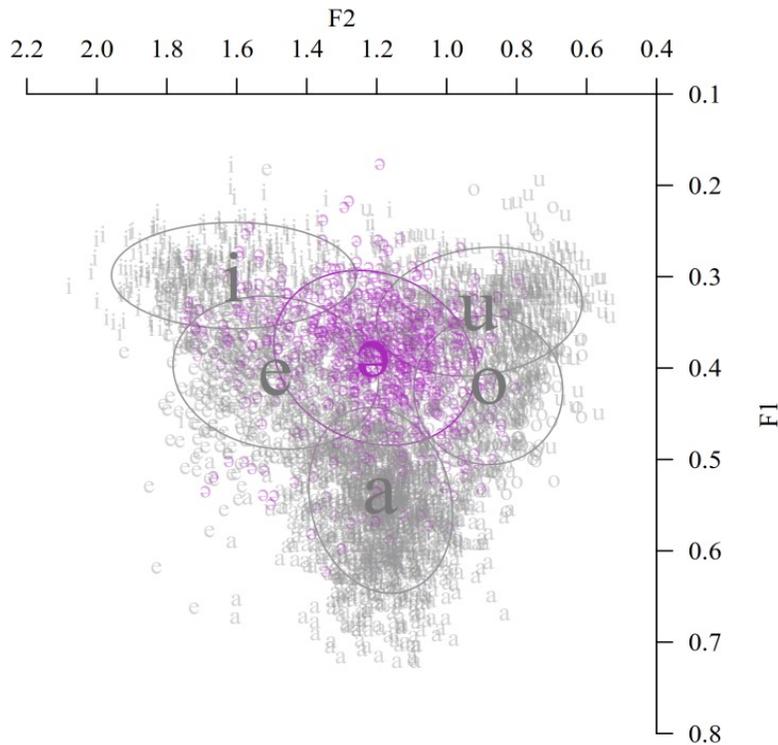
**TABLA 1**

Promedio y desviación estándar de los valores normalizados y no normalizados de F1, F2 y F3 de /i/, /e/, /a/, /o/, /u/ y de la sexta vocal

FORMANTE	VOCAL	N	VALORES NO NORMALIZADOS		VALORES NORMALIZADOS	
			$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
<b>F1</b>	/i/	434	378,47	52,26	0,3	0,04
	/e/	584	518,66	81,87	0,41	0,06
	Sexta vocal	791	500,08	86,93	0,39	0,06
	/a/	1580	698,79	98,49	0,54	0,07
	/o/	361	543,24	76,78	0,42	0,05
	/u/	511	435,21	64,5	0,34	0,05
<b>F2</b>	/i/	434	2.034,29	284,77	1,61	0,23
	/e/	584	1.905,25	283,8	1,49	0,19
	Sexta vocal	791	1.554,25	275,96	1,21	0,19
	/a/	1580	1.527,04	217,06	1,19	0,14
	/o/	361	1.128,43	193,81	0,88	0,14
	/u/	511	1.168,64	268,5	0,91	0,19
<b>F3</b>	/i/	434	2.708,79	248,12	2,14	0,16
	/e/	584	2.600,89	299,94	2,03	0,18
	Sexta vocal	791	2.533,98	279,27	1,97	0,19
	/a/	1580	2.538,78	283,43	1,98	0,19
	/o/	361	2.562,6	260,63	2	0,16
	/u/	511	2.553,56	225,75	1,98	0,13

**FIGURA 1**

Gráfico de los valores normalizados de F1 y F2 de /i/, /e/, /a/, /o/, /u/ y de la sexta vocal



Nota: En el caso de los datos de la sexta vocal, sus datos fueron representados arbitrariamente como “ə”. Las elipsoes representan intervalos de confianza de un 68,3 % a partir del promedio, cuya ubicación se muestra en un tamaño de fuente mayor. Las instancias de la sexta vocal han sido destacadas utilizando un color diferente.

**TABLA 2**

Valores del traslapo entre la sexta vocal y las otras cinco categorías fonológicas /i/, /e/, /a/, /o/ y /u/ mediante las métricas de Pillai scores y el Índice de Afinidad de Bhattacharyya

MEDICIONES	TRASLAPO DE LA SEXTA VOCAL CON OTRAS VOCALES				
	/i/	/e/	/a/	/o/	/u/
<b>Pillai scores</b>	0,573	0,369	0,558	0,435	0,449
<b>Bhattacharyya</b>	0,569	0,754	0,577	0,579	0,669

Nota. Ambas medidas están expresadas en una escala entre 0 y 1: en el caso de los Pillai scores, valores más bajos representan mayor superposición de las distribuciones; en el caso de los valores del Índice de Afinidad de Bhattacharyya, valores más altos representan mayor superposición de las distribuciones.

### 3.2. Análisis de conglomerados exploratorios de tipo *k-means*

El análisis de conglomerados de tipo *k-means* corresponde a una técnica de agrupamiento no supervisada basada en centroides, en la que un número predefinido de centroides es ingresado a los algoritmos, cuyo trabajo consiste en ubicar estos centroides en un espacio cartesiano y asignar cada instancia de la variable dependiente (cada “nodo”, en este caso vocales) a uno de los centroides de manera iterativa, hasta que la distancia promedio de cada nodo respecto de su centroide sea tan pequeña como sea posible (Hartigan y Wong, 1979). Como resultado, los algoritmos tienden a asignar cada nodo a su centroide más cercano, lo que en la práctica divide el espacio cartesiano en diferentes áreas no superpuestas alrededor de los centroides, lo que revela potenciales agrupamientos naturales en los datos. La razón por la que esta técnica es considerada exploratoria, es porque *k-means* no puede hacer una recomendación del número óptimo de centroides para los datos; en su lugar, el número de centroides debe ser provisto sobre la base de una exploración preliminar de los datos y sobre la base de precedentes teóricos. Aunque *k-means* tiende a entregar buenos resultados, no es particularmente exitoso cuando las formas de las agrupaciones subyacentes no son esféricas. Además, tiende a mostrar cierto sesgo hacia agrupaciones de mayor tamaño, a expensas de otras más pequeñas.

En este estudio, *k-means* es utilizado para determinar si las instancias de la sexta vocal tienden a organizarse en una o más agrupaciones de F1-F2 en el espacio vocálico. Si estas instancias se organizan en dos centroides y en las direcciones esperables de los correlatos acústicos de [ə] y [u], la hipótesis de [ə] y [u] como alófonos distintos de la sexta vocal sería plausible; por el contrario, si las instancias de la sexta vocal tienden a organizarse en torno a un solo agrupamiento, entonces la hipótesis que postula que no existe variación alofónica tendría mayor justificación. Se realizaron tres análisis separados, los dos primeros con un subconjunto del sistema vocálico que solamente incluyó las instancias de las vocales que representan los puntos extremos del espacio vocálico (/i/, /a/ y /u/), así como también instancias de la sexta vocal. El tercer y último análisis incluyó solamente las instancias de la sexta vocal. Con la finalidad de evitar el problema de muestras poco balanceadas, para todos los análisis se seleccionaron 400 instancias al azar de cada unidad fonológica incluida.

Los análisis fueron realizados en *R* (R Core Team, 2018), usando la función *kmeans*, que implementa el algoritmo de Hartigan y Wong (1979). Todos los análisis fueron configurados para un máximo de 25 iteraciones, lo que significa que los algoritmos intentaron múltiples distribuciones de agrupamientos inicialmente, pero que solo se reportan los resultados de la mejor solución. Siguiendo la convención relacionada con la necesidad de estandarizar las variables implicadas en el análisis (Mohamad y Usman, 2013), F1 y F2 fueron escalados para tener un promedio de cero y una desviación estándar de uno. Finalmente, para enriquecer los resultados de cada análisis se calculó el índice de Dunn (Dunn, 1974),

y se construyeron visualizaciones de la silueta de los agrupamientos (Rousseeuw, 1987). Con respecto al índice de Dunn, este entrega la razón entre la distancia mínima entre los agrupamientos y el diámetro máximo dentro de cada agrupamiento. Dicho en términos más prácticos, un índice de Dunn más alto tiende a reflejar agrupamientos más separados entre sí, y/o agrupamientos más compactos, ambos casos siendo un reflejo de buen agrupamiento. El análisis de tipo silueta, por su parte, representa la distancia de cada nodo de un agrupamiento respecto de los puntos de los demás agrupamientos, esto es, cuán similar es un nodo a su mismo agrupamiento cuando se lo compara con los demás. De manera convencional, se acepta que una buena solución de agrupamientos debería tener un valor de silueta promedio sobre 0,5. El valor de un nodo cercano a 1 presenta un muy buen agrupamiento, mientras que uno cercano a 0 significa que ese punto se encuentra entre dos agrupamientos. Valores negativos muestran que, probablemente, ese nodo ha sido asignado a un agrupamiento equivocado.

### 3.2.1. Solución de *k-means* para 4 agrupamientos

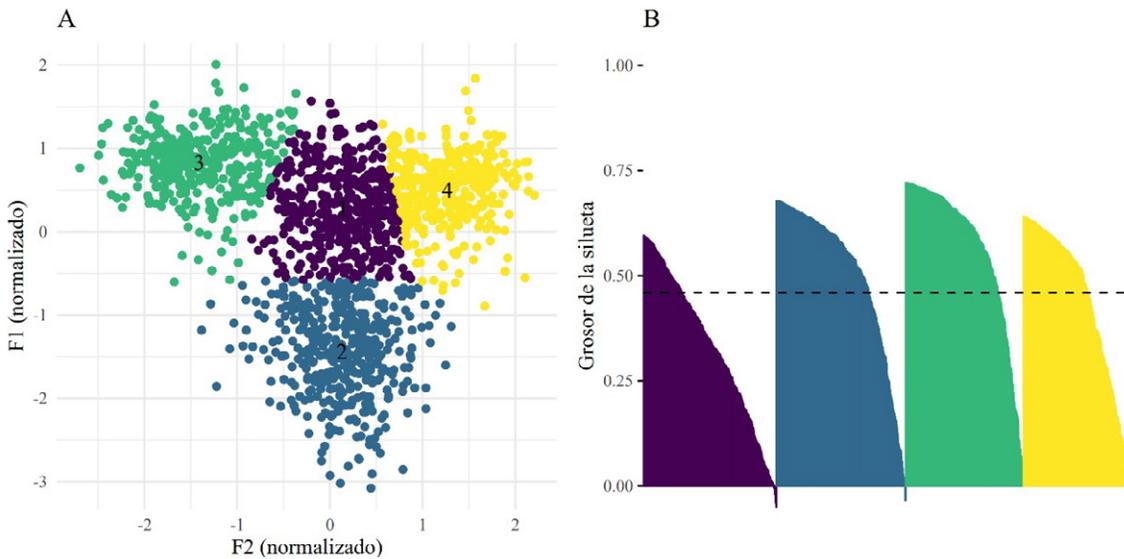
El primer análisis, configurado para 4 agrupamientos, incluyó 400 instancias seleccionadas al azar de cuatro categorías fonológicas: /i/, /a/, /u/ y de la sexta vocal. La solución de este primer análisis se organizó alrededor de cuatro agrupamientos, los que se pueden observar en el panel “A” de la figura 2 (la solución convergió luego de 3 iteraciones; la suma total de cuadrados entre agrupamientos fue de 585,27; el índice de Dunn fue de 0,008; para otros detalles cuantitativos, véase la tabla 3). *K-means* identificó cuatro agrupamientos que son similares a la organización de las realizaciones acústicas de las cuatro vocales fonémicas incluidas en el análisis. En relación con el análisis de siluetas (ver el panel “B” de la figura 2), el grosor promedio de la silueta fue de 0,464, lo que es indicativo de un agrupamiento relativamente bueno. En general, este análisis identificó adecuadamente los agrupamientos que representan las unidades fonológicas subyacentes presentes en los datos, a pesar del hecho de que las categorías de los datos acústicos se traslapan en alguna medida (véase la figura 1), y a pesar del hecho de que las formas de las categorías fonológicas en los datos originales no son perfectamente esféricas.

### 3.2.2. Solución de *k-means* para 5 agrupamientos

El segundo análisis fue diseñado para encontrar una solución de 5 agrupamientos, para los mismos datos del primer análisis. Los agrupamientos resultantes se pueden observar en el panel “A” de la figura 3 (la solución convergió luego de 5 iteraciones; la suma total de cuadrados entre agrupamientos fue de 481,0327; el índice de Dunn, de 0,0023). Tal como se puede apreciar en la figura 3, *k-means* identificó cinco agrupamientos de manera similar a la solución con cuatro agrupamientos, cada uno correspondiente a la unidad fonémica subyacente, con la excepción del agrupamiento 1 (color morado), el cual está localizado en un área que se traslapa con los agrupamientos previos de /a/ y de la sexta vocal.

**FIGURA 2**

(A) Solución de *k-means* para 4 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /i/, /a/, /u/ y de la sexta vocal seleccionadas al azar. (B) Visualización de tipo silueta para la solución de 4 agrupamientos para el mismo cuerpo de datos. La línea de puntos corresponde al grosor promedio de la silueta



**TABLA 3**

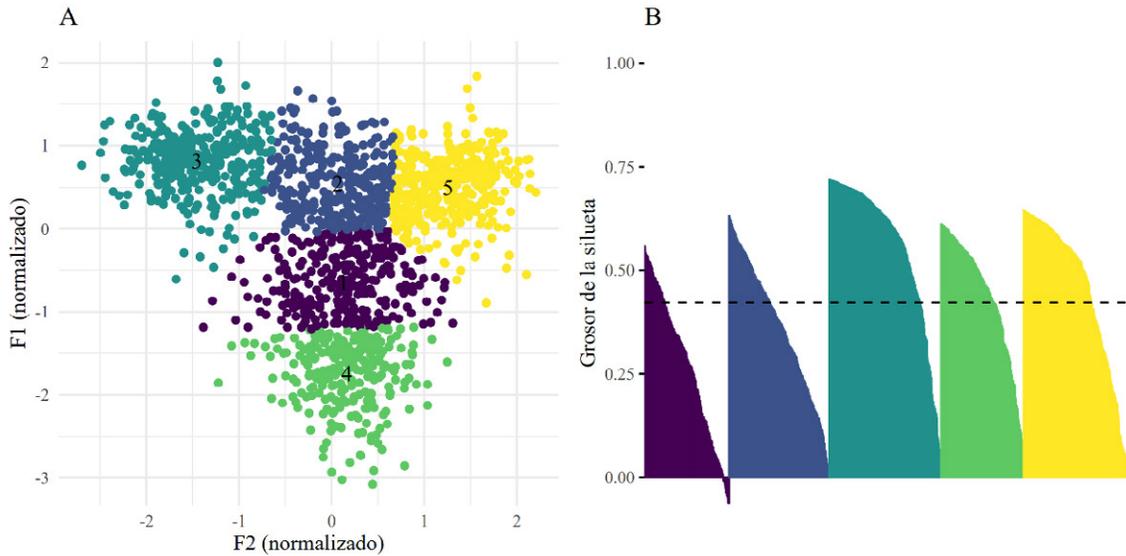
Propiedades cuantitativas del análisis de *k-means* para una solución de 4 agrupamientos, y su relación con la unidad fonológica más cercana, a juzgar por el traslapo visual de sus espacios cartesianos

AGRUPAMIENTO	MEJOR TRASLAPLO FONOLÓGICO	TAMAÑO AGRUPAMIENTO	TAMAÑO DATOS	DIFERENCIA DE TAMAÑO	GROSOR DE SILUETA
1 (morado)	Sexta vocal	457	400	+57	0,327
2 (azul)	/a/	431	400	+31	0,511
3 (verde claro)	/i/	370	400	-30	0,573
4 (amarillo)	/u/	342	400	-58	0,468

En relación con el tamaño de los agrupamientos, la tabla 4 muestra que, en general, el tamaño de cada agrupamiento todavía se parece al de la categoría fonológica con la que presenta mayor traslapo, con la excepción del agrupamiento número 1, cuyo tamaño es menor. Con respecto al análisis de tipo silueta (véase panel “B” de la figura 3), el grosor promedio de las siluetas fue de 0,424, menor que en la solución de cuatro agrupamientos, lo que, junto con un índice de Dunn más bajo, puede ser interpretado como una solución de agrupamientos ligeramente peor.

**FIGURA 3**

(A) Solución de *k-means* de 5 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /i/, /a/, /u/ y de la sexta vocal seleccionadas al azar. (B) Visualización de tipo silueta de la solución de 5 agrupamientos para el mismo cuerpo de datos. La línea de puntos corresponde al grosor promedio de la silueta



**TABLA 4**

Propiedades cuantitativas del análisis de *k-means* para una solución de 5 agrupamientos, y su relación con la unidad fonológica más cercana, a juzgar por el traslapeo visual de sus espacios cartesianos

AGRUPAMIENTO	MEJOR TRASLAPO FONOLÓGICO	TAMAÑO EN EL AGRUPAMIENTO	TAMAÑO EN LOS DATOS	DIFERENCIA DE TAMAÑO	GROSOR DE SILUETA
1 (morado)	Sexta vocal y /a/	282	400	-118	0,267
2 (azul)	Sexta vocal	310	400	-90	0,336
3 (verde oscuro)	/i/	347	400	-53	0,558
4 (verde claro)	/a/	319	400	-81	0,451
5 (amarillo)	/u/	342	400	-58	0,475

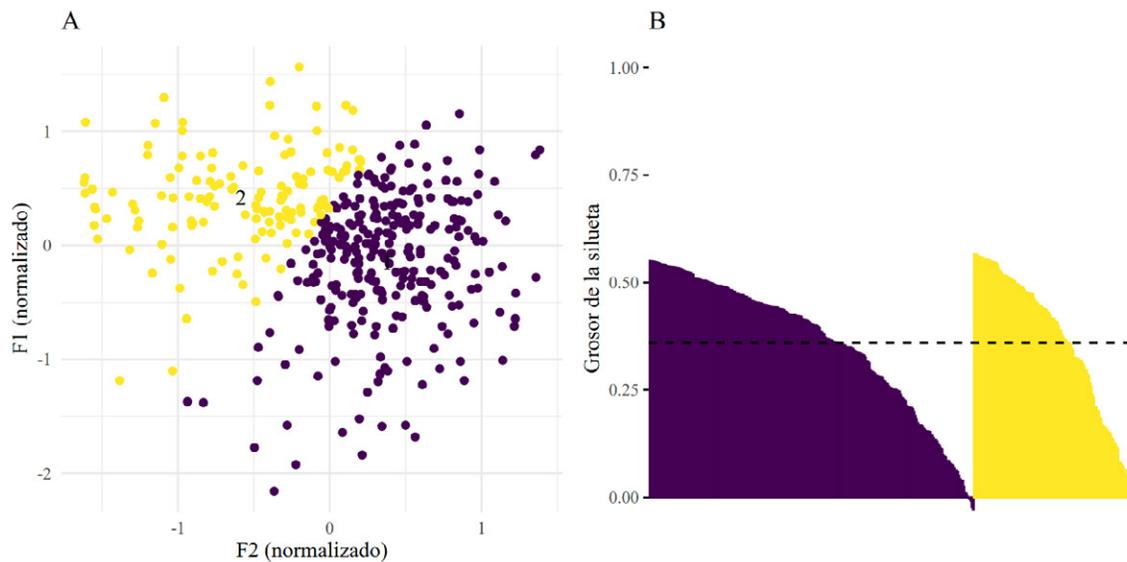
### 3.2.3. Solución de *k-means* para 2 agrupamientos

La solución del último análisis, en el cual dos agrupamientos fueron ajustados en el espacio vocálico de 400 instancias de la sexta vocal seleccionadas al azar, puede ser observada en el panel “A” de la figura 4 (la solución convergió luego de una iteración; la suma total de cuadrados entre agrupamientos fue de 177,641; el índice de Dunn, de 0,01). *K-means* divi-

dió el espacio acústico de las instancias de la sexta vocal diagonalmente en dos áreas: un agrupamiento superior izquierdo y uno inferior derecho (tamaño del agrupamiento 1: 163; tamaño del agrupamiento 2: 237; grosor promedio de la silueta del primer agrupamiento: 0,339; grosor promedio de la silueta del segundo agrupamiento: 0,355), sugiriendo que, si efectivamente hay variación alofónica en la sexta vocal, sería mejor descrita como una en la cual algunas variantes tienden a ser más cerradas y anteriores (agrupamiento 2, color amarillo), y otras más abiertas y posteriores (agrupamiento 1, color morado).

#### FIGURA 4

(A) Solución de *k-means* para 2 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de la sexta vocal seleccionadas al azar. (B) Visualización de tipo silueta de la solución de 2 agrupamientos. La línea de puntos corresponde al grosor promedio de la silueta



### 3.3. Análisis de modelos lineales generalizados mixtos

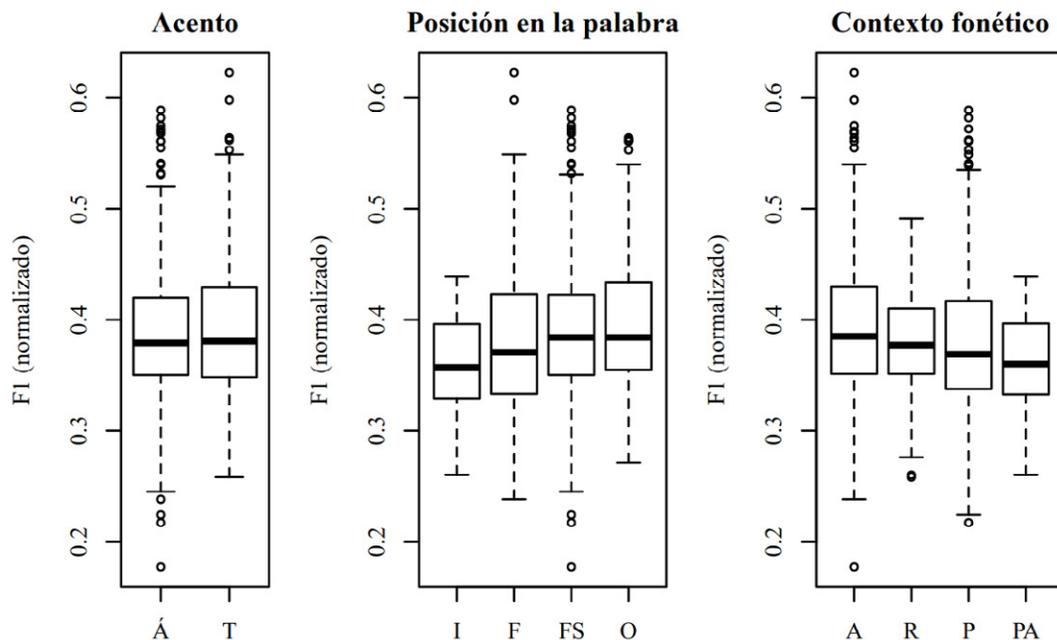
Un subconjunto con las 791 instancias de la sexta vocal fue creado para evaluar los efectos de las variables independientes *acento*, *posición de la vocal en la palabra* y *contexto fonético* en los valores acústicos de las variables dependientes F1, F2 y F3 (normalizados), para cada variable acústica por separado, mediante modelos lineales generalizados mixtos (GLMM). Los modelos fueron creados mediante la función *lmer* en el paquete *lmerTest* en R (Kuznetsova y otros, 2017). Las interacciones relevantes entre las variables independientes también fueron evaluadas, y la variable *participante* fue incluida como un factor al azar. Siguiendo a Chappell (2016), se utilizó un procedimiento escalonado para construir los modelos: primero, se creó un modelo nulo con la variable dependiente y el factor al azar, y luego los factores fijos fueron agregados uno por uno y conservados en el modelo solamente si lo mejoraban de manera estadísticamente significativa, a juzgar por la función de análisis de

varianza (*anova*). Para obtener los resultados de los factores fijos e interacciones de cada modelo, y para los resultados de la evaluación de los factores al azar, se obtuvieron tablas de Tipo II a través de la función *Anova* del paquete *car* (Fox y Weisberg, 2011), y a través de la función *ranova* del paquete *lmerTest*.

En el caso de la variable dependiente F1 normalizado, la inclusión de los factores fijos no mejoró el modelo de manera estadísticamente significativa y, consecuentemente, no se reportan aquí análisis *post-hoc*. La naturaleza de la relación entre las variables independientes y la variable dependiente evaluada puede ser visualizada en la figura 5, en la que se representan los datos incluidos en el análisis.

### FIGURA 5

Gráfico de cajas de los valores normalizados de F1 de todas las instancias de la sexta vocal separadas por las variables independientes *acento* ("Á" = átona, "T" = tónica), *posición en la palabra* ("I" = inicio de palabra, "F" = final de palabra, "F.S." = final de sílaba, "O" = otros) y *contexto fonético* ("A" = siguiendo a una consonante anterior, "R" = siguiendo a una consonante retrofleja, "P" = siguiendo a una consonante posterior, "PA" = siguiendo a una pausa)



El GLMM con mejor ajuste para *F2 normalizado* se muestra en la tabla 5. De acuerdo con este modelo, hubo un efecto principal estadísticamente significativo de las variables independientes *acento* y *contexto fonético* en los valores normalizados de *F2*, así como también una interacción significativa entre estas dos variables predictoras. La inclusión de la variable *posición en la palabra* no mejoró el modelo. En el caso de *acento* ( $\chi^2(1) = 10,911, p < 0,001$ ), las realizaciones acentuadas de la sexta vocal presentan valores de *F2* significati-

vamente más altos que las instancias átonas. En cuanto a *contexto fonético* ( $\chi^2(3) = 111,582$ ,  $p < 0,001$ ), las instancias de la sexta vocal ubicadas después de consonantes posteriores (nivel de referencia) presentan valores de  $F2$  significativamente más altos que aquellas que siguen a consonantes anteriores y retroflejas. Los efectos de las variables independientes en los valores de  $F2$  pueden ser visualizados en la figura 6. Finalmente, en el caso de la interacción significativa entre *acento* y *contexto fonético* ( $\chi^2(3) = 21,184$ ,  $p < 0,001$ ), se realizaron análisis *post hoc* no reportados aquí, los que indicaron que el único contexto en el que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las vocales tónicas y átonas es cuando ocurren después de consonantes retroflejas. A continuación, en la figura 7 se grafica la interacción entre las variables *acento* y *contexto fonético*.

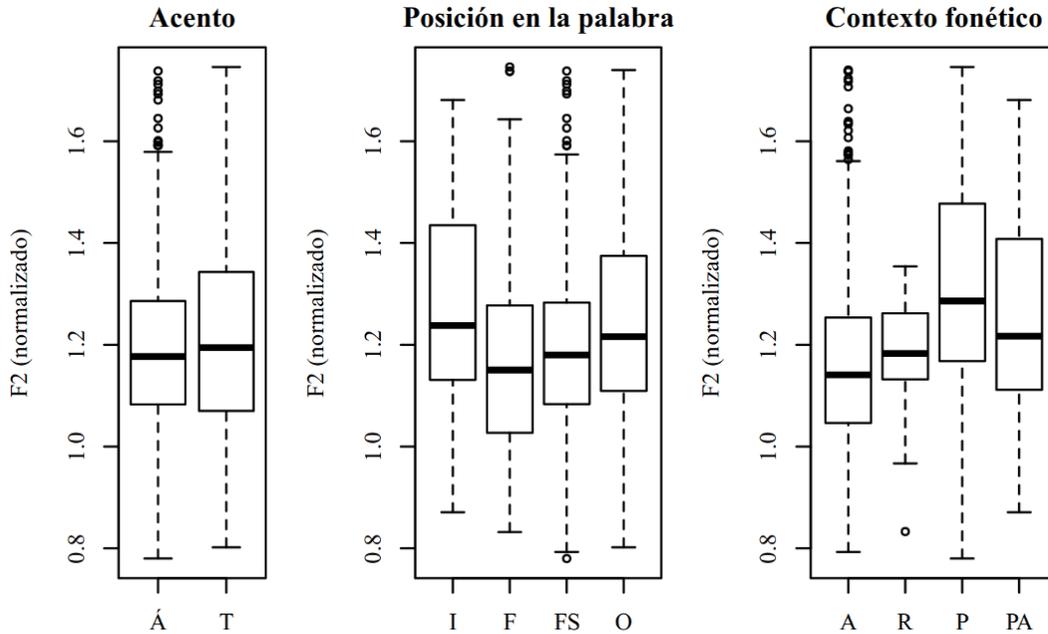
**TABLA 5**

Modelo de efectos mixtos con mejor ajuste para  $F2$  normalizado, incluyendo *acento* y *contexto fonético* como factores fijos, y *participante* como factor al azar

EFFECTOS FIJOS	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	VALOR t	VALOR p
Intercepto	1,26700	0,02111	60,020	< 0,001
<i>Acento</i>				
Átona	(referencia)			
Tónica	0,11174	0,02519	4,435	< 0,001
<i>Contexto fonético</i>				
Posterior	(referencia)			
Anterior	-0,12038	0,01885	-6,384	< 0,001
Retrofleja	-0,08484	0,03901	-2,175	< 0,05
Pausa	0,03363	0,03772	0,892	= 0,37285
<i>Acento * Contexto</i>				
Posterior / Átona	(referencia)			
Anterior / Tónica	-0,07753	0,02966	-2,614	< 0,01
Retrofleja / Tónica	-0,11699	0,04978	-2,350	< 0,05
Pausa / Tónica	-0,28698	0,06744	-4,255	< 0,001
<b>Efectos aleatorios</b>				
	<b>Verosimilitud logarítmica</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Test de razón de verosimilitud</b>	<b>Valor p</b>
<i>Participante</i>	231,42	1	32,097	< 0,001

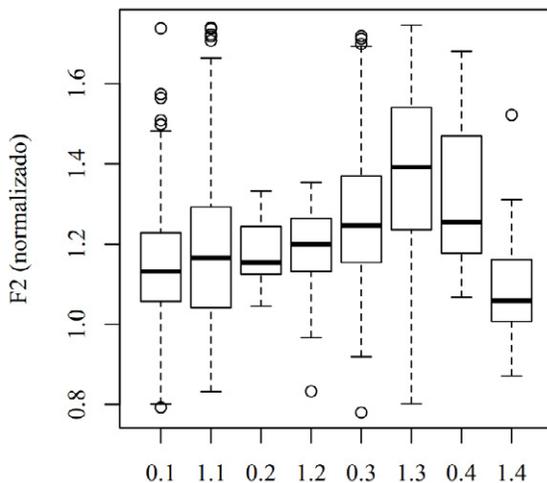
**FIGURA 6**

Gráfico de cajas de los valores normalizados de F2 de todas las instancias de la sexta vocal por las variables independientes *acento* ("Á" = átona, "T" = tónica), *posición en la palabra* ("I" = inicio de palabra, "F" = final de palabra, "F.S." = final de sílaba, "O" = otros) y *contexto fonético* ("A" = siguiendo a una consonante anterior, "R" = siguiendo a una consonante retrofleja, "P" = siguiendo a una consonante posterior, "PA" = siguiendo a una pausa).



**FIGURA 7**

Gráfico de cajas de los valores normalizados de F2 de las instancias de la sexta vocal para la interacción entre *acento*, cuyo código está ubicado a la izquierda de cada nivel ("0" = átona; "1" = tónica), y *contexto fonético*, cuyo código está ubicado a la derecha de cada nivel ("1" = siguiendo a una consonante anterior, "2" = siguiendo a una consonante retrofleja, "3" = siguiendo a una consonante posterior, "4" = siguiendo a una pausa)



En el caso de  $F3$  normalizado, el GLMM con mejor ajuste se visualiza en la tabla 6. De acuerdo con este modelo, hubo solamente un efecto principal de *contexto fonético* en los valores normalizados de  $F3$  ( $\chi^2(3) = 49,777, p < 0,001$ ), cuyos datos se presentan en la figura 8. Los resultados mostraron que las instancias de la sexta vocal que ocurren después de consonantes anteriores presentan valores significativamente más altos que cuando ocurren después de consonantes posteriores (nivel de referencia). En relación con las instancias localizadas después de consonantes retroflejas, estas presentan valores significativamente más bajos que el nivel de referencia. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el nivel de referencia con “otros”.

**TABLA 6**

Modelo de efectos mixtos con mejor ajuste para  $F3$ , incluyendo contexto fonético como efecto principal y participante como variable al azar

EFFECTOS FIJOS	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	VALOR $t$	VALOR $p$
Intercepto	1,95525	0,02915	67,067	< 0,001
<i>Contexto fonético</i>				
Posterior	(referencia)			
Anterior	0,03796	0,01427	2,661	< 0,01
Retrofleja	-0,10584	0,02265	-4,673	< 0,001
Otros	0,00231	0,03074	0,075	= 0,94012
Efectos aleatorios	Verosimilitud logarítmica	Grados de libertad	Test de razón de verosimilitud	Valor $p$
Participante	196,62	1	132,91	< 0,001

## 4. Discusión

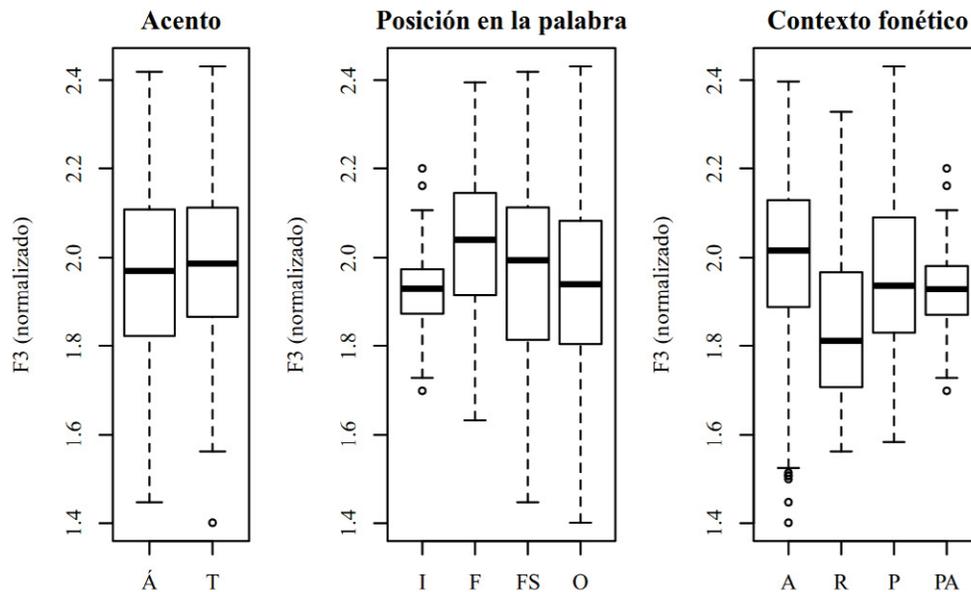
### 4.1. Evidencia fonética en favor de [ə] y /ə/

Como se reportó previamente, se llevaron a cabo tres análisis exploratorios independientes de tipo *k-means*. En el primer análisis, se solicitaron cuatro agrupamientos para los datos de las vocales fonológicas /i/, /a/, /u/ y la sexta vocal. Los resultados mostraron que los agrupamientos representaron las categorías fonológicas relativamente bien. Cuando se solicitaron cinco agrupamientos para los mismos datos, una posibilidad consistente con la hipótesis de dos alófonos de la sexta vocal era encontrar un agrupamiento por cada vocal /i/, /a/ y /u/, y dos agrupamientos que dividieran el espacio

normalizado de F1-F2 de la sexta vocal. Sin embargo, el área correspondiente a esta vocal no fue dividida en dos agrupamientos; al contrario, el quinto agrupamiento se traslapó con áreas cercanas a la sexta vocal y a /a/. De acuerdo con este resultado, la hipótesis de dos variantes alofónicas para esta vocal no se justificaría. Además, la solución para dos agrupamientos con los datos de la sexta vocal dividió el espacio de manera diagonal, con un agrupamiento en la sección superior izquierda del espacio conformado por F1 y F2, y con el otro agrupamiento en la sección inferior derecha, lo que contradice la hipótesis de un alófono alto posterior no redondeado [u] para una unidad fonológica mejor representada como /ə/.

### FIGURA 8

Gráfico de cajas de los valores de F3 normalizados de todas las instancias de la sexta vocal para las variables independientes *acento* ("Á" = átona, "T" = tónica), *posición en la palabra* ("I" = inicio de palabra, "F" = final de palabra, "F.S." = final de sílaba, "O" = otros) y *contexto fonético* ("A" = siguiendo a una consonante anterior, "R" = siguiendo a una consonante retrofleja, "P" = siguiendo a una consonante posterior, "PA" = siguiendo a una pausa)



En el caso de los GLMM, los resultados mostraron que ninguna de las variables independientes analizadas fue capaz de explicar la variabilidad de F1 normalizado. Estos resultados sugieren que la altura vocálica varía libremente, al menos en relación con los factores lingüísticos evaluados en este estudio. Quizás otras variables, no documentadas hasta ahora, podrían explicar la variabilidad encontrada en F1 normalizado para esta variante del mapudungun.

Considerando las mismas variables en F2, se reportó un efecto principal de *acento* y *contexto fonético*, pero no de *posición en la palabra*. En relación con *acento*, los resultados

mostraron que las sílabas acentuadas favorecen valores más altos de F2. Considerando que valores más altos de F2 están correlacionados con instancias vocálicas más anteriores (Ashby y Maidment, 2005), es posible asumir que el acento favorece realizaciones más anteriores de la sexta vocal, aunque la mayoría de las instancias de la sexta vocal son probablemente mejor categorizadas como centrales, dada su posición en el espacio vocálico. Este hallazgo indica que, en algunas comunidades de Alto Biobío, a diferencia de lo reportado en el mapuche central (e.g., Echeverría, 1964), [w] no es más frecuente en sílabas acentuadas. Con respecto al efecto principal de *contexto fonético*, las instancias de la sexta vocal presentan valores más bajos de F2 después de consonantes anteriores y retroflejas (cuando se comparan con consonantes posteriores, el nivel de referencia), sugiriendo que mientras más anterior es el contexto fonético se facilitan realizaciones más posteriores de la vocal y viceversa, contradiciendo los estudios previos que indican que las consonantes retroflejas y posteriores facilitan realizaciones posteriores de la sexta vocal, como es el caso de lo reportado por Henríquez y Salamanca (2012) en el habla de escolares de Alto Biobío y también por Sánchez Pérez y Salamanca (2015) en Lonquimay, que, al igual que Alto Biobío, forma parte de la zona pehuenche.

Un aspecto interesante de los efectos de las variables lingüísticas en *F2 normalizado* es que los hablantes producen instancias más posteriores cuando las vocales siguen a realizaciones anteriores; en cambio, cuando el segmento previo es posterior, los hablantes producen instancias más anteriores de las vocales. Estos resultados aparentemente contradictorios pueden interpretarse como un ejemplo de *target overshoot* (Flege y otros, 2003), aunque no en el sentido de una articulación “exagerada”, sino en el sentido de que hay un amplio rango de posibles realizaciones. Si las producciones de la sexta vocal son centralizadas, sin especificaciones articulatorias claras en relación con un punto articulatorio específico en el eje anterior-posterior (como lo sugieren los datos presentados en la figura 1), es posible que los hablantes realicen instancias más posteriores cuando la vocal sigue segmentos más anteriores. Esto podría ocurrir porque para la lengua solamente es necesario moverse desde la posición más anterior del segmento previo hacia la zona central en general. Lo opuesto puede ocurrir cuando el segmento previo es posterior, dado que el hablante puede intentar mover el articulador activo hacia una zona menos específica en el centro de la cavidad oral. Como consecuencia de este hábito articulatorio, la falta de necesidad de un grado alto de precisión articulatoria y el hecho de que el espacio vocálico de la sexta vocal no es compartido con otras unidades fonológicas en mapudungun, el articulador activo puede exceder el punto articulatorio objetivo, en ambas direcciones.

En relación con la interacción entre *acento* y *contexto fonético* para los datos de *F2 normalizado*, cuando una vocal acentuada ocurrió después de una consonante anterior, posterior o retrofleja, el valor de F2 tendió a ser más alto, con la excepción de aquellas instancias acentuadas que seguían a una pausa, ya que presentaron valores más bajos de F2. Este es

el único contexto que proveyó evidencia de realizaciones más posteriores de la sexta vocal, es decir, de algunas realizaciones de [w]. Dado que la tarea de elicitación correspondió a una lista léxica, las instancias que ocurrieron después de pausa silente fueron las que se encontraban en posición inicial de palabra. Así, estos resultados concuerdan parcialmente con Salamanca (1997), quien reportó que [w] ocurre en posición inicial (también en posición final). Henríquez y Salamanca (2012), por su parte, señalaron que en el habla de escolares de Alto Biobío [w] ocurría, entre otros contextos, en posición inicial y cuando la vocal era tónica, aunque también alternaba con [ə]. Como se puede observar, en ninguno de los estudios previos de Alto Biobío se había mencionado que el contexto de ocurrencia de [w] solamente estuviera restringido a la posición inicial y que además fuera necesario que la sílaba fuera tónica. Al comparar estos resultados con el estudio acústico de Soto-Barba y otros (2016), los autores solamente obtuvieron mediciones en sílaba tónica y, cuando esperaban encontrar realizaciones de [w], la mayoría de esas instancias fueron producidas como [ə]. En los estudios de otras variantes del mapudungun, Lagos (1981), por ejemplo, había señalado para el mapuche central que [w] ocurría en inicio de palabra y en sílaba acentuada, mientras que [ə] solamente ocurría en sílaba átona. Sadowsky y otros (2013), para Isla Huapi, no reportaron un alófono alto posterior no redondeado para la sexta vocal, sino que una realización cerrada central descendida no redondeada [ɨ], pero que ocurrió en sílaba átona y no en sílaba tónica.

En el caso de *F3 normalizado*, la única variable que tuvo un efecto significativo fue *contexto fonético*. Los resultados mostraron que las frecuencias de este formante fueron más bajas cuando la vocal se encontraba después de consonante retrofleja. Esto puede ser explicado como resultado de un efecto coarticulatorio, debido a la relación directa entre la elevación del ápice de la lengua en las realizaciones retroflejas y las frecuencias más bajas de F3, como ha sido reportado para otras lenguas (Ladefoged y Johnson, 2010).

Todas las observaciones realizadas hasta ahora no apoyan la hipótesis de [w] en nuestros datos, por distintas razones. Primero, en relación con la sexta vocal, hay un notable nivel de variación en la región central del espacio vocálico a lo largo del eje horizontal y no hubo efectos estadísticamente significativos de las variables lingüísticas independientes en la variación de F1, ni un agrupamiento de realizaciones altas. Segundo, en el caso de F2, hubo evidencia de un “target-overshoot” y, en tercer lugar, la variación observada en F3 puede ser explicada como coarticulación, ya que ninguna otra variable independiente considerada en este estudio presentó un efecto en *F3 normalizado*. La única evidencia posible de [w] fue encontrada en sílabas acentuadas luego de pausa silente, posiblemente como remanente de una unidad mejor representada como /w/, si es que, efectivamente, en algún momento esta fue la producción más extendida en la zona de Alto Biobío, asunto que escapa de los objetivos de este estudio. Considerando la información entregada en esta investigación, es posible hipotetizar que en Alto Biobío hay un solo alófono [ə] de una unidad fonológica mejor representada como /ə/.

## 4.2. Posibles explicaciones en torno al comportamiento de /ə/

Como se estableció previamente, proponemos que /ə/ es una unidad fonológica en mapudungun y que, al menos en esta variante dialectal, tiene un solo alófono [ə]. Es importante consignar que /ə/ se traslapó considerablemente con otras categorías fonémicas en el espacio vocálico, como se puede observar en la figura 1 y como consta dado los resultados de los análisis de Pillai score y del Índice de Afinidad de Bhattacharyya que se presentan en la tabla 2. Este hecho podría ser importante porque impacta en la capacidad que tiene /ə/ de mantener contrastes fonológicos, pero también es un antecedente que permite elaborar hipótesis respecto de si los cambios experimentados en esta variante del mapudungun son interna o externamente motivados y, además, hipótesis relacionadas con los posibles cambios que este fonema podría sufrir a futuro. Esta sección de la discusión estará dedicada, en primer lugar, a algunos mecanismos internos del cambio de sonidos que son relevantes en el contexto del traslapo entre categorías (*cambio en cadena* y *fusión*) desde la perspectiva del cambio en progreso e internamente motivado y, en segundo lugar, a algunos modelos de cambio inducido por el contacto lingüístico, es decir, externamente motivado.

En relación con los procesos de cambio propios del sistema, el “cambio en cadena”, la “fusión” y las “divisiones” son mecanismos comunes de variación fonológica (Labov, 1999; Gordon, 2013).

El cambio en cadena puede ser entendido como un proceso que ocurre cuando una unidad fonológica infringe el espacio fonológico de otra, y, para proteger el contraste, la segunda unidad también cambia su posición (Labov, 1999; Gordon, 2013). En los datos analizados, /ə/ podría estar infringiendo el espacio fonológico de /e/, lo que, a su vez, crearía la expectativa de que /e/ también cambiara su posición; sin embargo, para este último cambio no existe evidencia. En este contexto, de existir un cambio en cadena, este estaría en progreso y la evidencia actual correspondería a la primera etapa de un potencial proceso de cambio (Gordon, 2013), a pesar de que el movimiento de /e/ no haya sido iniciado todavía (la segunda etapa). Una ventaja de esta interpretación es que este cambio estaría en concordancia con el “Principio III del cambio vocálico”, el cual indica que las vocales [+back] tienden a moverse hacia la zona anterior del espacio vocálico (Labov, 1999: 116).

Con respecto a la posibilidad de una fusión, además de algunos traslapos, no hay evidencia completa de la pérdida de contraste fonológico entre /e/ y /ə/ (ni entre /ə/ y las demás vocales del sistema), pero también es posible argumentar que estas unidades están experimentando estados iniciales de fusión. Debido a que este cambio, si efectivamente estuviera ocurriendo, estaría en una etapa inicial, es difícil determinar si los datos obtenidos se relacionan con un posible caso de fusión por aproximación, transferencia o expansión (Trudgill y Foxcroft, 1978; Herold, 1990). En el caso de la fusión por aproximación, el comportamiento de la sexta vocal podría ser coherente con una aproximación unilateral, ya que existe un

movimiento de esta vocal hacia el espacio fonológico de /e/, mientras que una aproximación mutua puede ser descartada porque hay un solo movimiento de /ə/ hacia /e/, pero no de /e/ hacia /ə/. Alternativamente, cuando una fusión por transferencia ocurre “(...) involucra una recategorización de las palabras desde una clase fonémica a otra como resultado del contacto dialectal” (Gordon, 2013: 205). Este tipo de transferencia es de una naturaleza más categórica, y no parece estar respaldada por el traslapo observado en nuestros datos, aunque varias instancias de tipo [ə] hayan sido, efectivamente, producidas como [e]. Por lo tanto, la interpretación de fusión por transferencia no puede ser descartada sin analizar si el traslapo está restringido léxicamente entre categorías. Finalmente, en el caso de la fusión por expansión, sería expectable que el nuevo fonema esté situado en un rango que cubra la fusión de los espacios vocálicos de los dos fonemas originales (Labov, 1999), lo que parece improbable dada la estabilidad de /e/, pues muy pocas instancias de este fonema son articuladas como otra unidad fonológica, mientras que muchas instancias de /ə/ son articuladas como /e/. En síntesis, la evidencia de nuestros datos pareciera indicar que existe un posible caso de fusión por aproximación.

Existen variadas causas y escenarios externos a la lengua que pueden propiciar una fusión por aproximación. De acuerdo con Thomason (2001), existe bilingüismo asimétrico cuando dos o más lenguas comparten un espacio en común, pero no todos los hablantes son proficientes en las lenguas en cuestión. Considerando que, mientras más intenso es el contacto entre lenguas, mayor es la influencia de la lengua dominante en la lengua minoritaria (Thomason y Kaufman, 1988), y teniendo en cuenta la asimetría del bilingüismo entre el mapudungun y el español, es posible explicar los cambios estructurales como una influencia de la lengua dominante. En este caso, la variabilidad de la sexta vocal estaría relacionada con el sistema de sonidos del español, el cual carece de /ə/.

A pesar de que /ə/ parece mantener su estatus como fonema en los hablantes incluidos en este estudio y en todas las investigaciones realizadas en Alto Biobío (Sánchez Cabezas, 1989; Salamanca, 1997; Henríquez y Salamanca, 2012; entre otros), Henríquez (2016) ha reportado la pérdida del contraste en otra zona dialectal, específicamente, en el mapudungun hablado por niños en dos comunidades de la zona lafkenche en la comuna de Tirúa. En Primer Agua, solamente [u] es reportado y se considera como una variante alofónica de /u/, mientras que, en Ranquihue, [ə] y [u] son interpretados como alófonos de /u/.

## 5. Conclusiones y proyecciones

En los datos analizados en este estudio, /ə/ presenta altos niveles de variación interna y traslapo con otras categorías fonológicas. Los resultados de los análisis exploratorios de tipo *k-means* y estadísticos sugieren que hay poca evidencia de [u]: solamente en sílaba acentuada cuando ocurre después de pausa. Por otra parte, la variación que puede ser explicada como resultado de los efectos de las variables lingüísticas no ocurre en F1, y en F2 ocurre,

pero en un contexto muy restringido. Además, /ə/ se traslapa mayoritariamente con /e/. En su conjunto, esta evidencia sugiere que hay una sola variante alofónica [ə] de una unidad fonológica que conviene representar como /ə/, a pesar de que el traslapo con otras unidades fonológicas pueda indicar un posible cambio en curso del sistema fonológico de la lengua.

Como se discutió previamente, el traslapo entre /ə/ y /e/ podría interpretarse como el inicio de un cambio en cadena o de una fusión, siendo este último cambio el más probable. Sin embargo, por la asimetría y la intensidad del contacto, la posible pérdida de un alófono y el traslapo con /e/, también es posible hipotetizar que este es el inicio de una fusión por aproximación, pero externamente motivada (Babel, 2008), debido al contacto con el español. Así, sería útil realizar otros estudios de contacto que tengan como propósito principal medir la variación de /ə/. Por otra parte, sería adecuado considerar la medición de variables acústicas complementarias, así como también incluir el dominio de la percepción para establecer si los hablantes/oyentes de mapudungun son sensibles al cambio de /ə/ por /e/. Por último, sería interesante observar lo que sucede con la sexta vocal en el mapudungun hablado por otros grupos etarios, tanto en Alto Biobío como en otras zonas dialectales, con una metodología similar a la empleada en este estudio. De esta manera, se podría tener una mejor idea del tipo de cambio en curso y el progreso del mismo, en el caso de existir, y si es común a todas las áreas de habla mapuche o solamente a algunos sectores dialectales.

## 6. Bibliografía citada

ADANK, Patti, Roel SMITS y Roeland VAN HOUT, 2004: "A comparison of vowel normalization procedures for language variation research", *The Journal of the Acoustical Society of America* 116, 3099-3107.

ALVAR, Manuel, Francisco MORENO e Hiroto UEDA, 1997: "La sexta vocal del mapuche", *Thesaurus* 52, 183-189.

ÁLVAREZ-SANTULLANO, Pilar, 1986: "Descripción fonemática del Huilliche: estudio comparativo", *Alpha* 2, 45-50.

ASHBY, Michael, y John MAIDMENT, 2005: *Introducing phonetic science*, Cambridge: Cambridge University Press.

BABEL, Molly, 2008: "The phonetic and phonological effects of moribundity", *University of Pennsylvania Working Papers in Linguistics* 14 (2), 5.

BOERSMA, Paul, y David WEENINK, 2018: *Praat: doing phonetics by computer* [programa de computador] [<http://www.praat.org>].

CATALÁN, Rosa, 2012: *Estudio fonético acústico de las vocales del mapudungun*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

CHAPPELL, Whitney, 2016: "On the social perception of intervocalic /s/ voicing in Costa Rican Spanish", *Language Variation and Change* 28 (3), 357-378.

CROESE, Robert, 1980: "Estudio dialectológico del mapuche", *Estudios Filológicos* 15, 7-38.

DUNN, Joseph, 1974: "Well-separated clusters and optimal fuzzy partitions", *Journal of Cybernetics* 4 (1), 95-104.

ECHVERRIA, Max, 1964: "Descripción fonológica del mapuche actual", *Boletín de Filología de la Universidad de Chile* XVI, 13-19.

ECHVERRIA, Max, y Heles CONTRERAS, 1965: "Araucanian phonemics", *International Journal of American Linguistics* 31 (2), 132-135.

FABRICIUS, Anne, Dominic WATT y Daniel JOHNSON, 2009: "A comparison of three speaker-intrinsic vowel formant frequency normalization algorithms for sociophonetics", *Language Variation and Change* 21 (3), 413-435.

FLEGE, James, Carlo SCHIRRU e Ian MACKAY, 2003: "Interaction between the native and second language phonetic subsystems", *Speech communication* 40 (4), 467-491.

FOX, John, y Sanford WEISBERG, 2011: *An R companion to applied regression*, Thousand Oaks, CA: Sage.

GORDON, Matthew, 2013: "Investigating chain shifts and mergers" en Jack CHAMBERS y Natalie SCHILLING (eds.): *The handbook of language variation and change*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 203-219.

HARTIGAN, John, y Manchek WONG, 1979: "A K-means clustering algorithm, algorithm", *Applied Statistics* 28, 100-108.

HAY, Jennifer, Paul WARREN y Katie DRAGER, 2006: "Factors influencing speech perception in the context of a merger-in-progress", *Journal of phonetics* 34 (4), 458-484.

HENRÍQUEZ, Marisol, 2016: "Vitalidad de la fonología segmental del Mapudungun de escolares Mapuches de Tirúa", *Nueva Revista del Pacífico* 64, 27-66.

HENRÍQUEZ, Marisol, y Gastón SALAMANCA, 2012: "Rasgos prominentes de la fonología segmental del chedungun hablado por escolares del Alto Bío-Bío", *Alpha* 34, 153-171.

HENRÍQUEZ, Marisol, y Gastón SALAMANCA, 2015: "Vitalidad de la fonología segmental del chedungun hablado por escolares del Alto BioBío", *Alpha* 41, 207-231.

HEROLD, Ruth, 1990: *Mechanisms of merger: The implementation and distribution of the low back merger in Eastern Pennsylvania*. Tesis de doctorado, University of Pennsylvania, Pennsylvania.

JOHNSON, Daniel, 2015: "Quantifying overlap with Bhattacharyya's affinity (and other measures!)", comunicación presentada en 44th conference on New Ways of Analyzing Variation, Toronto, Canada.

KUZNETSOVA, Alexandra, Per BROCKHOFF y Rune CHRISTENSEN, 2017: "lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models", *Journal of Statistical Software* 82 (13), 1-26.

LABOV, William, 1999: *Principles of Linguistic Change: Internal Factors*, Malden, Mass.: Blackwell Publishing.

LADEFOGED, Peter, y Keith JOHNSON, 2010: *A Course in Phonetics*, Wadsworth: Cengage Learning.

LAGOS, Daniel, 1981: "El estrato fónico del mapudungu(n)", *Nueva Revista del Pacífico* 19/20, 42-66.

LENZ, Rodolfo, 1895-1897: "Estudios araucanos", *Anales de la Universidad de Chile* XC-XCVIII.

LEYS, Christophe, Christophe LEY, Olivier KLEIN, Phillipe BERNARD y Laurent LICATA, 2013: "Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median", *Journal of Experimental Social Psychology* 49 (4), 764-766.

MIOTTI, Renzo, 2005: "Análisi acustico-uditiva del vocalismo mapuche. Aspetti temporale e timbrico", *Revista de lingüística teórica y aplicada* 43 (1), 45-65.

MOHAMAD, Ismail, y Dauda USMAN, 2013: "Standardization and its effects on K-means clustering algorithm", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 6 (17), 3299-3303.

NEAREY, Terrance, 1977: *Phonetic feature systems for vowels*. Tesis de doctorado, University of Alberta, Alberta, Canada.

R CORE TEAM, 2018: *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

ROUSSEEUW, Peter, 1987: "Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis", *Journal of computational and applied mathematics* 20, 53-65.

SADOWSKY, Scott, Héctor PAINEQUEO, Gastón SALAMANCA y Heriberto AVELINO, 2013: "Mapudungun", *Journal of the International Phonetic Association* 43 (1), 87-96.

SALAMANCA, Gastón, 1997: "Fonología del pehuenche hablado en el Alto Bío Bío", *Revista de lingüística teórica y aplicada* 35, 113-124.

SALAMANCA, Gastón, y Elizabeth QUINTRILEO, 2009: "El mapuche hablado en Tirúa: Fonemas segmentales, fonotaxis y comparación con otras variedades", *Revista de lingüística teórica y aplicada* 47 (1), 13-35.

SALAS, Adalberto, 1976: "Esbozo fonológico del mapudungu, lengua de los mapuches o araucanos de Chile central", *Estudios Filológicos* 11, 143-153.

SALAS, Adalberto, 1978: "Mapuche-español. Análisis fonológico contrastivo", *Vicus Cuadernos Lingüística* 2, 57-85.

SÁNCHEZ CABEZAS, Gilberto, 1989: "Relatos orales en pehuenche chileno", *Anales de la Universidad de Chile. Estudios en honor de Yolando Pino Saavedra* 17, 289-360.

SÁNCHEZ PÉREZ, Makarena, y Gastón SALAMANCA, 2015: "El mapuche hablado en Lonquimay: Fonemas segmentales, fonotaxis y comparación con otras variedades", *Literatura y Lingüística* 31, 295-334.

SOTO-BARBA, Jaime, Isolina LARA y Gastón SALAMANCA, 2016: "Descripción fonético-acústica de la sexta vocal en el chedungun hablado en Alto Bío-Bío", *Onomázein* 34, 229-241.

SUÁREZ, Jorge, 1959: "The phonemes of an Araucanian dialect", *International Journal of American Linguistics* 25 (3), 177-181.

THOMASON, Sarah, 2001: *Language contact*, Edinburgh: Edinburgh University Press.

THOMASON, Sarah, y Terrence KAUFMAN, 1988: *Language contact, creolization, and genetic linguistics*, Berkeley: University of California Press.

TRUDGILL, Peter, y Tina FOXCROFT, 1978: "On the sociolinguistics of vocalic mergers: Transfer and approximation in East Anglia", *Sociolinguistic Patterns in British English*, 69-79.