



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE HUMANIDADES Y ARTE  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN LINGÜÍSTICA**

**RESOLUCIÓN DE ASPECTOS CONTROVERSIALES DE LA  
FONÉTICA Y FONOLOGÍA DEL MAPUDUNGUN MEDIANTE  
MÉTODOS DE FONÉTICA ACÚSTICA Y ESTADÍSTICA  
INFERENCIAL**

**POR DANIELA ALEJANDRA MENA SANHUEZA**

Tesis presentada a la Facultad de Humanidades y Arte de la Universidad de Concepción para optar al grado académico de Doctor en Lingüística

**PROFESOR GUÍA: Prof. Dr. Gastón Felipe Salamanca Gutiérrez**

Julio, 2020  
Concepción



©2020 Daniela Alejandra Mena Sanhueza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo por otorgarme la Beca Doctorado Nacional 2016 Folio 21161183, por el financiamiento de mi pasantía en Japón, por la asignación de los Gastos Operacionales que me permitió, entre otras cosas, exponer en Australia, y por la extensión para la redacción de esta tesis doctoral.



## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. La lengua mapuche.....	1
1.2. Sistemas fonético y fonológico del mapudungun.....	4
1.2.1. Cordón cordillerano pehuenche.....	8
1.2.2. El mapudungun de Alto Biobío.....	11
1.3. Estándares metodológicos.....	18
1.3.1. Enfoques metodológicos tradicionales y no tradicionales.....	19
1.3.2. Aplicación de metodologías no tradicionales en estudios fonético- fonológicos.....	26
1.4. La presente tesis.....	28
1.4.1. Objetivos.....	29

1.4.2. Hipótesis.....	31
2. ESTUDIO 1: LAS CONSONANTES FRICATIVAS LABIODENTAL E INTERDENTAL DEL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO .....	33
2.1. INTRODUCCIÓN.....	33
2.1.1. Estudios sobre las consonantes fricativas labiodental e interdental en mapudungun.....	33
2.1.2. Principales correlatos acústicos de las consonantes fricativas.....	41
2.1.3. El presente estudio.....	48
2.2. MÉTODOS.....	49
2.3. RESULTADOS.....	53
2.3.1. Características del corpus.....	53
2.3.2. Análisis y resultados estadísticos.....	54
2.3.2.1. Parámetros espectrales.....	55
2.3.2.2. Parámetro temporal: duración absoluta.....	68
2.3.2.3. Parámetros de amplitud.....	74
2.4. DISCUSIÓN.....	78
2.4.1. Frecuencia de [v], [f], [ð] y [θ] en Alto Biobío.....	78

2.4.2. Parámetros acústicos de las consonantes [v], [f], [ð] y [θ] en Alto Biobío.....	82
2.4.2.1. Parámetros espectrales.....	83
2.4.2.2. Parámetro de duración: duración absoluta.....	87
2.4.2.3. Parámetros de amplitud.....	89
2.4.3. Síntesis de los principales hallazgos.....	90
2.5. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES.....	91
3. ESTUDIO 2: LA SEXTA VOCAL DEL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO.....	94
3.1. INTRODUCCIÓN.....	94
3.1.1. El sistema vocálico del mapudungun: descripción y principales controversias.....	94
3.1.2. El presente estudio.....	100
3.2. MÉTODOS.....	101
3.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	103
3.3.1. Datos y valores referenciales.....	103
3.3.2. Análisis de conglomerados exploratorios de tipo k-means.....	108
3.3.2.1. Solución de k-means para 4 agrupamientos.....	113

3.3.2.2. Solución de k-means para 5 agrupamientos.....	115
3.3.2.3. Solución de k-means para 2 agrupamientos.....	118
3.3.3. Análisis de los modelos lineales mixtos.....	120
3.4. DISCUSIÓN.....	130
3.4.1. Evidencia fonética en favor de [ə] y /ə/.....	130
3.4.2. Interacción de /ə/ con otras unidades fonológicas.....	138
3.5. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES.....	146
4. ESTUDIO 3: LAS CONSONANTES RETROFLEJAS DEL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO.....	148
4.1. INTRODUCCIÓN.....	149
4.1.1. Consonante aproximante retrofleja sonora.....	150
4.1.2. Consonante africada retrofleja áfona.....	153
4.1.3. El presente estudio.....	156
4.2. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON OTRAS ZONAS PEHUENCHE.....	157
4.2.1. Porcentajes y contexto de aparición de los alófonos de /ɨ/ y /t͡s̃/.....	157
4.2.2. Comparación con otras localidades pehuenche.....	163

4.3. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES ESTUDIO DESCRIPTIVO	166
4.5. ESTUDIO COMPARATIVO /t͡s/ y /t͡ʃ/	168
4.5.1. Consonantes retroflejas: articulación, tipología y características acústicas	168
4.5.2. Este estudio	174
4.6. MÉTODOS	175
4.6.1. Participantes, tarea de elicitación, segmentación y etiquetado	175
4.6.2. Medición y extracción de valores de las variables acústicas	176
4.7. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	178
4.7.1. Resultados de la prueba MANOVA para vocales previas a /t͡s/ y /t͡ʃ/	181
4.7.2. Resultados de la prueba MANOVA para vocales siguientes a /t͡s/ y /t͡ʃ/	195
4.7.3. Síntesis de principales resultados	207
4.8. DISCUSIÓN	210
4.8.1. F2 en contexto vocal consonante (VC) y consonante vocal (CV)	210
4.8.2. F3 en contexto vocal consonante (VC) y consonante vocal (CV)	213



4.8.3. Efecto de la variable sexo en las mediciones de F2 y F3.....	216
4.9. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES ESTUDIO COMPARATIVO / $\widehat{ts}/$ y $/\widehat{tʃ}/$ .....	216
5. ESTUDIO 4: EL CONTRASTE INTERDENTAL-ALVEOLAR EN EL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO.....	219
5.1. INTRODUCCIÓN.....	219
5.1.1. Contraste interdental-alveolar en mapudungun.....	220
5.1.2. <i>Locus equations</i> y el contraste articulatorio de punto.....	225
5.1.3. Este estudio.....	238
5.2. MÉTODOS.....	240
5.2.1. Participantes, tarea de elicitación, anotación y extracción de datos acústicos.....	240
5.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	243
5.3.1. Características del corpus.....	243
5.3.2. RESULTADOS.....	245
5.3.2.1. Análisis para F2 ataque y F2 medio como variables dependientes .....	245
5.3.2.2. Análisis de los valores de pendiente, intercepto y $R^2$ ajustado.....	256

5.3.2.3. Síntesis de resultados.....	265
5.4. DISCUSIÓN.....	266
5.5. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES.....	273
6. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES GENERALES.....	275
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	283



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fonemas vocálicos Echeverría (1964:40).....	5
Tabla 2. Fonemas consonánticos Echeverría (1964:40).....	6
Tabla 3. Resultado para cada variable acústica de la remoción de datos atípicos a través del método de desviaciones absolutas a partir de la mediana.....	54
Tabla 4. Promedio y desviación estándar de los valores normalizados y no normalizados de F1, F2 y F3 de /i, e, ə, a, o, u/.....	106
Tabla 5. Valores del traslapo entre /ə/ y las otras cinco categorías fonológicas /i/, /e/, /a/, /o/ y /u/ mediante Pillai scores y el Índice de Afinidad de Bhattacharyya. Ambas medidas están expresadas en una escala entre 0 y 1.....	108
Tabla 6. Propiedades cuantitativas del análisis de <i>k-means</i> 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.....	115
Tabla 7. Propiedades cuantitativas del análisis de <i>k-means</i> para una solución de 5 agrupamientos, y su relación con la unidad fonológica más cercana, a juzgar por el traslapo visual de sus espacios cartesianos.....	118
Tabla 8. Modelo de efectos mixtos con mejor ajuste para <i>F2</i> , incluyendo <i>acento</i> y <i>contexto fonético</i> como factores fijos, y <i>participante</i> como factor al azar.....	125
Tabla 9. Modelo de efectos mixtos con mejor ajuste para <i>F3</i> , incluyendo <i>contexto fonético</i> como efecto principal y <i>participante</i> como variable al azar.....	128
Tabla 10. Frecuencia y porcentaje de ocurrencias de [ɾʲ] y [z] de cada hablante con ejemplos.....	159
Tabla 11. Promedio y desviación estándar de los valores de cada formante en contexto VC (primera MANOVA) y CV (segunda MANOVA).....	181
Tabla 12. Tabla resumen con el promedio y desviación estándar de F2 en ataque y F2 en medio de la vocal para cada consonante.....	244
Tabla 13. Tabla resumen con el total, promedio y desviación estándar de la pendiente, el intercepto y $R^2$ para cada fonema.....	244

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- Figura 1. Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos [v], [f], [ð] y [θ], articuladas por hablantes del mapudungun hablado en Alto Biobío. Panel superior izquierdo: palabra [moʎ.'vən] ‘sangre’, articulada por un hablante de sexo masculino. Panel superior derecho: palabra [kə.'ɾəf] ‘viento’, articulada por un hablante de sexo masculino. Panel inferior izquierdo: palabra [tʃa.'ði] ‘sal’, articulada por un hablante de sexo femenino. Panel inferior derecho: palabra [tʃoθ] ‘amarillo’, articulada por un hablante de sexo femenino.....51
- Figura 2. Panel izquierdo: gráfico de cajas con la distribución de los picos de energía de las consonantes fricativas labiodental sonora [v], labiodental áfona [f], interdental sonora [ð] e interdental áfona [θ]. Panel derecho: gráfico de cajas con la distribución de los picos de energía de las fricativas realizadas por mujeres y por hombres.....57
- Figura 3. Panel izquierdo: gráfico de cajas para los valores del centro de gravedad de las consonantes fricativas labiodental sonora [v], labiodental áfona [f], interdental sonora [ð] e interdental áfona [θ]. Panel central: valores del centro de gravedad para todas las consonantes fricativas sonoras y áfonas. Panel derecho: valores del centro de gravedad de la interacción entre sexo y sonoridad, donde “M.S.” = mujer sonora, “H.S.” = hombre sonora, “M.Á.” = mujer áfona y “H.Á.” = hombre áfona.....59
- Figura 4. Panel izquierdo: gráfico de cajas para los valores de varianza para cada consonante fricativa. Panel central-izquierdo: valores de la varianza de las consonantes sonoras y áfonas. Panel central-derecho: valores de la varianza de las consonantes labiodentales (“LD”) y de las consonantes interdentales (“ID”). Panel derecho: valores de la varianza de las fricativas realizadas por mujeres y por hombres.....63
- Figura 5. Gráfico de cajas que presenta la interacción entre las variables sonoridad, punto de articulación y sexo. “L.S.M.” = labiodental sonora elicitada por mujeres, “L.Á.M.” = labiodental áfona elicitada por mujeres, “I.S.M.” = interdental sonora elicitada por mujeres, “I.Á.M.” = interdental áfona elicitada por mujeres, “L.S.H.” = labiodental sonora elicitada por

hombres, “L.Á.H.” = labiodental áfona elicitada por hombres, “I.S.H.” = interdental sonora elicitada por hombres, “I.Á.H.” = interdental áfona elicitada por hombres.....	64
Figura 6. Panel izquierdo: valores de oblicuidad para todas las consonantes fricativas. Panel derecho: valores de oblicuidad de las consonantes sonoras y de las consonantes áfonas.....	66
Figura 7. Panel izquierdo: gráfico de cajas de los valores de curtosis para cada consonante fricativa. Panel derecho: gráfico de cajas de los valores de curtosis para las consonantes sonoras y áfonas.....	68
Figura 8. Panel izquierdo: duración de cada consonante fricativa. Panel central-izquierdo: duración de las consonantes fricativas sonoras y áfonas. Panel central-derecho: duración de las consonantes fricativas labiodentales (“LD”) y de las consonantes fricativas interdentes (“ID”). Panel derecho: valores de duración para la interacción entre <i>sonoridad</i> y <i>punto de articulación</i> , donde “L.S.” = labiodental sonora, “L.Á.” = labiodental áfona, “I.S.” = interdental sonora, “I.Á.” = interdental áfona.....	72
Figura 9. Gráfico de cajas para los valores de duración para la interacción entre las variables sonoridad, punto de articulación y sexo. “L.S.M.” = labiodental sonora elicitada por mujeres, “L.Á.M.” = labiodental áfona elicitada por mujeres, “I.S.M.” = interdental sonora elicitada por mujeres, “I.Á.M.” = interdental áfona elicitada por mujeres, “L.S.H.” = labiodental sonora elicitada por hombres, “L.Á.H.” = labiodental áfona elicitada por hombres, “I.S.H.” = interdental sonora elicitada por hombres, “I.Á.H.” = interdental áfona elicitada por hombres.....	73
Figura 10. Panel izquierdo: valores de la amplitud absoluta de todas las consonantes fricativas. Panel central: valores de la amplitud absoluta de las consonantes sonoras y áfonas. Panel derecho: valores de la amplitud absoluta para mujeres y hombres.....	76
Figura 11. Panel izquierdo: valores de la amplitud normalizada para todas las consonantes fricativas. Panel central: valores de la amplitud normalizada de las fricativas sonoras y áfonas. Panel derecho: amplitud normalizada para hombres y mujeres.....	78
Figura 12. Gráfico de los valores normalizados de F1 y F2 de /i, e, ə, a, o, u/. Las elipses 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 /ə/ han sido destacadas utilizando un color diferente.....	107

Figura 13. (A) Solución de *k-means* para 4 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /i/, /a/, /u/ y /ə/ 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.....114

Figura 14. (A) Solución de *k-means* de 5 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /i/, /a/, /u/ y /ə/ 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.....117

Figura 15. (A) Solución de *k-means* para 2 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /ə/ 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.....119

Figura 16. Gráfico de cajas de los valores normalizados de *F1* de todas las instancias de /ə/ 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).....122

Figura 17. Gráfico de cajas de los valores normalizados de *F2* de todas las instancias de /ə/ 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).....126

Figura 18. Gráfico de cajas de los valores normalizados de *F2* de 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 izquierda 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).....127

Figura 19. Gráfico de cajas de los valores de *F3* normalizados de todas las instancias de /ə/ 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).....129

Figura 20. Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos [ɫ], [ɫʲ] y [zɫ], articuladas por hablantes de mapudungun de Alto Biobío. Panel superior izquierdo: palabra [ma.ˈɫa] ‘liebre’, producida por un hablante de sexo masculino. Panel superior derecho: palabra [ma.ˈɫʲi] ‘diez’, producida por un hablante de sexo femenino. Panel inferior izquierdo: palabra [kə.ˈzɔf] ‘viento’, producida por un hablante de sexo masculino.....160

Figura 21. Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos [tʃ] y [t] articuladas por hablantes de mapudungun de Alto Biobío. Panel izquierdo: palabra [tʃa.ˈpi] ‘ají’, producida por un hablante de sexo masculino. Panel derecho: palabra [taɫ] ‘pus’, producida por un hablante de sexo masculino.....162

Figura 22. Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos [tʃ] y [tʃʲ] articuladas por hablantes de mapudungun de Alto Biobío. Panel izquierdo: palabra [tʃa.ˈpi] ‘ají’, producida por un hablante de sexo masculino. Panel derecho: palabra [tʃa.ˈði] ‘sal’, producida por un hablante de sexo masculino.....176

Figura 23. Panel izquierdo: gráficos de caja para los valores de F2 previo en las consonantes /tʃ/ y /tʃʲ/. Panel derecho: gráficos de caja para los valores de F3 previo en las consonantes /tʃ/ y /tʃʲ/.....190

Figura 24. Panel izquierdo: gráfico de cajas para los valores de F2 previo de las vocales anteriores, centrales y posteriores (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior). Panel derecho: gráfico de cajas para los valores de F3 previo de las vocales anteriores, centrales y posteriores (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior).....191

Figura 25. Panel izquierdo: gráficos de cajas para las distribuciones de F2 previo para mujeres y hombres (“Muj.” = mujeres, “Hom.” = hombres). Panel derecho: gráficos de caja para las distribuciones de F3 previo de hombres y mujeres (“Muj.” = mujeres, “Hom.” = hombres).....192

Figura 26. Panel izquierdo: gráfico de cajas con las distribuciones de F2 previo para las consonantes /tʃ/ y /tʃʲ/ separadas por tipo de vocal (“A” =

anterior, “C” = central y “P” = posterior) en contexto VC. Panel derecho: gráfico de cajas con las distribuciones de F3 previo para las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ separadas por tipo de vocal (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior) en contexto VC.....	193
Figura 27. Panel izquierdo: gráfico de cajas con las distribuciones de F2 previo para las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ separadas por sexo (“M” = mujer, “H” = hombre). Panel derecho: gráfico de cajas con las distribuciones de F3 previo para las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ separadas por sexo (“M” = mujer, “H” = hombre).....	194
Figura 28. Panel izquierdo: gráficos de cajas para las distribuciones de F2 siguiente de las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ en contexto CV. Panel derecho: gráficos de cajas para las distribuciones de F3 siguiente en las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ en contexto CV.....	202
Figura 29. Panel izquierdo: gráficos de cajas para las distribuciones de F2 siguiente separados por la variable vocal siguiente (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior). Panel derecho: gráficos de cajas para las distribuciones de F3 siguiente separados por la variable vocal siguiente (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior).....	203
Figura 30. Panel izquierdo: gráficos de caja para las distribuciones de F2 siguiente para los datos de hombres y mujeres por separado (“Muj.” = mujer, “Hom.” = hombre). Panel derecho: gráficos de caja para las distribuciones de F3 siguiente para los datos de hombres y mujeres por separado (“Muj.” = mujeres, “Hom.” = hombres).....	204
Figura 31. Panel izquierdo: gráfico de cajas con las distribuciones de F2 siguiente para las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ separadas por sexo (“M” = mujer, “H” = hombre). Panel derecho: gráfico de cajas con las distribuciones de F3 siguiente para las consonantes /tʃ/ y /tʂ/ separadas por sexo (“M” = mujer, “H” = hombre).....	205
Figura 32. Panel izquierdo: gráficos de caja para la interacción entre las variables sexo y vocal siguiente en los valores de F2 siguiente (“A.M.” = anterior mujer, “A.H.” = anterior hombre, “C.M.” = central mujer, “C.H.” = central hombre, “P.M.” = posterior mujer, “P.H.” = posterior hombre). Panel derecho: gráficos de caja para la interacción entre las variables sexo y vocal siguiente en los valores de F3 siguiente (“A.M.” = anterior mujer, “A.H.” = anterior hombre, “C.M.” = central mujer, “C.H.” = central hombre, “P.M.” = posterior mujer, “P.H.” = posterior hombre).....	206



Figura 33. Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de F2 siguiente para las consonantes /t̪/ y /t̪s/ separados por tipo de vocal (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior) en contexto CV. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de F3 siguiente para las consonantes /t̪/ y /t̪s/ separados por tipo de vocal en contexto CV (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior).....	207
Figura 34. Formas de onda y espectrogramas de palabras producidas por mujeres que contienen los fonos interdental y alveolares. Panel superior izquierdo: oclusiva interdental en [mə.ˈt̪a] ‘cuerno’. Panel superior derecho: oclusiva alveolar en [to.ˈkʲi] ‘hacha’. Panel central izquierdo: nasal interdental en [ɲa.ˈmən̪] ‘pie’. Panel central derecho: nasal alveolar en [na.ˈʃi] ‘remedio amargo’. Panel inferior izquierdo: lateral interdental en [la] ‘muerto’. Panel inferior derecho: lateral alveolar en [la.va.ˈʃa] ‘sapo’....	242
Figura 35. Gráfico de puntos para los valores de F2 ataque y F2 medio para las instancias de consonantes oclusivas interdental y alveolares. Las elipses muestran intervalos de confianza para cada distribución.....	248
Figura 36. Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de F2 ataque de las consonantes oclusivas áfonas interdental y alveolares. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de F2 medio de las consonantes oclusivas áfonas interdental y alveolares.....	249
Figura 37. Gráfico de puntos para los valores de F2 ataque y F2 medio para las instancias de consonantes nasales interdental y alveolares. Las elipses muestran intervalos de confianza para cada distribución.....	251
Figura 38. Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de F2 ataque de las consonantes nasales interdental y alveolares. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de F2 medio de las consonantes nasales interdental y alveolares.....	252
Figura 39. Gráfico de puntos para los valores de F2 ataque y F2 medio para las instancias de consonantes laterales interdental y alveolares. Las elipses muestran intervalos de confianza para cada distribución.....	255
Figura 40. Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de F2 ataque de las consonantes laterales interdental y alveolares. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de F2 medio de las consonantes laterales interdental y alveolares.....	256

Figura 41. Gráfico de cajas que contiene los valores del intercepto de las consonantes interdental y alveolares en los modos articulatorios oclusivo áfono, nasal y lateral.....260

Figura 42. Gráfico de cajas con los valores de la pendiente de las consonantes interdental y alveolares en los modos articulatorios oclusivo áfono, nasal y lateral.....262

Figura 43. Gráfico de cajas con los valores de  $R^2$  para las consonantes interdental y alveolares en los modos articulatorios oclusivo áfono, nasal y lateral.....265



## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad implementar métodos de fonética acústica y estadística inferencial para aplicarlos en la resolución de las controversias fonético-fonológicas del mapudungun hablado en Alto Biobío, así como evaluar su rendimiento en el despliegue de este propósito. Esta tesis se estructura por capítulos, cada uno de los cuales aborda un problema con una metodología particular. Los principales hallazgos del capítulo dedicado a las consonantes fricativas labiodental e interdental dan cuenta de que los momentos espectrales, la duración, la amplitud absoluta y la amplitud normalizada permiten diferenciar entre las fricativas sonoras y áfonas; mientras que la varianza, la duración y la amplitud normalizada permiten distinguir las consonantes labiodentales de las interdental. Del capítulo dedicado a la sexta vocal del mapudungun, se puede relevar lo siguiente: a) la única evidencia de [u] se encontró cuando esta vocal fue tónica y seguía a una pausa, b) las variables *acento*, *posición en la palabra* y *contexto fonético* permiten explicar solamente la variación de F2, c) la sexta vocal del mapudungun se traslapa con otras vocales, en especial con /

e/. En el Estudio 3, que se refiere a las consonantes retroflejas, se reportan 3 realizaciones alofónicas del fonema /ʎ/: [ʎ], [ʎʲ] y [ʎ̞], y dos del fonema /tʂ/: [tʂ] y [t]. En contraste con otras zonas de habla pehuenche, los alófonos no canónicos [ʎʲ] y [t] presentan una mayor cantidad de realizaciones. En cuanto a las características que diferencian a la consonante africada retrofleja áfona [tʂ] de la consonante africada alveopalatal áfona [tʃ], es la transición de F2 de la vocal hacia la consonante lo que permite distinguir ambos sonidos, asunto que difiere de lo que ocurre en otras lenguas, en las cuales F3 permite distinguir las consonantes retroflejas de las no retroflejas. Finalmente, en el capítulo del contraste interdental-alveolar de las consonantes oclusivas áfonas, laterales y nasales, se da cuenta de que las *locus equations* solamente permiten distinguir las consonantes interdentes de las alveolares cuando ocurren en el modo lateral, lo que no quiere decir que en los otros modos articulatorios el contraste no esté vigente. Cada capítulo presenta una introducción, los resultados de los análisis estadísticos, una discusión, conclusiones y proyecciones.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to implement methods of acoustic phonetics and inferential statistics to resolve the phonetic and phonological controversies of Mapudungun spoken in Alto Biobío. This dissertation is structured by chapters, each one with a particular topic and methodology. The main findings of the chapter related to the labiodental and interdental fricative consonants showed that spectral moments, duration, absolute amplitude and normalized amplitude were able to distinguish between voiced and voiceless fricatives, whilst variance, duration and normalized amplitude were able to separate labiodental from interdental consonants. The following can be said about the chapter of the sixth vowel of Mapudungun: a) the only evidence of [u] was found when this vowel was stressed and following a silent pause, b) the variables *stress*, *position within word* and *phonetic context* only explain the variation of F2, c) the sixth vowel overlaps mainly with the vowel space of /e/. Regarding the chapter of retroflex consonants, /ɻ/ displays 3 allophonic realizations: [ɻ], [ɻʷ] and [ɻ], and two in the case of /tʂ/: [tʂ̥] and [tʂ]. The comparison of these phonetic

variants with those of other varieties highlights the fact that in Alto Biobío [ɬʲ] and [tʃ] are more frequent. In the case of the voiceless retroflex affricate /tʂ/ and voiceless alveopalatal affricate /tʃ/, analyses showed that only the F2 transitions from vowels to consonants were able to distinguish between /tʂ/ and /tʃ/, regardless of the category of the following vowel, which suggests – unlike what has been found in other languages – that F3 failed to differentiate between retroflex and alveopalatal consonants in Mapudungun. Finally, regarding the interdental-alveolar contrast, locus equations were only able to provide evidence of a contrast between lateral interdental and alveolar consonants, which does not mean that this contrast is not produced in nasal and plosive consonants in Alto Biobío. Each chapter is structured by an introduction, the results of statistical analyses, a discussion and conclusions and projections.

# 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1. La lengua mapuche

Los mapuche –gente de la tierra– habitan lo que hoy es el sur de Chile y Argentina desde hace, aproximadamente, 500-600 años A.C. (Bengoa, 2004). Mientras que los españoles conquistaron y subyugaron a la mayoría de los indígenas del norte y centro de Chile, nunca fueron capaces de hacer lo mismo con el pueblo Mapuche (Richards y Gardner, 2013). Al contrario, a partir de extensas negociaciones conocidas como *parlamentos*, los españoles y mapuche establecieron oficialmente el río Biobío como frontera entre ambos territorios, hasta la independencia de Chile (Richards y Gardner, 2013, p. 35; Bengoa, 2011). Luego de la independencia de Chile (1818), las relaciones entre la nueva nación y el pueblo mapuche fueron relativamente pacíficas (Richards y Gardner, 2013), sin embargo, a mediados del siglo XIX, el gobierno chileno comenzó a incorporar las tierras mapuche al territorio chileno (Olate *et al.*, 2017), lo que ocasionó el conflicto que hasta hoy se mantiene.

En relación con la filiación genética de la lengua mapuche, tradicionalmente, se ha dicho que pertenece a una familia lingüística independiente y esta es la hipótesis más aceptada (Sadowsky *et al.*, 2013). Sin embargo, Stark (1970) afirma que puede estar relacionada con la familia Maya; Key (1978) sugiere que el mapudungun está emparentado con la familia Tacano-Panoana de Bolivia y Perú, y en menor medida con las lenguas fueguinas; mientras que Croese (1991) relaciona al mapudungun con la familia arawak, a la que pertenecen algunas lenguas indígenas de América del Sur y el Caribe. En cuanto a la estructura del mapudungun, esta lengua ha sido caracterizada como aglutinante, altamente productiva y polisintética (Salas, 2006; Smeets, 2008; Zúñiga, 2017).

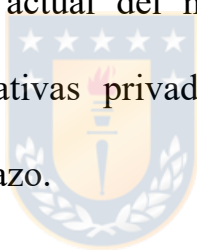
El número de hablantes de mapudungun en Chile, de acuerdo con Zúñiga (2007), varía entre 150.000 y 400.000, dependiendo de lo que signifique ser hablante y del número de personas que se identifique como mapuche. De acuerdo con Zúñiga y Olate (2017), la cifra de 250.000 hablantes, propuesta por *Ethnologue* (Lewis *et al.*, 2016), es razonable para caracterizar la cantidad de hablantes de mapudungun en Chile. Los mapuche habitan,



mayoritariamente, entre las regiones del Biobío y de Los Lagos; sin embargo, gran parte de ellos ha emigrado a Santiago (Zúñiga, 2007).

De acuerdo con Henríquez y Salamanca (2015), originalmente, los mapuche eran monolingües de mapudungun, pero después de su incorporación obligada como minoría lingüística a la nación chilena, fue esencial para este grupo aprender español para poder ser parte de la sociedad chilena. En este contexto, Salas (2006) afirma que el español ha afectado al mapudungun en todos sus niveles, sin embargo, el español no ha sido influenciado por el mapudungun. Actualmente, desde un punto de vista sociolingüístico (Zúñiga, 2007; Gundermann *et al.*, 2009; Zúñiga y Olate, 2017), se considera que la vitalidad de la lengua Mapuche está seriamente amenazada. De acuerdo con fuentes oficiales, en la Región del Biobío, macrozona del presente estudio, un 80% de las personas mapuche no es proficiente en mapudungun; sin embargo, la realidad lingüística de esta región es heterogénea. Por ejemplo, en Alto Biobío es posible encontrar hablantes competentes de todas las edades, mientras que en las zonas de Tirúa, Contulmo, entre otras localidades, el nivel de competencia es

considerablemente bajo (Gundermann *et al.*, 2009). En este sentido, Zúñiga y Olate (2017) concluyen que a pesar de los esfuerzos recientes y las políticas de la última década, como la creación de la Red por los Derechos Educativos y Lingüísticos de los Pueblos Indígenas de Chile (REDEIB) en 2007, la creación de la Academia Nacional de la Lengua Mapuche en 2013, entre otros, se desconocen beneficios sustantivos en el presente y es dudoso que puedan ocurrir a mediano y largo plazo. De acuerdo con estos autores, para revertir la situación actual del mapudungun es necesario que las políticas públicas o iniciativas privadas se enfoquen en medidas que generen cambios a corto plazo.



## **1.2. Sistemas fonético y fonológico del mapudungun**

En esta sección, se considerarán cuatro inventarios fonémicos del mapudungun como punto de partida para la descripción de la fonética y fonología de esta lengua. El primero, corresponde al estudio de Echeverría (1964); el segundo, al trabajo de Salas (1976); el tercero, al inventario de Lagos (1981); y el cuarto, al estudio de Sadowsky *et al.* (2013).

En 1964, Echeverría realiza la primera descripción del sistema fonológico de la lengua mapuche. Uno de los aspectos relevantes de este estudio es que el análisis fonológico se realiza a partir de un corpus proveniente de hablantes que el mismo autor entrevistó. De esta manera, marca una diferencia en relación con el estudio de Suárez (1959). A partir del análisis fonémico, Echeverría (1964) determina que el mapudungun está compuesto por 6 vocales (Tabla 1) y 20 consonantes (Tabla 2). En ambas tablas, se presentan estos segmentos transcritos con el Alfabeto Fonético Internacional, pero se mantienen las etiquetas que plasman los parámetros articulatorios seleccionadas por Echeverría.

**Tabla 1.** Fonemas vocálicos Echeverría (1964:40).

	<b>Anteriores</b>	<b>Centrales</b>	<b>Posteriores</b>
<b>Cerrada</b>	i	u	u
<b>Abierta</b>	e	a	o

**Tabla 2.** Fonemas consonánticos Echeverría (1964:40).

	Labiales	Dentales	Alveolares	Cacuminales	Palatales	Velares
<b>Oclusivas</b>	p	t̪	t	t̟	tʃ	k
<b>Fricativas</b>	f	θ	s	ʃ	j	w
<b>Nasales</b>	m	n̪	n		ɲ	ŋ
<b>Laterales</b>		l̪	l		ʎ	

El próximo inventario fonémico fue propuesto por Salas en 1976. En relación con el estudio de Echeverría (1964), se diferencian, fundamentalmente, por dos aspectos. En el primer caso, Salas asigna estatus fonémico a la consonante fricativa velar sonora [ɣ], mientras que para Echeverría este sonido es alófono del fonema vocálico /u/ y ocurriría solamente en inicio de palabra. De esta manera, el inventario de consonantes cambia de 20 a 21 fonemas. La segunda diferencia de ambos inventarios es el estatus del fono [ʃ], que para Echeverría es un alófono de tʃ, mientras que para Salas es un alófono del fonema /s/.

En 1981, Lagos publica un estudio realizado con 27 hablantes, lo que incluso hoy en día constituye un número importante de participantes para

estudios realizados sobre la lengua mapuche. El autor reporta que el inventario fonológico de la lengua tiene un total de 26 fonemas, de los cuales 6 son vocálicos y 20 son consonánticos. La reducción del número de consonantes, en comparación con Salas (1976), se debe a que, al igual que Echeverría (1964), Lagos (1981) también determina que el sonido fricativo velar sonoro no tiene estatus fonémico en la lengua. En cuanto a [ʃ], indica que es alófono de /s/, en lo que coincide con Salas, pero no con Echeverría.

Otro de los estudios referenciales sobre la fonología segmental es el de Sadowsky *et al.* (2013), trabajo que fue publicado en las Ilustraciones del *Journal of International Phonetic Association*. En esta investigación, se reportan 22 fonemas consonánticos y 6 fonemas vocálicos. En cuanto a las consonantes, estos autores asignan estatus fonémico a [ʃ], al igual que a [tʃ] y a [s], aspecto que difiere de los tres inventarios expuestos previamente. El sonido fricativo velar sonoro, por su parte, es considerado un fonema, al igual que en Salas (1976).

En resumen, todos los inventarios propuestos coinciden en: a) la existencia de seis vocales fonológicas, aunque con algunas diferencias en relación con las distintas materializaciones fónicas; b) un contraste interdental versus alveolar de las consonantes oclusiva, nasal y lateral, es decir, /t̪, ŋ, l̪/ y /t, n, l/; c) la existencia de dos tipos de consonantes retroflejas; y d) la ocurrencia de un contraste entre un fonema fricativo labiodental y uno fricativo interdental, ambos con instancias predominantemente sonoras o sordas, dependiendo de variables diatópicas (Lagos, 1981).

A continuación, se describen los inventarios fonológicos de los estudios realizados en las localidades pertenecientes al cordón cordillerano pehuenche, referente geográfico de esta investigación.

### **1.2.1. Cordón cordillerano pehuenche**

Recientemente, Urrea (2020) realizó un estudio descriptivo del mapudungun hablado en Icalma. Además de la contribución que la descripción de una nueva zona provee, el aporte es aún mayor, ya que

realiza un contraste con otras zonas pehuenche previamente descritas; específicamente, con Alto Biobío (Sánchez Cabezas, 1989; Salamanca, 1997), Lonquimay (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015) y Curarrehue (Pérez y Salamanca, 2017).

En Curarrehue, la localidad más meridional de las zonas mencionadas, Pérez y Salamanca (2017) determinan que el inventario de fonemas está compuesto por 27 segmentos; de ellos, 6 son vocales, 18 son consonantes y 3 son semiconsonantes. En esta variante, se asigna estatus fonémico a la fricativa velar sonora [ɣ], a la fricativa alveopalatal áfona [ʃ] y a las interdental [t̪], [n̪] y [l̪]. Los fonemas fricativos labiodental e interdental son áfonos, es decir, /f/ y /θ/. En cuanto a las consonantes retroflejas, prácticamente, no se evidencia variación alofónica de la africada /tʃ/, ni de la aproximante /ɹ/.

Al norte de Curarrehue, en la zona de Icalma, Urrea (2020) reporta 6 fonemas vocálicos, 18 consonánticos y 3 semiconsonánticos, al igual que en la descripción de Pérez y Salamanca (2017). Sin embargo, hay diferencias

entre ambos inventarios, pues en Icalma no ocurre el fono [ʃ] como fonema, ni como alófono; y [s] es un fonema en la lengua, y no un alófono de /θ/. Por otra parte, se mantienen las similitudes en cuanto al estatus de fonema de [ɣ], la poca variación alofónica de las consonantes retroflejas, el estatus fonémico de las interdental y la alofonía con fuerte predominio de las realizaciones áfonas de las consonantes fricativas labiodental e interdental (aunque en Icalma el fonema /θ/ presenta un 46% de realizaciones sonoras [ð]).



En Lonquimay, localidad que se encuentra al norte de Icalma, Sánchez Pérez y Salamanca (2015) reportan un inventario de 27 fonemas. La única diferencia entre este inventario y el de Icalma es que las consonantes fricativas labiodental e interdental son sonoras en Lonquimay.

Para completar el cordón cordillerano pehuenche, a continuación, se expondrán los estudios más relevantes de Alto Biobío. Esto se realizará con un mayor grado de detalle respecto de las zonas previas, ya que los datos de esta tesis pertenecen, precisamente, a las comunidades de este sector.



### 1.2.2. El mapudungun de Alto Biobío

En 1989, Sánchez Cabezas publica un inventario fonémico basado en las producciones de un hablante de la comunidad de Cauñicu, en Alto Biobío. De acuerdo con dicho análisis, reporta la existencia de 6 fonemas vocálicos y 17 consonánticos. La disminución del número de unidades fonológicas, en comparación con los inventarios previamente mencionados, se debe a que este investigador no asigna estatus fonológico a la consonante fricativa velar sonora [ɣ], pues indica que es un apoyo consonántico de la sexta vocal; tampoco considera que las interdental [t̪], [n̪] y [l̪] sean fonemas. Por otra parte, en esta zona, no se reporta el fono [ʃ], ni realizaciones áfonas de las consonantes fricativas labiodental e interdental.

Salamanca (1997) realiza un análisis fonémico basado en tres hablantes de la localidad de Malla Malla, también ubicada en Alto Biobío. A diferencia de Sánchez Cabezas (1989), para Salamanca las consonantes interdental son fonemas, al igual que la fricativa velar sonora. Concuerdan, no

obstante, en la sonoridad de las consonantes fricativas labiodental e interdental, es decir, /v/ y /ð/, y en que el fono [ʃ] no se produce en la zona.

Quince años después del estudio de Salamanca (1997), Henríquez y Salamanca (2012) retoman la descripción de la fonología del mapudungun de Alto Biobío en las comunidades de Butalelbun y Cauñicu. Sin embargo, a diferencia de los reportes precedentes, estos autores estudian el habla de los escolares. Así, algunas de sus conclusiones son que en ambos sectores la fricativa velar sonora [ɣ] es un fonema y que la mayoría de las realizaciones de las consonantes fricativas labiodental e interdental son sonoras. Por su parte, el fono [ʃ] ocurre en este rango etario (como alófono de  $\widehat{tʃ}$ ), en lo que contrastan con las descripciones de Sánchez Cabezas (1989) y Salamanca (1997), quienes indican que este fono no se produce en el habla adulta de la zona. Otro aspecto importante a destacar es que las interdental [t̪], [n̪] y [l̪] son alófonos de los fonemas alveolares /t/, /n/ y /l/ en Cauñicu, pero son unidades fonológicas diferentes a las consonantes alveolares en Butalelbun. En el caso de las consonantes retroflejas, para la aproximante sonora /ɺ/, se reporta por primera vez en Alto Biobío un

alófono descrito como velar aproximante sonoro “[y]”<sup>1</sup> (solamente en Butalelbun). En cuanto al fonema africado retroflejo áfono /tʃ/, en Cauñicu el único alófono es [tʃ̠], mientras que en Butalelbun, además de [tʃ̠], también ocurre un segmento oclusivo retroflejo áfono [t̠].

Henríquez y Salamanca (2015) estudian la vitalidad de los fonemas críticos –esto es, aquellos que no se encuentran en el español o que tienen una distribución fonotáctica diferente–, en los mismos datos de Henríquez y Salamanca (2012). De acuerdo con estos autores, los fonemas /ə/, /tʃ̠/ y /ɬ/ presentan un porcentaje de ocurrencia superior al 80% en las palabras efectivamente respondidas de ambas comunidades, mientras que las consonantes que presentan un menor porcentaje son las interdentales: en Butalelbun, estos fonos presentan entre un 40% y 60% de ocurrencia y entre un 20% y 40% en Cauñicu.

Salamanca *et al.* (2015) analizan las vocales ensordecidas producidas por escolares de Butalelbun y Cauñicu. A partir de este estudio, concluyen que a

---

1 Es altamente probable que se refieran al segmento que en reportes posteriores se ha transcrito como “[ɥ]”.

pesar de que las vocales ensordecidas constituyen entre un 10% y 20% de las realizaciones vocálicas, se presentan en todos los hablantes y en todas las vocales. Además, señalan que las vocales ensordecidas son levemente más frecuentes en las mujeres que en los hombres y que el 100% de ellas ocurren en la última sílaba de la palabra. Un aspecto interesante de este estudio es que, a diferencia de lo que ocurre en Cauñicu y que rompe en cierta medida lo expectable, en Butalelbun el ensordecimiento ocurre mayoritariamente en sílaba tónica.



Soto-Barba *et al.* (2016) realizan un estudio acústico de la sexta vocal del mapudungun en diez hablantes de género masculino, pertenecientes a las comunidades ubicadas en los valles del río Biobío y del río Queuco. En este trabajo, se midieron los valores de F1 y F2 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, tanto en las comunidades del valle del río Queuco, como en las comunidades del valle de río Biobío, las realizaciones tónicas de [ə] fueron realizadas como se esperaba; sin embargo, las

realizaciones tónicas de [u] se realizaron mayoritariamente como [ə] y, en algunos casos, como [ɯ] o [u].

En el año 2016, Fuentes y Salamanca realizan un estudio acústico de las consonantes fricativas labiodental e interdental sonoras en Alto Biobío. El objetivo de este trabajo fue determinar si algunos alófonos de /v/ y /ð/ se podrían etiquetar como aproximantes. Los resultados de las distintas mediciones y análisis se avienen con esta hipótesis, pues dieron cuenta de un 45,82% de realizaciones aproximantes para /v/ y de un 29,41% para /ð/.

Otro estudio relacionado con el habla de escolares es el de Henríquez (2017), en el cual se analiza el habla de 20 niños provenientes de las comunidades de Callaqui, Pitril, Malla Malla y Butalelbun. En este trabajo, se destaca que las consonantes interdentesales [t̪] [n̪] y [l̪] no ocurren en Callaqui, a diferencia de las otras tres localidades. Además, las consonantes fricativas labiodental e interdental son sonoras y constituyen las formas básicas de sus respectivos fonemas, por la mayor frecuencia que presentan en comparación con las realizaciones áfonas. Por otra parte, el fono [ʃ]

ocurre en todas las comunidades y es un alófono de /tʃ/. Luego, Henríquez y Fuentes (2018) realizan un análisis espectrográfico de las africadas /tʃ/ y /tʂ/, en el cual se destaca que la africana retrofleja en Butalelbun prácticamente no presenta innovaciones producidas por la influencia del español, mientras que en Callaqui ocurre lo contrario. En cuanto a /tʃ/, el alófono [ʃ] se presenta con un 48% en la comunidad de Trapa Trapa, mientras que solamente un 1% de estas realizaciones son producidas en Butalelbun.



Salamanca y Mena (2017) analizan el estatus del fono [ʃ] en una muestra compuesta por 30 hablantes nativos adultos de distintas comunidades de Alto Biobío. De acuerdo con el análisis distribucional y auditivo, determinan que el fono en cuestión prácticamente no ocurre en esta zona, ya que solamente se presenta en 9 realizaciones, lo que equivale a un 1,16%. De acuerdo con el contexto de aparición de [ʃ], si se tuviera que adscribir a alguna unidad fonológica sería a /tʃ/. Así, entonces, como se puede evidenciar con los estudios del habla de escolares, pareciera ser que el fono

[ʃ] ocurre en Alto Biobío, pero como una innovación de los niños, ya que prácticamente no se reporta en el habla de los adultos.

Salamanca *et al.* (2017) realizan un análisis de las consonantes interdental, oclusiva, nasal y lateral. Estos autores, además del análisis distribucional, presentan seis capturas de imágenes obtenidas de las grabaciones, dos por cada fono interdental. Por otra parte, presentan imágenes de palatografía, técnica que fue utilizada en dos hablantes de la lengua, calificados como muy competentes. Los porcentajes de ocurrencia de estos fonos interdental fueron de un 81% para [t̪], 73% para [n̪] y 60% para [l̪]. Luego de la evidencia demostrada, se determina que los fonos interdental y alveolar tienen estatus fonémico por separado; es decir, /t̪/, /n̪/, /l̪/, y /t/, /n/ y /l/.

Mena y Salamanca (2018) realizan un estudio de vitalidad fonológica en hablantes adultos de Alto Biobío. A partir del análisis de los segmentos críticos, reportan que solamente dos fonemas presentan un porcentaje de transferencias del español superior al 30%; específicamente, los fonemas /l̪/

y /ɲ/, este último segmento analizado en coda silábica. En el otro extremo, los fonemas que solo presentan un 1% de transferencias son las consonantes retroflejas /t͡ʃ/ y /ɬ/.

Además de los estudios del mapudungun hablado en Alto Biobío, existen otros trabajos realizados en otras zonas de habla mapuche que no fueron considerados en este apartado (e.g. Álvarez-Santullano, 1986; Salamanca y Quintrileo, 2009; Salamanca *et al.*, 2009; Henríquez, 2016; Álvarez-Santullano *et al.*, 2016). Sin embargo, estos estudios serán citados en los próximos capítulos de esta tesis.

### **1.3. Estándares metodológicos**

En esta sección, se explicarán, en términos generales, las diferencias entre los acercamientos considerados tradicionales y no tradicionales en esta tesis. Con la expresión “métodos tradicionales” nos referimos, principalmente, a la utilización del distribucionalismo como acercamiento para conocer aspectos fonológicos de la lengua mapuche. Por otra parte,



con “métodos no tradicionales” nos referimos a la utilización de fonética acústica y de estadística inferencial como herramientas para el conocimiento de la fonética y fonología de las lenguas, en general, y del mapudungun, en particular.

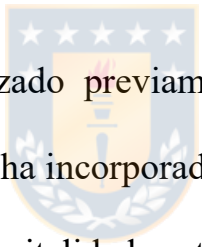
### **1.3.1. Enfoques metodológicos tradicionales y no tradicionales**

Consistentemente, desde el trabajo de Echeverría (1964) en adelante, la gran mayoría de los estudios fonético-fonológicos de la lengua mapuche se ha desarrollado teniendo como fondo teórico-metodológico el estructuralismo norteamericano y europeo, con particular énfasis en la aplicación del *Análisis distribucional de segmentos* para conocer el estatus fonológico de los sonidos de la lengua. La principal característica que tienen que tener los fonos para ser objeto de este análisis es la similitud articulatoria. Así, cuando dos sonidos articulatoriamente similares ocurren en un mismo contexto y existe cambio de significado, los sonidos en cuestión se encuentran en distribución contrastante y pertenecen a fonemas diferentes. En el caso opuesto, es decir, cuando no existe cambio de

significado, los fonos se encuentran en variación libre; entonces, ambas realizaciones pertenecen a una misma unidad fonológica. Finalmente, cuando los sonidos se encuentran en contextos mutuamente excluyentes, están en distribución complementaria y son alófonos de un mismo fonema (Pike, 1947; Burquest, 2001).

A continuación, se ejemplificarán estas distribuciones, mayoritariamente, con base en el trabajo de Echeverría (1964). De acuerdo con este autor, el sonido fricativo dorsoalveolar áfono [s] y el sonido fricativo interdental áfono [θ] se encuentran en distribución contrastante, porque ocurren en un contexto similar y existe cambio de significado (por ejemplo, en [si.'kʲil] ‘prendedor’ y [θi.'muŋ] ‘arado’); en consecuencia, estos sonidos se asignan, respectivamente, a los fonemas /s/ y /θ/. Sin embargo, en Curarrehue, Pérez y Salamanca (2017) reportan que [s] y [θ] ocurren sistemáticamente en el mismo contexto y no existe cambio de significado (por ejemplo, en [tʃos] ‘amarillo’ y [tʃoθ] ‘amarillo’); por lo tanto, estos sonidos están en variación libre y son alófonos del fonema /θ/. Los fonos lateral alveolar sonoro [l] y lateral retroflejo sonoro [ɭ], por su parte, están en distribución

complementaria, porque ocurren en contextos mutuamente excluyentes. En efecto, la consonante lateral retrofleja ocurre, solamente, por asimilación en la coda de una sílaba iniciada por otra consonante retrofleja, como en [kə.ʔsa] ‘trueno’; por lo tanto, no va a ocurrir en inicio de palabra o entre vocales, como sí sucede con la consonante lateral alveolar [l] (por ejemplo, en [ʔoŋ.ko] ‘cabeza’ y en [a.li.'wen] ‘árbol’). De esta manera, los fonos [l] y [ʎ] se asignan al mismo fonema, cuya forma básica es /l/ (Echeverría, 1964).



Además del análisis esbozado previamente, el estudio de la fonética y fonología del mapudungun ha incorporado análisis fonotácticos, creación de alfabetos, medición de la vitalidad, estudios dialectales y características suprasegmentales, aunque estas últimas en menor medida. Sin embargo, a pesar de que gran parte del conocimiento que se tiene de la fonética y fonología del mapudungun se ha desarrollado a partir de, básicamente, un enfoque mayoritariamente cualitativo, existen herramientas desarrolladas hace varias décadas que permiten abordar problemas fonético-fonológicos desde una perspectiva cuantitativa; en particular, las herramientas de la fonética acústica y la estadística inferencial.

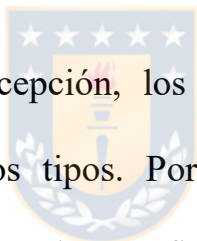
La fonética acústica, en términos generales, se interesa por estudiar las propiedades físicas del sonido lingüístico, en su manifestación como ondas sonoras (Ladefoged y Johnson, 2010; Reetz y Jongman, 2011). Una de sus herramientas fundamentales es el oscilograma, que consiste en un gráfico que permite observar las ondas sonoras como señales eléctricas, luego de haber sido procesadas por un micrófono (Reetz y Jongman, 2011). Si bien a través del oscilograma se puede reconocer la forma de onda, el tiempo y la amplitud de una señal, en la mayoría de los casos, como para el análisis vocálico o de consonantes fricativas, se requiere tener una representación de la señal en el dominio de la frecuencia, la que puede ser obtenida mediante la Transformada de Fourier (Román, 2011), y que resulta en un espectro. Los espectros permiten, por ejemplo, visualizar las diferencias que pueden existir en las concentraciones de frecuencias que identifican y diferencian las vocales, o contrastar los rangos de frecuencia y centros de gravedad de las consonantes fricativas.

Una limitación de los espectros es que no presentan información sobre el dominio temporal. Para subsanar este problema, pueden utilizarse

espectrogramas, en los que el eje de las frecuencias se representa en la ordenada, el tiempo en la abscisa y la intensidad en un eje “z” (Martínez Celdrán, 1998). Usualmente, la frecuencia es medida en Hertz (abreviado “Hz”); la duración, en milisegundos (abreviados “ms”); y la amplitud, en decibelios (abreviados “dB”) (Johnson, 2012). Los espectrogramas constituyen una herramienta fundamental en la exploración inicial de materiales fónicos (Martínez Celdrán, 1998); además, pueden informar el tipo de variables acústicas que será necesario extraer de los datos para estudios descriptivos o experimentales.

En el dominio de la producción, los estudios que incorporan fonética acústica seleccionan un número acotado de variables acústicas que hayan sido identificadas como buenos correlatos de algún aspecto del dominio articulatorio para describir o comparar unidades segmentales o suprasegmentales. Por ejemplo, el *voice onset time* (VOT), conocido en español como *tiempo de ataque de la sonoridad*, ha demostrado ser un buen correlato para la distinción entre consonantes oclusivas y consonantes oclusivas aspiradas (Cho y Ladefoged, 1999), una diferencia que distingue

las consonantes oclusivas del castellano de las del inglés. En el caso de estos estudios, una vez que se han recolectado numerosas mediciones del parámetro acústico de interés, se suelen agrupar los valores por categorías (e.g., VOT de las oclusivas no aspiradas y VOT de las oclusivas aspiradas) y se procede a evaluar si la evidencia acústica justifica diferencias para efectos de preguntas de investigación descriptivas, correlacionales o experimentales.



En el dominio de la percepción, los estudios que incorporan fonética acústica suelen ser de dos tipos. Por una parte, existen aquellos que identifican las variables acústicas suficientes para construir muestras de habla sintetizadas, lo más naturales posibles, para luego utilizarlas en pruebas de percepción de variado tipo y con diversos fines (e.g., Iverson y Kuhl, 1995). Por otra parte, existen estudios cuyo foco es la identificación de aquellas variables acústicas que son buenos o potenciales correlatos para la identificación y discriminación de sonidos en diversas lenguas (e.g., Iverson *et al.*, 2005).

Los estudios que consideran la extracción de datos de variables acústicas son cuantitativos en la medida que generan conjuntos de mediciones, expresadas numéricamente. Una de sus mayores ventajas respecto de perspectivas más bien cualitativas es que las mediciones que se obtienen pueden ser reproducidas en experiencias comparables, lo que garantiza su objetividad, y que los datos pueden representar fenómenos de naturaleza gradual (e.g., debilitamiento). Además, este tipo de datos, a diferencia de los obtenidos mediante técnicas tradicionales, pueden ser sometidos a análisis estadísticos. De hecho, suele ser el caso que los estudios que incorporan fonética acústica también utilicen estadística inferencial para acumular evidencia en favor o en contra de hipótesis de investigación formuladas desde la perspectiva experimental.

La estadística inferencial es la disciplina de la estadística que busca mejorar el conocimiento de algunas características poblacionales, entendidas estas como las características de todos los casos teóricamente existentes, mediante el estudio de la información contenida en una muestra obtenida aleatoriamente (Casella y Berger, 2002). Esta información es resumida

mediante un proceso denominado *estimación*. Los resultados que se obtienen a partir de las estimaciones deben interpretarse como probabilistas, pues heredan la aleatoriedad propia de la muestra.

En el caso de estudios del dominio fonético y fonológico en los que se ha utilizado estadística inferencial, suele ser el caso que se la emplea para: (a) demostrar que ciertos sonidos presentan diferencias acústicas que son estadísticamente significativas (e.g., Allen *et al.*, 2003); (b) evaluar la interacción entre la manifestación de variables acústicas o lingüísticas con variables lingüísticas y no lingüísticas (e.g., Holmes, 1996); y (c) identificar patrones naturales de agrupamientos de datos en espacios definidos por una o más variables acústicas (e.g., Fox *et al.*, 1995).

### **1.3.2. Aplicación de metodologías no tradicionales en estudios fonético-fonológicos**

En este apartado, se ejemplificarán estudios realizados con herramientas de fonética acústica, principalmente. No se considerarán estudios que incluyan



fonética articuladora, por ejemplo, que también podrían considerarse como estudios no tradicionales desde la perspectiva adoptada en esta tesis.

Variadas lenguas indígenas han sido estudiadas siguiendo metodologías como las descritas en el subapartado anterior. El primer antecedente de importancia para la utilización de fonética acústica en estudios fonéticos y fonológicos es la serie de trabajos que Peter Ladefoged (1968) llevó a cabo con lenguas nativas de África occidental. Desde ahí en adelante, estas metodologías se consolidan. Un ejemplo, entre muchos otros que podrían describirse, es el estudio realizado por Tabain y Butcher (1999), en el cual se estudian los efectos acústicos de coarticulación, expresada como la cantidad de coarticulación anticipatoria en sílabas de tipo CV, medida como valores de F2, para un conjunto de consonantes oclusivas de dos lenguas indígenas australianas –Yanyuwa y Yindjibarndi–; la comparación entre ambas lenguas se realizó mediante técnicas de regresión lineal simple.

Otro ejemplo lo constituye el trabajo de Cho y Ladefoged (1999), quienes estudian la variación del VOT como correlato de punto de articulación en

18 lenguas minoritarias. En particular, el estudio se focaliza en las consonantes oclusivas áfonas aspiradas y no aspiradas que ocurren en posición inicial antes de una vocal que no sea alta. Los resultados mostraron que las consonantes velares son las que tienen un VOT mayor; sin embargo, esta constante no se observó en todas las lenguas estudiadas. Una prueba ANOVA de un factor determinó que las consonantes alveolares fueron distintas de todas las demás realizaciones (Cho y Ladefoged, 1999).

En lo que respecta al estudio de aspectos fonéticos y fonológicos del mapudungun, desde el año 2000 se han incorporado de manera incipiente enfoques metodológicos no tradicionales (aunque no necesariamente recientes). Es el caso de Fuentes y Salamanca (2016), Soto-Barba *et al.* (2016), Salamanca y Mena (2017), Henríquez y Fuentes (2018), entre otros.

#### **1.4. La presente tesis**

La presente tesis, además de esta introducción general, está compuesta por cuatro capítulos que abordan distintas controversias fonético-fonológicas

del mapudungun hablado en Alto Biobío. En este trabajo, el acercamiento metodológico para la resolución de dichas controversias es muy diferente del que se ha utilizado en la gran mayoría de los estudios de la lengua mapuche. En particular, cada capítulo de esta tesis está basado en la medición de parámetros acústicos y todos los análisis se realizan mediante estadística inferencial. La metodología varía de acuerdo con el problema que se aborda en cada estudio y, por ende, los análisis estadísticos también. Cada capítulo tiene un objetivo y una hipótesis asociados, los cuales se presentan a continuación.



### **1.4.1. Objetivos**

#### **a) Objetivo general**

Implementar métodos de la fonética acústica y estadística inferencial para avanzar hacia la resolución de algunas controversias fonético-fonológicas del mapudungun hablado en Alto Biobío.

## b) Objetivos específicos

Para el estudio acústico-estadístico de las consonantes fricativas labiodental e interdental en Alto Biobío, “Determinar si los parámetros espectrales, de duración, de amplitud y los valores formánticos permiten distinguir las consonantes fricativas labiodentales de las interdenciales, así como también sus realizaciones sonoras y áfonas en el mapudungun hablado en Alto Biobío”.



Para el estudio acústico-estadístico del sistema vocálico del mapudungun de Alto Biobío, “Determinar el estatus fonológico de la sexta vocal en el mapudungun hablado en Alto Biobío”.

Para el estudio acústico-estadístico de las consonantes retroflejas de Alto Biobío, “Demostrar que los alófonos [ɣ], [z] y [ɣʲ] de /ɣ/, y [t͡ʂ] y [t] de /t͡ʂ/, presentan diferencias acústicas y espectrográficas, dentro de cada unidad fonológica, en el mapudungun hablado en Alto Biobío”.

Para el estudio acústico-estadístico del contraste interdental-alveolar del mapudungun de Alto Biobío, “Determinar si existe un contraste interdental-alveolar en el sistema fonológico del mapudungun hablado en Alto Biobío”.

#### **1.4.2. Hipótesis**

Para el estudio acústico-estadístico de las consonantes fricativas labiodental e interdental en Alto Biobío, “Los parámetros espectrales, de duración, de amplitud y los valores formánticos permiten distinguir las consonantes fricativas labiodentales de las interdenciales, así como también sus realizaciones sonoras y áfonas en el mapudungun hablado en Alto Biobío”.

Para el estudio acústico-estadístico del sistema vocálico del mapudungun de Alto Biobío, “La sexta vocal /ə/ tiene estatus fonológico en el mapudungun hablado en Alto Biobío”.

Para el estudio acústico-estadístico de las consonantes retroflejas de Alto Biobío, “Los alófonos [ɟ], [z] y [ʝ] de /ɟ/, y los alófonos [t͡ʂ] y [t] de /t͡ʂ/,

presentan diferencias acústicas y espectrográficas, dentro de cada unidad fonológica, en el mapudungun hablado en Alto Biobío”

Para el estudio acústico-estadístico del contraste interdental-alveolar del mapudungun de Alto Biobío, “Existe un contraste interdental-alveolar en el sistema fonológico del mapudungun hablado en Alto Biobío”.



## **2. ESTUDIO 1: LAS CONSONANTES FRICATIVAS LABIODENTAL E INTERDENTAL DEL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

#### **2.1.1. Estudios sobre las consonantes fricativas labiodental e interdental en mapudungun**



La sonoridad de las consonantes fricativas labiodental e interdental se ha considerado como un rasgo dialectológico que distingue entre las variantes del mapudungun hablando en Chile. Tradicionalmente, se ha estudiado a partir del análisis distribucional de segmentos, indicando cuáles son los alófonos y cuál es la forma básica seleccionada a partir de la frecuencia de las realizaciones. A continuación, se exponen brevemente algunos estudios con sus principales hallazgos.

En los estudios publicados por Lenz entre 1895 y 1897, las fricativas labiodental e interdental sonoras [v, ð] se consideran como características del habla picunche (esto es, de la zona norte de habla mapuche), mientras que las consonantes áfonas [f, θ] forman parte del inventario de sonidos del huilliche (esto es, de la zona sur de habla mapuche). Suárez (1959) analiza los datos del pehuenche (zona cordillerana) que fueron publicados por Lenz en el “Estudio V” y determina que [β], [v], [ϕ] y [f] están en variación libre y elige la fricativa bilabial [β] como representante del fonema. En el caso de la fricativa interdental, reporta solo la ocurrencia de la consonante sonora [ð].

En relación con el mapuche hablado en la zona central, Echeverría (1964) selecciona las consonantes fricativas labiodental e interdental áfonas como las representantes de sus respectivas unidades fonológicas; sin embargo, señala que varían libremente con variantes sonoras. Salas (1976) también asigna estatus fonémico a las consonantes áfonas en esta zona. Para Lagos (1981), los alófonos de las consonantes labiodental e interdental se relacionan con variantes diatópicas de la lengua. Así, el fonema fricativo



labiodental /f/ poseería tres realizaciones alofónicas: [ϕ], que ocurre en el centro-sur del territorio; [v], en el norte; y [f], en la zona más meridional. En cuanto a la consonante interdental, el fonema /θ/ tendría dos realizaciones: [θ], en el sur; y [ð], en el norte.

En el caso del huilliche, Álvarez-Santullano (1986) indica que en la zona de San Juan de la Costa, esto es, en la Región de los Lagos, la consonante fricativa labiodental es áfona, al igual que la fricativa interdental; es decir, /f/ y /θ/. Álvarez-Santullano *et al.* (2016), por su parte, realizan un estudio consonántico del huilliche hablado por 5 hablantes de las zonas de Lanco, Panguipulli, Maihue, Rupumeica (Región de los Ríos) y Aleucapi (Región de los Lagos). En total, un hablante de cada localidad. En relación con la consonante fricativa labiodental, la gran mayoría de sus realizaciones corresponden a [f], aunque se observan en número muy reducido algunas variaciones en ciertas palabras. Por ejemplo, el segmento [x] ocurre cuatro veces en Rupumeica y dos veces en Aleucapi; de esta manera, es la segunda realización con mayor frecuencia del fonema en cuestión (después de [f]). Las únicas realizaciones sonoras [v] son reportadas en la localidad de

Aleucapi, con un 8%, que corresponde a dos instancias del total. En cuanto a la consonante fricativa interdental, la mayoría de las realizaciones son áfonas; es decir, [θ]. Es interesante destacar que el hablante de la localidad de Lanco no realizó nunca este fono, pues se produjeron un 63% de realizaciones [s] y un 37% de realizaciones [ʃ] (12 y 7 instancias, respectivamente). El fono [s] también fue mayoritario en la localidad de Maihue, con un 64% (7 instancias); mientras que [θ] y la realización sonora [ð] obtuvieron un 18% cada una, con 2 realizaciones. En las tres localidades restantes, [θ] es mayoritario. En resumen, en huilliche las realizaciones de las consonantes fricativas son áfonas, excepto por dos realizaciones sonoras para cada fonema.

En Alto Biobío, el área de interés en el presente trabajo, Sánchez Cabezas (1989) indica que las fricativas labiodental e interdental son sonoras o ensordecidas, pero nunca áfonas. Salamanca (1997) señala que en el caso de la fricativa labiodental la forma básica corresponde al fono sonoro, aunque alterna en el postmargen silábico con la realización áfona. Para ambos

autores, el fono fricativo interdental sonoro es la única realización del fonema /ð/.

En el mapudungun hablado en Tirúa, en el suroeste de la Región del Biobío, Salamanca y Quintrileo (2009) reportan que las consonantes fricativas sonoras [v] y [ð] son mayoritarias, por lo que proponen que [f] y [θ] son alófonos de los fonemas /v/ y /ð/, respectivamente. En cambio, en el mapudungun hablado en Melipeuco, Región de la Araucanía, predominan las realizaciones áfonas de las consonantes fricativas labiodental e interdental, por lo que son escogidas como representantes de ambos fonemas (Salamanca *et al.*, 2009). En la zona de Isla Huapi, también en la Región de la Araucanía, Sadowsky *et al.* (2013) señalan que las fricativas labiodental e interdental son áfonas.

Sánchez Pérez y Salamanca (2015) determinan que las fricativas labiodental e interdental son mayoritariamente sonoras en Lonquimay, zona cordillerana de la Región de la Araucanía, pero que alternan con los segmentos áfonos [f] y [θ] en coda silábica. En Curarrehue, una localidad

ubicada al sur de Lonquimay, en tanto, las realizaciones mayoritarias son áfonas, por lo que se proponen como representantes de los fonemas /f/ y /θ/ (Pérez y Salamanca, 2017).

Henríquez y Salamanca (2015) y Henríquez (2016) estudian el habla de escolares de Alto Biobío y Tirúa, respectivamente. De acuerdo con sus reportes, las realizaciones de la consonante fricativa labiodental en ambos sectores son sonoras, al igual que lo reportado en el habla adulta (Salamanca, 1997; Salamanca y Quintrileo, 2009). En el caso de la fricativa interdental en Alto Biobío, en la comunidad de Butalelbun ocurre [ð] con un porcentaje mayor que [θ], mientras que en Cauñicu solamente se observó [ð]. Por otra parte, en Tirúa solo se reportó la fricativa sonora en Primer Agua, pues en Ranquihue no hubo realizaciones de este fonema, debido a que los escolares desconocían las palabras de la lista léxica que contenían este segmento. Narváez (2019) estudia estas consonantes en el habla de escolares de las comunidades de Trapa-Trapa, Butalelbun y Pitril, pertenecientes al valle del río Queuco; y Ralco Lepoy y El Barco, pertenecientes al valle del río Biobío. En el valle del Queuco, se reporta un

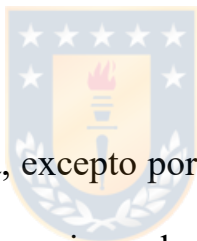
86% de realizaciones interdental sonoras y un 1% de realizaciones áfonas; ambos sonidos se consideran variantes tradicionales. En el valle del Biobío, solamente ocurre la interdental sonora como variante tradicional y tiene un 82% de realizaciones. En cuanto a la fricativa labiodental, en el valle del Queuco, [v] ocurre en un 69% de los casos; [f] tiene un 14% de ocurrencia y [β] un 3%. Para el valle del Biobío, los porcentajes son: 66% de [v], 18% de [f] y 5% de [β]. Por lo tanto, en el habla de los escolares de Alto Biobío, la mayoría de las variantes tradicionales de los fonemas fricativos labiodental e interdental son sonoras.



Finalmente, Fuentes y Salamanca (2016) realizaron un estudio de los alófonos de las consonantes /v/ y /ð/ en Alto Biobío. De acuerdo con sus resultados, ambos fonemas tienen alófonos aproximantes; específicamente, el fonema /v/ presenta un 45,82% de realizaciones de este tipo y el fonema /ð/, un 29,41%.

Los estudios citados en los párrafos previos indican que en la mayoría de las zonas de habla mapuche los sonidos fricativos labiodental e interdental

son áfonos. La excepción ocurre principalmente en la Región del Biobío; específicamente, en Tirúa y en Alto Biobío. Además, hay que añadir que la localidad de Lonquimay, que se encuentra en la Región de la Araucanía, pero en la cordillera, al sur de Alto Biobío, presenta realizaciones mayoritariamente sonoras. Sin embargo, en Curarrehue, que también se encuentra en la cordillera de la Región de la Araucanía y al sur de Lonquimay, la situación es diferente, pues la mayoría de estas fricativas son áfonas.



En cuanto a la metodología, excepto por el estudio de Fuentes y Salamanca (2016), todos los trabajos previos sobre el mapudungun han abordado el estudio de las fricativas labiodentales e interdentes desde una perspectiva auditiva, esto es, escuchando y transcribiendo los sonidos sin utilización de evidencia acústica y como parte de un objetivo mayor que ha sido describir el sistema fonético-fonológico de una variante en particular. En el ámbito cuantitativo, los precedentes de investigación han recurrido a contabilizar las instancias de cada sonido y a obtener porcentajes de ocurrencia de cada uno. Sin embargo, consideramos que es importante utilizar métodos

experimentales en la resolución de controversias fonético-fonológicas y en la documentación de las lenguas indígenas, porque de esta manera es posible aportar en discusiones más generales acerca del comportamiento de las lenguas. En la próxima sección de esta introducción se relevan los principales correlatos acústicos de las consonantes fricativas con ejemplos de estudios en otras lenguas.

### **2.1.2. Principales correlatos acústicos de las consonantes fricativas**

Un sonido fricativo ocurre cuando el aire que viene de los pulmones pasa entre dos articuladores que generan un canal angosto que obstruye el paso del aire, lo que produce un ruido de fricción turbulento. La posición de los articuladores dependerá del tipo de consonante fricativa, mientras que la velocidad, los segmentos contiguos y el tamaño y forma de la cavidad oral serán determinantes para caracterizar estos sonidos (Ladefoged y Maddieson, 1996; Jongman *et al.*, 2000; Reetz y Jongman, 2011).

De acuerdo con Figueroa y Kim (en prensa), los principales desafíos que el estudio de las consonantes fricativas conlleva son la selección de los correlatos acústicos relacionados con sonoridad y punto de articulación, el lugar de medición de estos correlatos en las consonantes y los métodos utilizados para ello.

Las medidas más empleadas en el análisis de las consonantes fricativas corresponden a parámetros provenientes de representaciones espectrales de los sonidos, que incluyen los picos de energía y los momentos espectrales (Forrest *et al.*, 1988; Jongman *et al.*, 2000; Jannedy y Weirich, 2017). Por otro lado, también se utilizan de manera frecuente medidas relacionadas con la amplitud (Tabain, 1998; Hedrick y Ohde, 1993), la duración (Gordon *et al.*, 2002; Czaplicki *et al.*, 2016), y la transición de valores formánticos entre la consonante y la vocal (Sussman, 1994; Fowler, 1994; Sussman y Shore, 1996).

En relación con los picos de energía, Jongman *et al.* (2000) reportan que en el inglés los valores de la frecuencia en la que se ubica el pico de energía en



una representación espectral disminuyen a medida que las consonantes son más posteriores y, además, señalan que la ubicación de los picos de energía de las realizaciones áfonas ocurren en frecuencias más altas que las sonoras cuando las consonantes fricativas no son sibilantes. Los momentos espectrales están compuestos por cuatro medidas: centro de gravedad, varianza, oblicuidad y curtosis. El centro de gravedad corresponde al promedio de concentración de energía; la varianza, a la desviación de la distribución de la energía desde el centro de gravedad; la oblicuidad indica si la distribución de las frecuencias del espectro presentan una inclinación hacia frecuencias altas o bajas; y, por último, la curtosis corresponde a la picosidad de la distribución (Jannedy y Weirich, 2017).

De acuerdo con Choo (1999), el centro de gravedad es una variable acústica que permite distinguir el punto de articulación entre las consonantes /f/, /θ/, /ʃ/ y /h/ del inglés. Spinu y Lilley (2016), por su parte, reportan que la varianza es un buen correlato para clasificar las consonantes fricativas /f/, /v/, /z/, /ʃ/ y /h/ del rumano. En el caso de la curtosis, Nissen y Fox (2005) señalan que existen diferencias estadísticamente significativas entre la

curtosis de las sibilantes /s/ y /ʃ/, respecto de las no sibilantes /θ/ y /f/ en inglés. En Polaco, las nuevas variantes de los fonemas /ç/ y /t͡ʃ/ presentan valores de oblicuidad estadísticamente más bajos que las realizaciones tradicionales de esos fonemas (Czaplicki *et al.*, 2016).

Otra de las medidas utilizadas para la caracterización de las consonantes fricativas es la amplitud del ruido de fricción. Jesus y Shadle (2002) determinaron que la amplitud dinámica de las consonantes del portugués europeo /f/, /v/, /s/, /z/, /ʃ/ y /ʒ/ es mayor en las consonantes áfonas que en las sonoras; sin embargo, también se observó considerable variación entre los sujetos de su muestra. Nirgianaki (2014) midió la amplitud normalizada de las consonantes fricativas del griego /f/, /v/, /θ/, /ð/, /s/, /z/, /ç/, /j/, /x/ y /ɣ/. Los resultados indicaron que esta medición distingue entre fricativas sibilantes y no sibilantes, pero no es capaz de diferenciar las fricativas labiodentales, dentales y velares. Finalmente, en el estudio de Jongman *et al.* (2000) se reportaron diferencias estadísticamente significativas de amplitud normalizada entre los modos articulatorios de las fricativas del

inglés. Además, las consonantes áfonas presentaron mayor amplitud normalizada que las sonoras en relación con la vocal siguiente.

La duración del ruido de fricción ha sido una de las mediciones más utilizadas en el estudio de las consonantes fricativas. Gordon *et al.* (2002) realizaron un estudio que midió la duración en consonantes fricativas de siete lenguas: aleut, apache, chickasaw, gaelic, hupa, montana salish y toda. Los resultados indicaron que de las siete lenguas solamente gaelic, aleut y toda presentaron diferencias de duración estadísticamente significativas entre sus consonantes. En gaelic, /s/ es más extensa que todas las demás fricativas /f/, /fʰ/, /ʃ/, /ç/ y /x/; mientras que /f/ es la que presenta menos duración. En el caso de aleut, el orden de mayor a menor duración es: /s/, /x/, /ç/, /ʃ/ y /χ/; análisis estadísticos de tipo *post hoc* revelaron que /s/ tiene una duración estadísticamente mayor que /ç/, /ʃ/ y /χ/, pero no ocurre lo mismo con /x/, que a su vez es estadísticamente más extensa que /ç/ y /ʃ/. En cuanto a /χ/, que en los datos solamente aparece en posición final, tiene una duración estadísticamente menor que /s/ en la misma posición. En la lengua toda, /f/ es la consonante que presenta menor duración comparada

con /θ/, /ç/, /s/, /ʃ/, /ʈ/ y /ʈ̚/, excepto con /x/. En el caso de la fricativa postalveolar /ʃ/, esta consonante tiene una duración mayor que todas las demás fricativas. Así, entonces, los autores concluyen que la duración del ruido de fricción fue el parámetro más débil para diferenciar las fricativas de las siete lenguas estudiadas.

En relación con los parámetros de transición de formantes, se han utilizado como correlatos acústicos de rasgos articulatorios los valores formánticos de las vocales que siguen a las consonantes y las *locus equations*, entre otros. En cuanto a los formantes vocálicos, por ejemplo, el análisis de F1 en las consonantes fricativas del griego indicó que este formante no fue capaz de distinguir entre las consonantes labiodentales y dentales; sin embargo, las consonantes áfonas tuvieron valores de F1 significativamente más altos que las fricativas sonoras. En el caso de F2, todos los puntos articulatorios fueron diferentes con significatividad estadística y las consonantes sonoras presentaron valores más altos que las áfonas (Nirgianaki, 2014).

Por otra parte, las *locus equations* son mediciones que permiten modelar la transición formántica entre consonantes y vocales o entre vocales y consonantes, a partir de dos mediciones obtenidas en el límite entre una consonante y una vocal, y en el medio de la vocal. Para caracterizar las consonantes oclusivas sonoras del sueco, Lindblom (1963) utilizó la fórmula:  $F2_{\text{onset}} = k * F2_{\text{vowel}} + c$ , donde los valores constantes  $k$  y  $c$  corresponden a la pendiente y al intercepto de una regresión lineal simple. Las diferencias en el conjunto de parámetros de las regresiones son luego evaluadas para determinar si existen diferencias entre consonantes de diverso tipo. Las *locus equations* han probado su utilidad para distinguir punto articulatorio en consonantes oclusivas sonoras tanto en lenguas mayoritarias, como el inglés (Sussman *et al.*, 1991), como en lenguas minoritarias, como el karitiâna (Everett, 2008). En relación con las consonantes fricativas, Sussman (1994) reporta que la pendiente de las *locus equations* diferencia /v/ de /ð/, y /ʃ/ y /ʒ/, en inglés. Por otra parte, Jongman *et al.* (2000) determinaron que los valores de las pendientes son capaces de distinguir las consonantes labiodentales de los otros puntos

articulatorios, mientras que los interceptos permiten distinguir /f, v/ de /ʃ, ʒ/, pero no /s, z/ de /θ, ð/.

### **2.1.3. El presente estudio**

A diferencia de la gran mayoría de los precedentes de investigación (excepto por Fuentes y Salamanca, 2016), en este estudio se utilizarán mediciones acústicas y pruebas estadísticas para investigar las fricativas labiodentales e interdentes del mapudungun. La utilización de estas herramientas no solo tiene como objetivo caracterizar acústicamente estos segmentos, asunto que no se ha reportado previamente, sino que también determinar cuáles son las características acústicas que permiten distinguir las consonantes fricativas labiodentales de las interdentes, cuáles de ellas son suficientes para agrupar las consonantes fricativas sonoras y áfonas, y, por último, cuáles son los parámetros acústicos que permiten diferenciar las consonantes [v], [f], [ð] y [θ] en esta lengua. Si bien el objetivo principal de este estudio se vincula con las características acústicas de estas consonantes, también se obtendrán los porcentajes del total de cada fono

para que sean comparables con los estudios previos en el área pehuenche, en general, y de Alto Biobío, en particular, lo que se plasmará brevemente al inicio de la discusión de este capítulo.

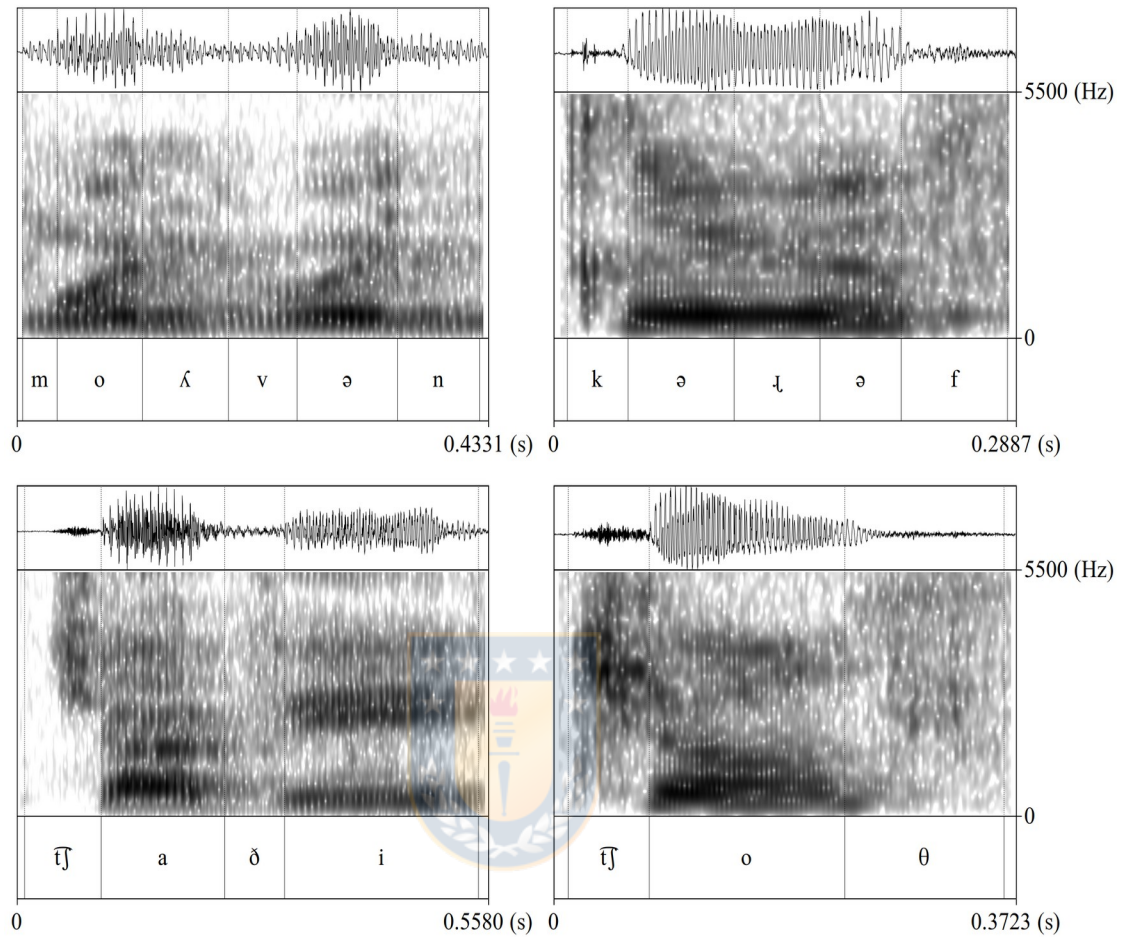
## 2.2. MÉTODOS

Los datos fueron obtenidos de 10 participantes (5 hombres y 5 mujeres), hablantes nativos de mapudungun, provenientes de Alto Biobío. La edad de los participantes fluctuaba entre los 41 y 65 años, todos ellos hablantes bilingües de mapudungun y español. Las grabaciones fueron realizadas con una grabadora digital Tascam DR-100 con una frecuencia de muestreo de 44.100 Hz y a una profundidad de 16 bit, en formato mono. La grabadora, que tenía dos micrófonos cardioides de condensador (ambos alimentando la misma señal), fue ubicada a 30 centímetros, aproximadamente, de la cavidad oral de los sujetos. Las grabaciones se llevaron a cabo por fonetistas entrenados, en los lugares de residencia de los participantes. Dado que las condiciones de grabación no fueron siempre óptimas, se realizó una evaluación de su relación señal-ruido, la que evidenció que las señales son

aceptables para un estudio de las características espectrales de las consonantes fricativas ( $\bar{x} = 35.01$  dB,  $\sigma = 4.75$  dB). En relación con la tarea, se les pidió a los participantes traducir palabras de una lista léxica en español al mapudungun y repetir cada palabra tres veces. La lista léxica fue construida con foco en los segmentos controversiales en las descripciones de esta lengua y tuvo como base la aplicada por Croese (1980).

Las señales obtenidas fueron segmentadas y etiquetadas en TextGrids del programa *Praat* (Boersma y Weenink, 2018). Cada palabra fue etiquetada en español y en mapudungun con una transcripción fonética y otra fonológica. Las consonantes fricativas fueron segmentadas y etiquetadas como labiodentales sonoras, labiodentales áfonas, interdentes sonoras, interdentes áfonas y como “otros” cuando los hablantes producían otro sonido que no fuera ninguno de los mencionados. La Figura 1 muestra ejemplos de las cuatro realizaciones de interés para este estudio.





**Figura 1.** Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos [v], [f], [ð] y [θ], articuladas por hablantes del mapudungun hablado en Alto Biobío. Panel superior izquierdo: palabra [moʎ.vən] ‘sangre’, articulada por un hablante de sexo masculino. Panel superior derecho: palabra [kə.ʎəf] ‘viento’, articulada por un hablante de sexo masculino. Panel inferior izquierdo: palabra [tʃa.ði] ‘sal’, articulada por un hablante de sexo femenino. Panel inferior derecho: palabra [tʃoθ] ‘amarillo’, articulada por un hablante de sexo femenino.

Para extraer los datos acústicos relacionados con la intensidad, se construyó un objeto Intensity en Praat con valores por defecto. La amplitud absoluta se midió como el valor cuadrático medio (“root mean square” o “rms”) para toda la porción de ruido de cada fricativa. Con la finalidad de normalizar la diferencia de intensidades entre hablantes, se calculó también la diferencia de la amplitud de la fricativa menos la amplitud de la vocal. Esta última medición en la vocal fue operacionalizada como el valor cuadrático medio de la amplitud expresado en decibelios, promediada durante tres periodos de tono consecutivos en el punto de máxima amplitud dentro de la vocal (ver Behrens y Blumstein, 1988b; Jongman *et al.*, 2000).

Para la medición de los parámetros espectrales se extrajo de la señal sonora cada instancia fricativa mediante una ventana Hamming de 40 ms, situada en el medio del ruido de fricción. La estimación de las características espectrales se basó en el espectro generado a partir de una Transformada Rápida de Fourier (“fast Fourier transform”, o “FFT”), cuya envolvente fue luego modelada a través de una Codificación Predictiva Lineal (“linear predictive coding”, o “LPC”). Para el caso específico del pico espectral,

este fue definido como el pico de mayor amplitud del espectro proveniente de la Codificación Predictiva Lineal (Behrens y Blumstein, 1988a).

## **2.3. RESULTADOS**

### **2.3.1. Características del corpus**

En total, el corpus está compuesto por 374 consonantes fricativas labiodentales e interdentes sonoras y áfonas. De estas consonantes, 192 fueron producidas por mujeres y 182, por hombres. En particular, las fricativas labiodentales corresponden a 234 instancias, de las cuales 195 son sonoras y 39 son áfonas. Las consonantes fricativas interdentes son 140 en total, de las cuales 128 corresponden a instancias sonoras y 12 a instancias áfonas. Luego de una inspección preliminar de los datos, se aplicó el criterio de 2,5 distancias de desviación absoluta respecto de la mediana para remover algunos datos atípicos de cada distribución, por separado (Leys *et al.*, 2013). El efecto de la remoción de datos atípicos para cada variable acústica puede ser observado en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resultado para cada variable acústica de la remoción de datos atípicos a través del método de desviaciones absolutas a partir de la mediana.

	Labiodentales		Interdentales	
	[v]	[f]	[ð]	[θ]
Corpus original	195	39	128	12
Pico espectral	187	34	124	10
Centro de gravedad	90	22	83	9
Varianza	161	15	116	5
Oblicuidad	189	39	125	12
Curtosis	173	39	120	12
Duración	194	30	126	10
Amplitud RSM	195	39	128	12
Amplitud RSM normalizada	161	15	100	7

### 2.3.2. Análisis y resultados estadísticos

Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa *R* (R Core Team, 2018) y pruebas ANOVA de tres vías que incluyeron como variables independientes *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*. Estas pruebas estadísticas se realizaron en los parámetros espectrales (picos de energía y momentos espectrales), en un parámetro temporal (duración absoluta) y en dos parámetros de amplitud (amplitud absoluta y amplitud normalizada). La

elección de la prueba ANOVA se basó en el interés de este estudio de comparar sus resultados con precedentes de investigación, especialmente, con los trabajos de Jongman *et al.* (2000) y Nirgianaki (2014) sobre las fricativas del inglés y del griego, respectivamente. Coincidiendo con estos estudios, también se realizaron análisis *post hoc* mediante pruebas *t de Student*.

### 2.3.2.1. Parámetros espectrales

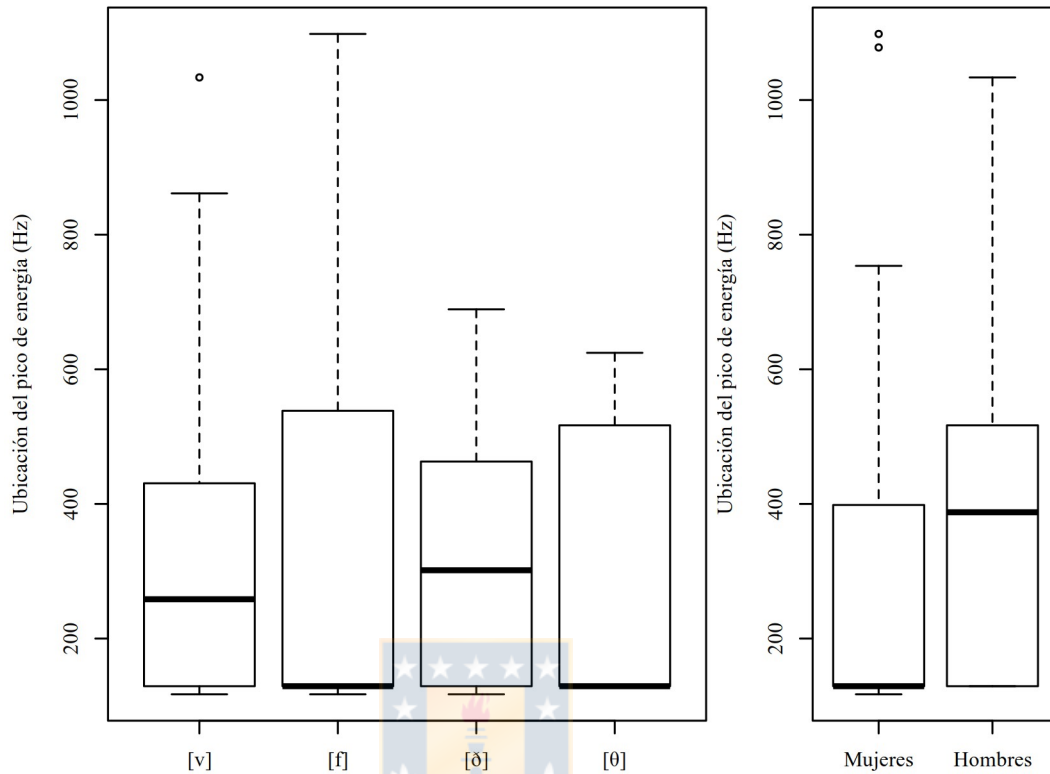


#### a) Picos de energía

Los resultados de la prueba ANOVA de tres vías que evaluó el efecto de las variables independientes *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* en los valores de la variable dependiente *picos de energía* revelaron que solamente existe un efecto principal estadísticamente significativo de la variable *sexo*,  $F(1, 347) = 38,378, p < 0,001, \eta^2 = 0,099$ . Con la finalidad de conocer si las diferencias entre hombres y mujeres son estadísticamente significativas, se aplicó una prueba *t*. El análisis *post hoc* realizado para mujeres ( $n = 181, \bar{x}$

= 248,82,  $\sigma = 188,38$ ) y hombres ( $n = 174$ ,  $\bar{x} = 372$ ,  $\sigma = 188,2$ ) arrojó diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos  $t(352,48) = -6,162$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = -0,654$ , mostrando que los hablantes de sexo masculino presentan picos espectrales en frecuencias significativamente mayores que las mujeres. Los datos involucrados en este análisis pueden ser visualizados en la Figura 2.





**Figura 2.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con la distribución de los picos de energía de las consonantes fricativas labiodental sonora [v], labiodental áfona [f], interdental sonora [ð] e interdental áfona [θ]. Panel derecho: gráfico de cajas con la distribución de los picos de energía de las fricativas realizadas por mujeres y por hombres.

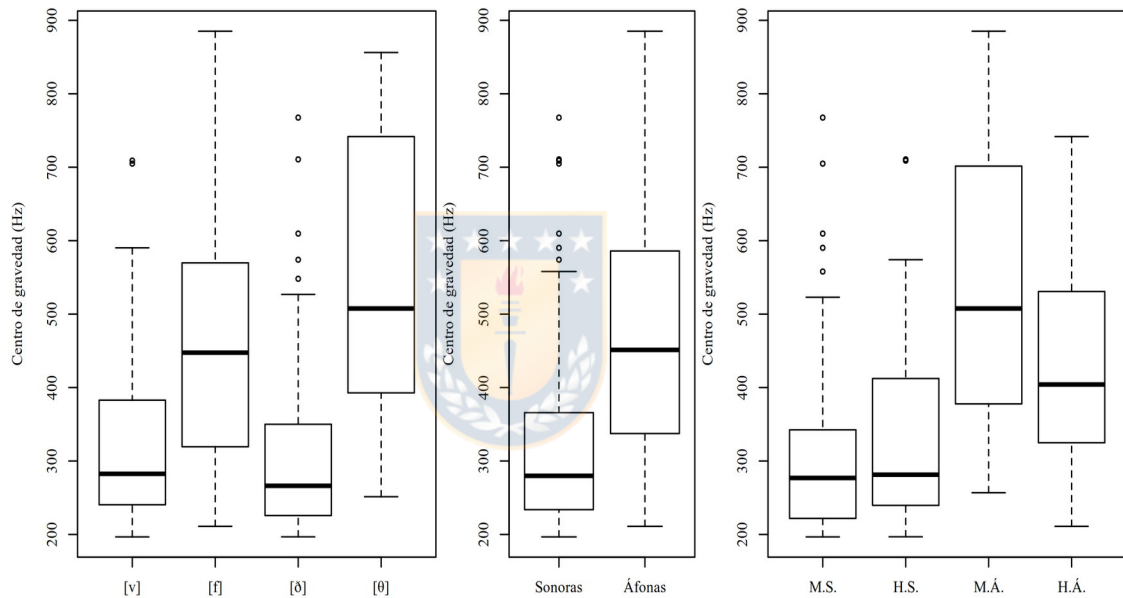
## b) Centro de gravedad

La prueba ANOVA de tres vías (variables independientes: *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*) aplicada para la variable dependiente *centro de*

*gravedad* reveló que existe un efecto principal de la variable independiente *sonoridad*,  $F(1, 196) = 44,351$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,174$  y una interacción estadísticamente significativa entre *sonoridad* y *sexo*,  $F(1, 196) = 7,706$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,030$ . En el caso del efecto de la variable *sonoridad*, se realizó una *prueba t* para las consonantes sonoras ( $n = 173$ ,  $\bar{x} = 316,97$ ,  $\sigma = 115,47$ ) y áfonas ( $n = 31$ ,  $\bar{x} = 481,53$ ,  $\sigma = 190,63$ ), la que mostró que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas categorías  $t(34,05) = -4,656$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = -1,27$ , tal que las consonantes sonoras presentan un centro de gravedad significativamente menor que las áfonas. En cuanto a la interacción entre *sonoridad* y *sexo*, se realizaron dos *pruebas t*. La primera, entre las consonantes sonoras producidas por mujeres ( $n = 75$ ,  $\bar{x} = 307,18$ ,  $\sigma = 118,84$ ) y las consonantes sonoras producidas por hombres ( $n = 98$ ,  $\bar{x} = 324,46$ ,  $\sigma = 112,87$ ), cuyos resultados no fueron estadísticamente significativos  $t(155,06) = -0,969$ ,  $p = 0,334$ ,  $d = -0,150$ . La segunda *prueba t* incluyó las realizaciones áfonas de mujeres ( $n = 15$ ,  $\bar{x} = 541,65$ ,  $\sigma = 217,55$ ) y las realizaciones áfonas de hombres ( $n = 16$ ,  $\bar{x} = 425,17$ ,  $\sigma = 146,65$ ) que esta vez sí presentaron diferencias estadísticamente significativas  $t(24,35) = 1,737$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,632$  (las mujeres presentan



valores significativamente mayores que los hombres). En la Figura 3, se grafican los valores del centro de gravedad para todas las fricativas, también los gráficos del centro de gravedad de las consonantes sonoras y áfonas, y, por último, la interacción entre *sonoridad* y *sexo*.



**Figura 3.** Panel izquierdo: gráfico de cajas para los valores del centro de gravedad de las consonantes fricativas labiodental sonora [v], labiodental áfona [f], interdental sonora [ð] e interdental áfona [θ]. Panel central: valores del centro de gravedad para todas las consonantes fricativas sonoras y áfonas. Panel derecho: valores del centro de gravedad de la interacción entre *sexo* y *sonoridad*, donde “M.S.” = mujer sonora, “H.S.” = hombre sonora, “M.Á.” = mujer áfona y “H.Á.” = hombre áfona.

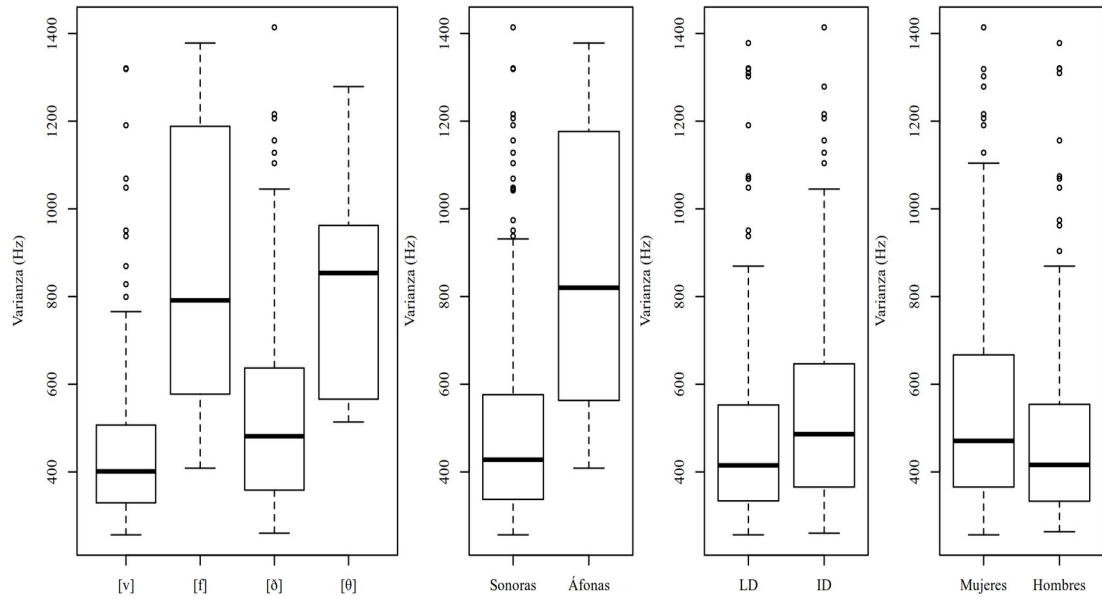
### c) Varianza

La prueba ANOVA de tres vías (variables independientes: *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*) aplicada para los valores de la variable dependiente *varianza* reveló que existe un efecto principal estadísticamente significativo de la variable *sonoridad*,  $F(1, 289) = 53,544$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,147$ . El análisis *post hoc* mostró que entre las fricativas áfonas ( $n = 20$ ,  $\bar{x} = 864,79$ ,  $\sigma = 326,08$ ) y las fricativas sonoras ( $n = 277$ ,  $\bar{x} = 491,58$ ,  $\sigma = 217,41$ ) existen diferencias estadísticamente significativas  $t(20,24) = -5,038$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = -1,65$ , tal que las consonantes sonoras presentan una varianza significativamente menor que las fricativas áfonas. La variable *punto de articulación* también mostró ser estadísticamente significativa  $F(1, 289) = 8,709$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,024$ . La prueba *t* realizada para el contraste entre las realizaciones labiodentales ( $n = 176$ ,  $\bar{x} = 492,22$ ,  $\sigma = 240,88$ ) e interdentales ( $n = 121$ ,  $\bar{x} = 552,32$ ,  $\sigma = 245,83$ ) reveló que las consonantes labiodentales presentan una varianza significativamente menor que las interdentales  $t(254,63) = 2,087$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,247$ . La variable *sexo* también presentó un efecto estadísticamente significativo  $F(1, 289) = 7,145$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 =$

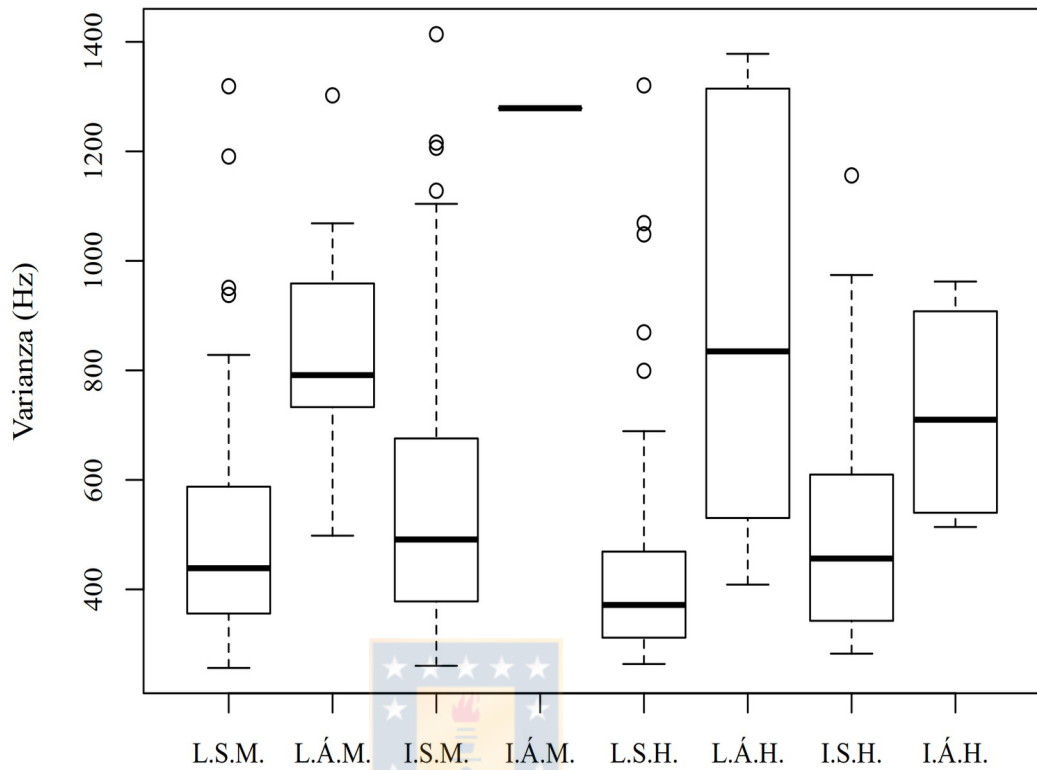
0,020. La *prueba t* realizada para las fricativas producidas por mujeres ( $n = 146$ ,  $\bar{x} = 546,84$ ,  $\sigma = 254,57$ ) y por hombres ( $n = 151$ ,  $\bar{x} = 487,57$ ,  $\sigma = 231,05$ ) arrojó diferencias estadísticamente significativas  $t(290,08) = 2,099$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,244$ , siendo las realizaciones producidas por mujeres las que presentan mayores valores de varianza. Para los datos que sustentan estos resultados estadísticos, véase la Figura 4.

Por último, la prueba ANOVA también reveló una interacción significativa de tres vías entre las variables *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*,  $F(1, 289) = 4,445$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,012$  (para los datos que sustentan esta interacción, véase la Figura 5). Con la finalidad de explorar dónde se encuentran las diferencias que dan pie a esta interacción, se realizaron pruebas de tipo *t* para contrastar los pares de sonoridad dentro de un sexo y un punto articulatorio (por ejemplo, los valores de varianza de las consonantes labiodentales sonoras de las mujeres versus las áfonas del mismo grupo). La primera *prueba t* fue realizada para conocer si las consonantes labiodentales sonoras producidas por mujeres ( $n = 79$ ,  $\bar{x} = 488,38$ ,  $\sigma = 202,13$ ) eran diferentes a las consonantes labiodentales áfonas

producidas por mujeres ( $n = 7$ ,  $\bar{x} = 853,56$ ,  $\sigma = 260,73$ ). Los resultados indicaron que las diferencias son estadísticamente significativas  $t(6,655) = -3,611$ ,  $p < 0,01$ ,  $d = -1,77$ . No fue posible realizar un análisis *post hoc* entre las consonantes interdentes sonoras y áfonas producidas por mujeres por falta de observaciones y variabilidad de las consonantes interdentes áfonas. El siguiente análisis fue realizado entre las consonantes labiodentales sonoras producidas por hombres ( $n = 82$ ,  $\bar{x} = 425,96$ ,  $\sigma = 185,44$ ) y las consonantes labiodentales áfonas también producidas por hombres ( $n = 8$ ,  $\bar{x} = 893,28$ ,  $\sigma = 416,07$ ). Los resultados mostraron que también existen diferencias estadísticamente significativas  $t(7,273) = -3,147$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = -2,19$ . El análisis *post hoc* para las consonantes interdentes sonoras elicitadas por hombres ( $n = 57$ ,  $\bar{x} = 502,68$ ,  $\sigma = 189,12$ ) y para las consonantes interdentes áfonas elicitadas por hombres ( $n = 4$ ,  $\bar{x} = 724$ ,  $\sigma = 218$ ) reveló que las diferencias no son estadísticamente significativas  $t(3,325) = -1,979$ ,  $p = 0,067$ ,  $d = -1,16$ . Para todas las comparaciones, incluso para la que no resultó ser estadísticamente significativa, las consonantes sonoras presentaron valores de varianza menores que las consonantes áfonas.



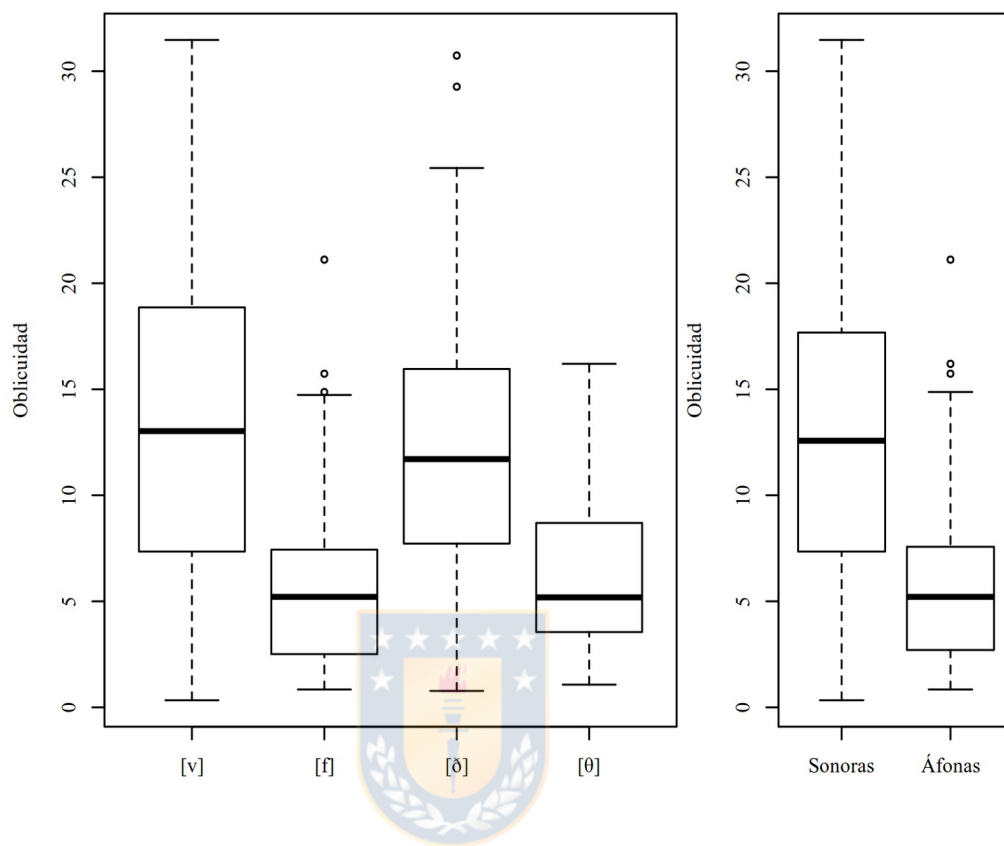
**Figura 4.** Panel izquierdo: gráfico de cajas para los valores de varianza para cada consonante fricativa. Panel central-izquierdo: valores de la varianza de las consonantes sonoras y áfonas. Panel central-derecho: valores de la varianza de las consonantes labiodentales (“LD”) y de las consonantes interdental (“ID”). Panel derecho: valores de la varianza de las fricativas realizadas por mujeres y por hombres.



**Figura 5.** Gráfico de cajas que presenta la interacción entre las variables *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*. “L.S.M.” = labiodental sonora elicitada por mujeres, “L.Á.M.” = labiodental áfona elicitada por mujeres, “I.S.M.” = interdental sonora elicitada por mujeres, “I.Á.M.” = interdental áfona elicitada por mujeres, “L.S.H.” = labiodental sonora elicitada por hombres, “L.Á.H.” = labiodental áfona elicitada por hombres, “I.S.H.” = interdental sonora elicitada por hombres, “I.Á.H.” = interdental áfona elicitada por hombres.

#### d) Oblicuidad

Los resultados de la prueba ANOVA de tres vías que evaluó el efecto de las variables independientes *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* en los valores de la variable dependiente *oblicuidad* mostró que solamente existe un efecto principal estadísticamente significativo de la variable *sonoridad*,  $F(1, 357) = 45,302$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,111$ . La realización de una *prueba t* permitió determinar que las consonantes sonoras ( $n = 314$ ,  $\bar{x} = 12,98$ ,  $\sigma = 7,05$ ) y las consonantes áfonas ( $n = 51$ ,  $\bar{x} = 6,09$ ,  $\sigma = 4,6$ ) presentan diferencias estadísticamente significativas  $t(92,16) = 9,027$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 1,02$ , dado que las consonantes sonoras presentan mayores valores de oblicuidad. En la Figura 6, se grafican los valores de oblicuidad para todas las fricativas y para las fricativas sonoras y áfonas.



**Figura 6.** Panel izquierdo: valores de oblicuidad para todas las consonantes fricativas. Panel derecho: valores de oblicuidad de las consonantes sonoras y de las consonantes áfonas.

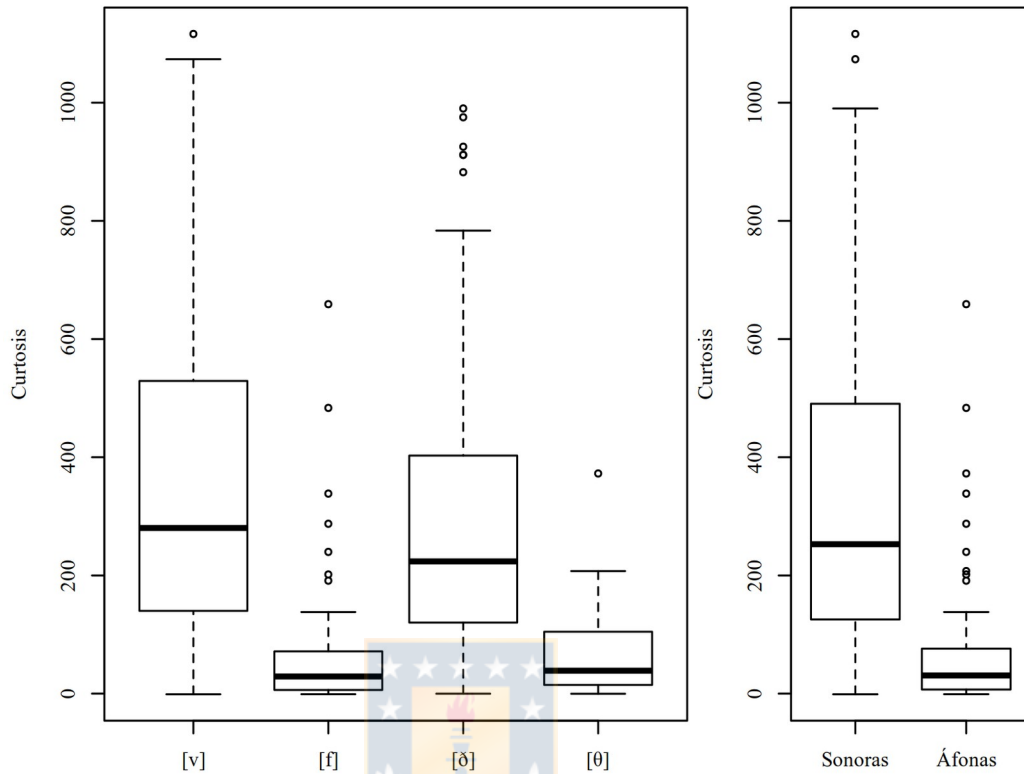
### e) Curtosis

En el caso del cuarto momento espectral, la curtosis, también se aplicó una prueba ANOVA de tres vías (variables independientes: *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*). Los resultados del análisis revelaron que solamente



existe un efecto estadísticamente significativo de la variable *sonoridad*,  $F(1, 336) = 43,622$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,113$ . La *prueba t* determinó que entre las consonantes sonoras ( $n = 293$ ,  $\bar{x} = 326,25$ ,  $\sigma = 255,13$ ) y las consonantes áfonas ( $n = 51$ ,  $\bar{x} = 84,32$ ,  $\sigma = 135,39$ ) existen diferencias estadísticamente significativas  $t(122,88) = 10,032$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 1$ , tal que las consonantes sonoras presentan mayores valores de curtosis. En la Figura 7, se presentan los valores de la curtosis para todas las consonantes fricativas y, luego, para las consonantes fricativas sonoras y fricativas áfonas.





**Figura 7.** Panel izquierdo: gráfico de cajas de los valores de curtosis para cada consonante fricativa. Panel derecho: gráfico de cajas de los valores de curtosis para las consonantes sonoras y áfonas.

### 2.3.2.2. Parámetro temporal: duración absoluta

Al igual que con los parámetros espectrales, se realizó una prueba ANOVA de tres vías que evaluó el efecto de las variables independientes *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* en los valores de la variable dependiente

*duración absoluta*. Los resultados del análisis revelaron que existe un efecto principal estadísticamente significativo de la variable *sonoridad*,  $F(1, 352) = 26,522$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,065$  y de la variable *punto de articulación*,  $F(1, 352) = 10,433$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,026$ . En cuanto a las interacciones entre variables, los resultados indicaron que existe una interacción significativa de dos vías entre *sonoridad* y *punto de articulación*,  $F(1, 352) = 5,533$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,114$  y una interacción estadísticamente significativa de tres vías entre *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*,  $F(1, 352) = 5,225$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,013$ .



A propósito del efecto significativo de la variable *sonoridad*, se realizó una *prueba t* con las fricativas áfonas ( $n = 40$ ,  $\bar{x} = 0,12$ ,  $\sigma = 0,03$ ) y las fricativas sonoras ( $n = 320$ ,  $\bar{x} = 0,09$ ,  $\sigma = 0,04$ ). Este análisis arrojó diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes  $t(51,09) = -5,320$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = -0,840$ . En cuanto a la variable *punto de articulación*, se realizó una *prueba t* para determinar si las fricativas labiodentales ( $n = 244$ ,  $\bar{x} = 0,09$ ,  $\sigma = 0,04$ ) y las fricativas interdentales ( $n = 136$ ,  $\bar{x} = 0,1$ ,  $\sigma = 0,04$ ) presentan diferencias estadísticamente significativas. Los resultados

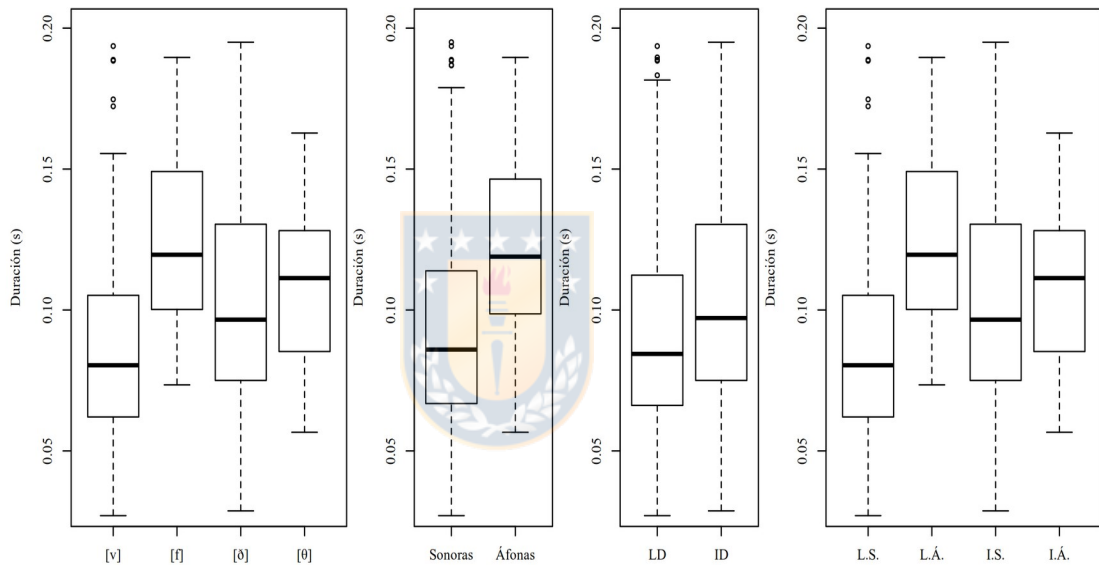
mostraron que, efectivamente, la diferencia de duración entre ambas fricativas es estadísticamente significativa  $t(269,84) = 2,552, p < 0,05, d = 0,282$ , tal que las consonantes labiodentales presentan valores menores de duración.

En el caso de la interacción significativa entre *sonoridad* y *punto de articulación*, se realizaron dos *pruebas t*. En la primera de ellas, se evaluó la diferencia entre las fricativas labiodentales sonoras ( $n = 194, \bar{x} = 0,09, \sigma = 0,03$ ) y las fricativas labiodentales áfonas ( $n = 30, \bar{x} = 0,13, \sigma = 0,03$ ). Los resultados mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes  $t(38,53) = -6,181, p < 0,001, d = -1,21$ , con las fricativas sonoras mostrando valores menores de duración. En la segunda *prueba t*, se evaluó la diferencia entre las consonantes interdentes sonoras ( $n = 126, \bar{x} = 0,1, \sigma = 0,04$ ) y las interdentes áfonas ( $n = 10, \bar{x} = 0,11, \sigma = 0,03$ ). Los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes  $t(11,06) = -0,791, p = 0,446, d = -0,227$ . En la Figura 8, se grafica la duración de todas las fricativas, de las consonantes sonoras y áfonas, de las consonantes labiodentales e

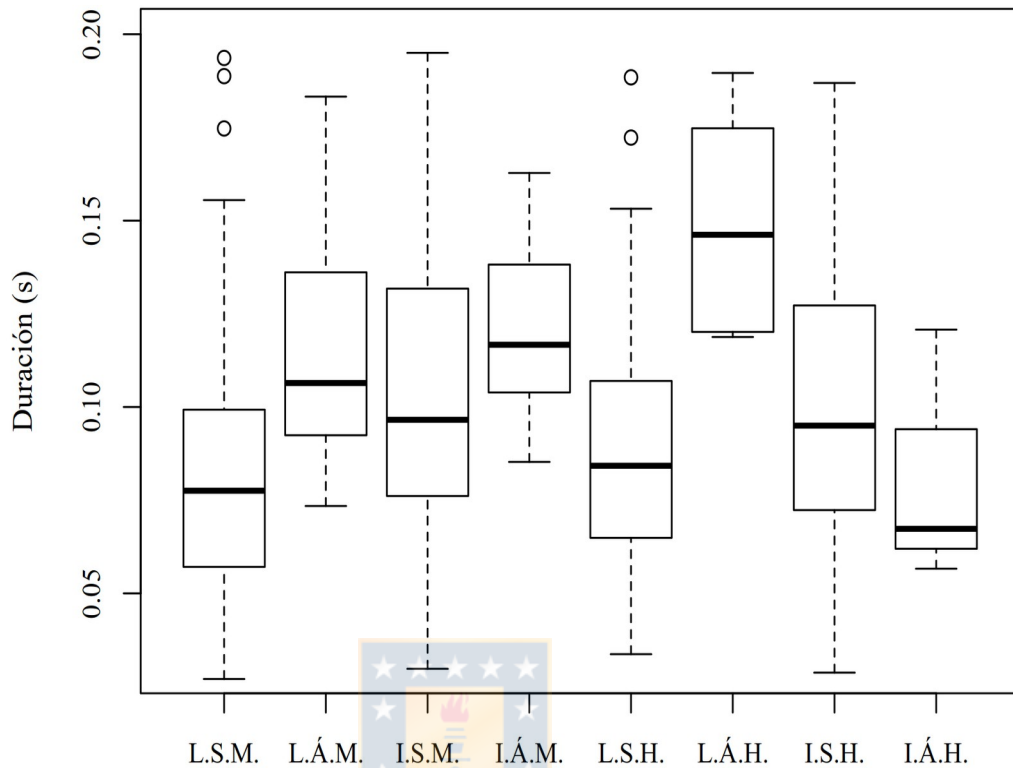
interdentales y, por último, la interacción entre *sonoridad* y *punto de articulación*.

En cuanto a la interacción significativa de tres vías entre *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* (ver Figura 9), se realizaron cuatro *pruebas t*. El primer análisis tuvo como propósito conocer si existen diferencias entre las consonantes labiodentales sonoras elicitadas por mujeres ( $n = 95$ ,  $\bar{x} = 0,08$ ,  $\sigma = 0,03$ ) y las consonantes labiodentales áfonas también elicitadas por mujeres ( $n = 20$ ,  $\bar{x} = 0,11$ ,  $\sigma = 0,03$ ). Las diferencias entre ambas consonantes son estadísticamente significativas  $t(29,712) = -4,203$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = -0,966$ . También para las producciones realizadas por mujeres, la *prueba t* mostró que las diferencias entre consonantes interdentales sonoras ( $n = 64$ ,  $\bar{x} = 0,1$ ,  $\sigma = 0,04$ ) y áfonas ( $n = 7$ ,  $\bar{x} = 0,12$ ,  $\sigma = 0,03$ ) no son estadísticamente significativas  $t(8,785) = -1,731$ ,  $p = 0,118$ ,  $d = -0,528$ . El tercer análisis indicó que las consonantes labiodentales sonoras elicitadas por hombres ( $n = 99$ ,  $\bar{x} = 0,09$ ,  $\sigma = 0,03$ ) y las consonantes labiodentales áfonas elicitadas también por hombres ( $n = 10$ ,  $\bar{x} = 0,15$ ,  $\sigma = 0,03$ ) muestran diferencias estadísticamente significativas  $t(11,829) = -6,549$ ,  $p < 0,001$ ,  $d$

= -1,86. En el caso de las consonantes interdentes sonoras elicidas por hombres ( $n = 62$ ,  $\bar{x} = 0,1$ ,  $\sigma = 0,04$ ) y las consonantes interdentes áfonas elicidas por hombres ( $n = 3$ ,  $\bar{x} = 0,08$ ,  $\sigma = 0,03$ ), las diferencias no son estadísticamente significativas  $t(2,284) = 0,867$ ,  $p = 0,468$ ,  $d = 0,436$ .



**Figura 8.** Panel izquierdo: duración de cada consonante fricativa. Panel central-izquierdo: duración de las consonantes fricativas sonoras y áfonas. Panel central-derecho: duración de las consonantes fricativas labiodentales (“LD”) y de las consonantes fricativas interdentes (“ID”). Panel derecho: valores de duración para la interacción entre *sonoridad* y *punto de articulación*, donde “L.S.” = labiodental sonora, “L.Á.” = labiodental áfona, “I.S.” = interdental sonora, “I.Á.” = interdental áfona.



**Figura 9.** Gráfico de cajas para los valores de duración para la interacción entre las variables *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo*. “L.S.M.” = labiodental sonora elicitada por mujeres, “L.Á.M.” = labiodental áfona elicitada por mujeres, “I.S.M.” = interdental sonora elicitada por mujeres, “I.Á.M.” = interdental áfona elicitada por mujeres, “L.S.H.” = labiodental sonora elicitada por hombres, “L.Á.H.” = labiodental áfona elicitada por hombres, “I.S.H.” = interdental sonora elicitada por hombres, “I.Á.H.” = interdental áfona elicitada por hombres.

### 2.3.2.3. Parámetros de amplitud

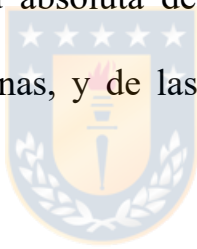
#### a) Amplitud absoluta

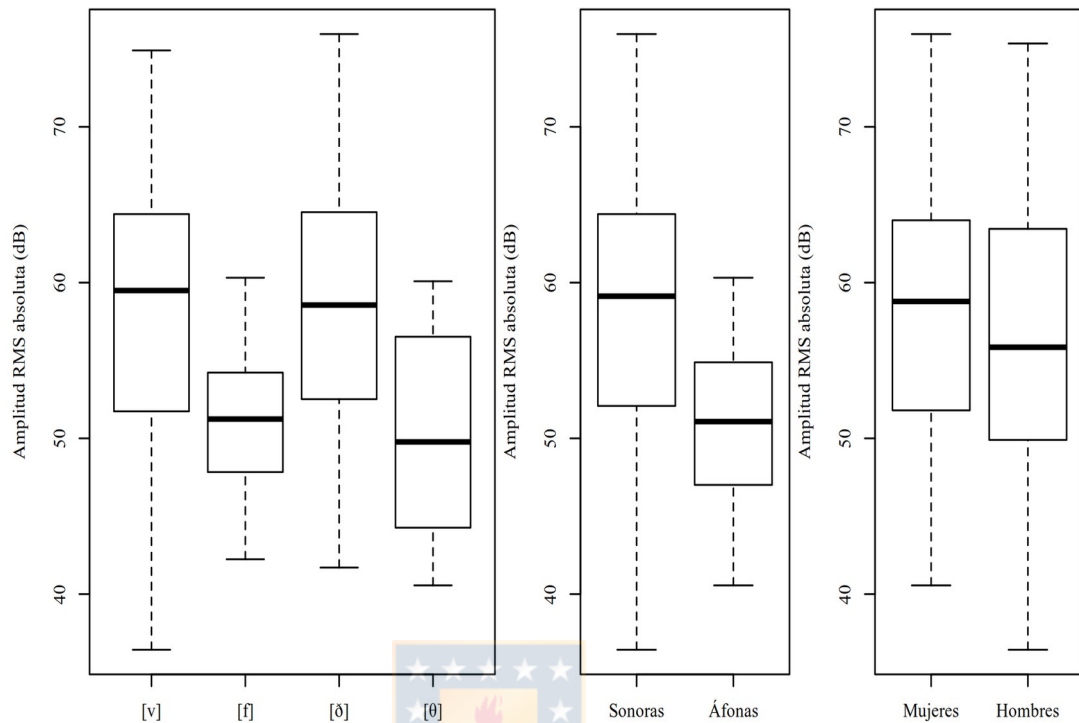
Se realizó una prueba ANOVA de tres vías que evaluó el efecto de las variables independientes *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* en los valores de la variable dependiente *amplitud absoluta*. Los resultados del análisis revelaron que existe un efecto principal estadísticamente significativo de la variables *sonoridad*,  $F(1, 366) = 44,595, p < 0,001, \eta^2 = 0,106$  y otro de la variable *sexo*  $F(1, 366) = 5,773, p < 0,05, \eta^2 = 0,014$ .

Para complementar los resultados de las pruebas ANOVA, se realizaron análisis *post hoc* para las variables que mostraron un efecto estadísticamente significativo en *amplitud absoluta*, es decir, *sonoridad* y *sexo*. En el primer caso, las fricativas sonoras ( $n = 323, \bar{x} = 58,51, \sigma = 7,88$ ) y las fricativas áfonas ( $n = 51, \bar{x} = 50,96, \sigma = 5$ ) presentaron diferencias estadísticamente significativas  $t(94,61) = 9,148, p < 0,001, d = 1$ , tal que las consonantes sonoras presentaron valores mayores de amplitud absoluta que



las consonantes áfonas. En el caso de la variable *sexo*, las diferencias entre las consonantes producidas por mujeres ( $n = 192, \bar{x} = 58,24, \sigma = 7,72$ ) y por hombres ( $n = 182, \bar{x} = 56,68, \sigma = 8,19$ ) no resultaron ser estadísticamente significativas  $t(290,08) = 1,893, p = 0,056, d = 0,196$ , a pesar de que en el modelo general sí se detectó un efecto principal para esta variable (nótese, sin embargo, que el valor  $p$  sugiere que el análisis se aproximó a la significatividad estadística). En la Figura 10, se presentan los gráficos de los valores de la amplitud absoluta de cada consonante fricativa, de las consonantes sonoras y áfonas, y de las consonantes fricativas producidas por hombres y mujeres.





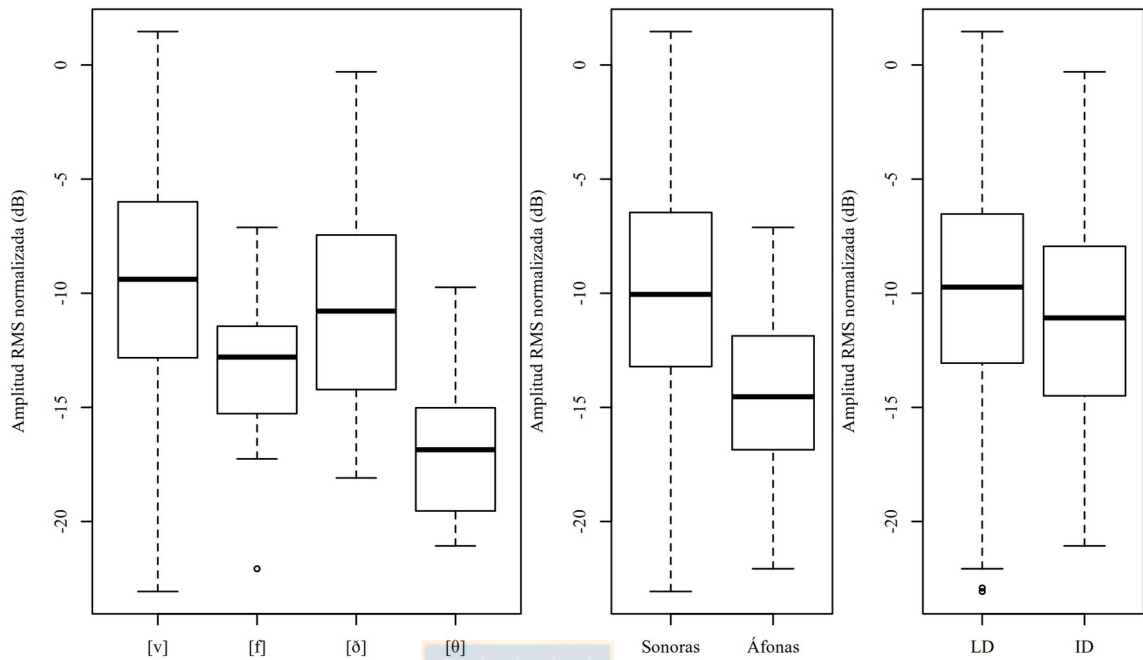
**Figura 10.** Panel izquierdo: valores de la amplitud absoluta de todas las consonantes fricativas. Panel central: valores de la amplitud absoluta de las consonantes sonoras y áfonas. Panel derecho: valores de la amplitud absoluta para mujeres y hombres.

## b) Amplitud normalizada

Se realizó una prueba ANOVA de tres vías para evaluar el efecto de las variables independientes de *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* en los valores de la variable dependiente *amplitud normalizada*. Los resultados del

análisis revelaron que existe un efecto principal estadísticamente significativo de la variable *sonoridad*,  $F(1, 275) = 18,395$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,061$  y de la variable *punto de articulación*,  $F(0,196) = 4,102$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,014$ .

En cuanto a la variable *sonoridad*, la *prueba t* correspondiente mostró que las consonantes sonoras ( $n = 261$ ,  $\bar{x} = -9,82$ ,  $\sigma = 4,97$ ) y áfonas ( $n = 22$ ,  $\bar{x} = -14,47$ ,  $\sigma = 3,92$ ) presentan diferencias estadísticamente significativas  $t(27,024) = 5,222$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 0,950$ , tal que las consonantes sonoras presentan mayor amplitud normalizada que las consonantes áfonas. En el caso de la variable *punto de articulación*, los resultados de la *prueba t* indicaron que las fricativas interdentalas ( $n = 107$ ,  $\bar{x} = -10,88$ ,  $\sigma = 4,66$ ) y las fricativas labiodentalas ( $n = 176$ ,  $\bar{x} = -9,76$ ,  $\sigma = 5,24$ ) poseen diferencias estadísticamente significativas  $t(244,15) = -1,871$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = -0,223$ , con las consonantes labiodentalas tendiendo a presentar mayores valores de amplitud normalizada. La Figura 11 presenta los gráficos de amplitud normalizada para todas las fricativas, para las fricativas sonoras y áfonas, y para las fricativas labiodentalas e interdentalas.



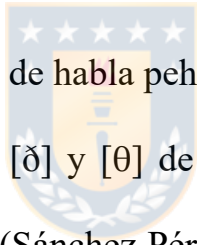
**Figura 11.** Panel izquierdo: valores de la amplitud normalizada para todas las consonantes fricativas. Panel central: valores de la amplitud normalizada de las fricativas sonoras y áfonas. Panel derecho: amplitud normalizada para hombres y mujeres.

## 2.4. DISCUSIÓN

### 2.4.1. Frecuencia de [v], [f], [ð] y [θ] en Alto Biobío

De las 234 instancias de consonantes labiodentales, un 83% corresponde a fricativas labiodentales sonoras [v] y un 17%, a fricativas labiodentales

áfonas [f]. En el caso de las interdentes, de las 140 instancias, un 91% de estas fricativas son sonoras [ð] y un 9% son áfonas [θ]. Así, claramente, las realizaciones sonoras de las consonantes labiodentales e interdentes predominan en esta zona. A continuación, se compararán estos porcentajes con los de otras zonas pehuenche y, luego, con los estudios realizados con hablantes adultos de Alto Biobío (Sánchez Cabezas, 1989; Salamanca, 1997) y con escolares de la misma comunidad (Narváez, 2019).



En relación con otras zonas de habla pehuenche, se contrastarán brevemente los porcentajes de [v], [f], [ð] y [θ] de este estudio, Alto Biobío, con los porcentajes de Lonquimay (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015), Curarrehue (Pérez y Salamanca, 2017) e Icalma (Urrea, 2020). En orden de norte a sur, las localidades que componen este cordón cordillerano son: Alto Biobío, Lonquimay, Icalma y Curarrehue. Es importante mencionar que en algunos de los estudios previos consideran la realización de otros alófonos para el cálculo de los porcentajes, por ejemplo [ϕ] o [s]. En esos casos, solo reportamos los porcentajes de los fonos de interés. Dado que en los estudios

citados no se incluye el número total de instancias de cada fono, no fue posible calcular nuevos porcentajes que facilitaran la comparación.

Como fue mencionado, en nuestro estudio los fonos labiodentales sonoros y áfonos presentan un 83% y un 17% de ocurrencias, respectivamente; en Lonquimay, un 73% y un 21%; en Icalma, un 7% y 63%; y en Curarrehue, un 2% y un 63%. En el caso de los fonos interdentes [ð] y [θ], en este estudio presentan un 91% y un 9% de ocurrencias, respectivamente; en Lonquimay, un 94% y 6%; en Icalma, un 46% y un 54%; y en Curarrehue, un 10% y un 74%. Tal como señala Urrea (2020), las comunidades que están al norte del cordón cordillerano pehuenche presentan, mayoritariamente, realizaciones sonoras, situación que se invierte moderadamente en Icalma y se acentúa en Curarrehue, la localidad más meridional.

En el habla de adultos de Alto Biobío, nuestros resultados no concuerdan con lo reportado por Sánchez Cabezas (1989) en esta localidad, quien destacó que las consonantes fricativas labiodentales e interdentes no se

realizaban nunca como áfonas, mientras que concuerdan parcialmente con Salamanca (1997), quien estableció que /v/ tenía un alófono sordo [f], pero no reportó la realización sorda [θ] para el fonema /ð/ .

En el habla de los escolares de Alto Biobío, el mayor porcentaje de los sonidos fricativos labiodentales e interdentes corresponde a las realizaciones sonoras [v] y [ð] (Henríquez y Salamanca, 2015; Narváez, 2019). En el estudio de Narváez (2019), se reportan variantes tradicionales y variantes emergentes de los fonemas /v/ y /ð/. Para contrastar nuestros resultados con los de Narváez (2019), solamente tomamos el número de instancias de los fonos [v], [f], [ð] y [θ] y obtuvimos nuevos porcentajes. El fono fricativo labiodental sonoro [v] ocurre un 81% de las veces, mientras que las consonantes áfonas presentan un 19% de aparición. En cuanto a las consonantes interdentes, los valores son de un 99% para las consonantes sonoras y de un 1% para las realizaciones áfonas. Así, tanto en nuestro estudio con la población adulta de Alto Biobío como en la de escolares pehuenche, la ocurrencia del fono labiodental sonoro [v] supera el 80% de

las realizaciones y, en el caso de las interdentes, las variantes sonoras [ð] superan el 90% de aparición.

#### **2.4.2. Parámetros acústicos de las consonantes [v], [f], [ð] y [θ] en Alto Biobío**

En este capítulo, se realizó una serie de mediciones acústicas y análisis estadísticos para determinar cuáles son las características que diferencian las consonantes labiodentales sonoras [v] y áfonas [f] de las interdentes sonoras [ð] y áfonas [θ] en el mapudungun hablado en Alto Biobío. Los resultados obtenidos serán contrastados con los estudios de Jongman *et al.* (2000) sobre el inglés y Nirgianaki (2014) sobre el griego. En ambos estudios, se incluyen los cuatro tipos de fricativas, y los análisis estadísticos son similares, por lo que es posible tener una referencia de lo que se ha reportado en la literatura con respecto a estas consonantes.



### 2.4.2.1. Parámetros espectrales

#### a) Picos de energía

Los resultados de la prueba ANOVA y las pruebas *post hoc* revelaron que los picos de energía no distinguen el punto de articulación de las consonantes fricativas labiodentales e interdentes del mapudungun. Estos resultados coinciden con los reportes de Nirgianaki (2014) para las fricativas del griego, pero no con los resultados para las fricativas del inglés (Jongman *et al.*, 2000). En cuanto a la sonoridad, tampoco fue posible distinguir entre fricativas sonoras y áfonas, mientras que los dos estudios recién citados sí reportaron que los picos de energía diferenciaron la sonoridad de estas consonantes. La única variable que tuvo un efecto significativo fue *sexo*. Las mujeres presentan picos de energía en frecuencias más bajas (248,82 Hz) que los hombres (372 Hz), lo que difiere de las investigaciones de Jongman *et al.* (2000) y Nirgianaki (2014).

## b) Momentos espectrales

Los resultados indicaron que los cuatro momentos espectrales (centro de gravedad, varianza, oblicuidad y curtosis) permiten distinguir entre el grupo de fricativas sonoras [v, ð] y el grupo de fricativas áfonas [f, θ]. Las fricativas áfonas presentan valores de centro de gravedad y varianza más altos que las consonantes sonoras, sin embargo, esto se revierte en la oblicuidad y la curtosis, donde las consonantes sonoras tienen valores más altos que las áfonas. En inglés, las fricativas áfonas presentaron valores más altos de centro de gravedad, curtosis y oblicuidad, y solamente la varianza fue más baja con respecto a las fricativas sonoras (Jongman *et al.*, 2000). En griego, las áfonas presentaron mayor centro de gravedad y curtosis, y valores más bajos de oblicuidad; en el caso de la varianza, no hubo un efecto de sonoridad (Nirgianaki, 2014).

De todos los momentos espectrales, solamente hubo un efecto estadísticamente significativo de *punto de articulación* en la variable dependiente *varianza*. El análisis *post hoc* reveló que existen diferencias

estadísticamente significativas entre las consonantes labiodentales (492,22 Hz) e interdentes (552,32 Hz). Tanto en las fricativas del inglés como en las fricativas del griego la variable *punto de articulación* tuvo un efecto estadísticamente significativo en todos los momentos espectrales, no solamente en la varianza, como en mapudungun. Sin embargo, al realizar los análisis *post hoc*, en inglés no fue posible distinguir las consonantes fricativas labiodentales de las interdentes mediante el centro de gravedad y la varianza (Jongman *et al.*, 2000). En griego, solamente el centro de gravedad logró diferenciar labiodentales e interdentes (Nirgianaki, 2014); por lo tanto, en ambas lenguas, fueron otras consonantes fricativas no incluidas aquí las que influyeron en la significatividad de *punto de articulación* en algunos de los momentos espectrales, lo que revela una potencial limitación de algunos momentos espectrales para evidenciar contrastes de punto articulatorio para la zona labial-dental. La variable *sexo* tuvo un efecto significativo solamente en la varianza. El análisis *post hoc* determinó que las mujeres presentan valores más altos de varianza (546,84 Hz) que los hombres (487,57 Hz) y que esta diferencia es estadísticamente significativa, lo que implica que las mujeres presentan una dispersión de

energía mayor que los hombres. Esto concuerda con Jongman *et al.* (2000), pero en griego ocurre lo opuesto, pues son los hombres los que presentan mayor dispersión de energía que las mujeres (Nirgianaki, 2014).

En cuanto a las interacciones, se reveló una interacción significativa entre *sonoridad* y *sexo* para la variable *centro de gravedad*. Sin embargo, de acuerdo con los análisis *post hoc*, solamente existen diferencias significativas entre las realizaciones áfonas, pero no entre las realizaciones sonoras de mujeres y hombres. Por último, hubo una interacción significativa de todas las variables independientes, es decir, *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* en la variable *varianza*. Los análisis *post hoc* revelaron diferencias estadísticamente significativas entre consonantes labiodentales [v] y [f] producidas por mujeres; y entre las mismas consonantes producidas por hombres. Sin embargo, en el caso de las interdentales [ð] y [θ] las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

#### 2.4.2.2. Parámetro de duración: duración absoluta

La duración absoluta resultó ser un buen diferenciador de las consonantes [v], [f], [ð] y [θ], ya que las variables independientes *sonoridad* y *punto de articulación* tuvieron un efecto estadísticamente significativo en la variable dependiente *duración*. Las fricativas áfonas (0,12s) tienen una duración mayor que las fricativas sonoras (0,09s), aspecto que ha sido reportado en otros estudios de consonantes fricativas; por ejemplo, en Behrens y Blumstein (1988a). Las diferencias de duración entre las consonantes labiodentales e interdental también fueron estadísticamente significativas en mapudungun. En el caso de los estudios de Jongman *et al.* (2000) y Nirgianaki (2014), las fricativas áfonas también presentaron una mayor duración; sin embargo, en ambos trabajos se trató de una duración normalizada que tuvo como finalidad disminuir el efecto de la velocidad de habla en la duración de la fricativa (en la presente investigación no se realizó la normalización dado que las grabaciones provienen de listas léxicas). Esta misma medición no logró distinguir los puntos articulatorios labiodental e interdental ni griego ni en inglés (Jongman *et al.*, 2000).

A pesar de que la duración permite diferenciar las consonantes labiodentales de las interdentes y, además, las consonantes sonoras de las áfonas, los análisis *posthoc* de la interacción entre *sonoridad* y *punto de articulación* dieron como resultado que solamente existen diferencias estadísticamente significativas entre [v] y [f], pero no entre [ð] y [θ]. Consecuentemente, la interacción significativa entre *sonoridad*, *punto de articulación* y *sexo* reveló que la duración permite distinguir las consonantes labiodentales sonoras de las áfonas elicítadas por mujeres y entre las mismas consonantes elicítadas por hombres, pero no las consonantes interdentes áfonas de las sonoras producidas por mujeres y por hombres. Entonces, si bien la duración permite distinguir estas fricativas por sonoridad y por punto articulatorio en la variante del mapudungun de Alto Biobío, no es posible diferenciar las cuatro fricativas [v], [f], [ð] y [θ] a partir de la duración.

### 2.4.2.3. Parámetros de amplitud

En el caso de la amplitud absoluta, las variables *sonoridad* y *sexo* tuvieron un efecto estadísticamente significativo en la variable *amplitud absoluta*. Los análisis *post hoc* indicaron que esta variable permite distinguir entre las fricativas sonoras y áfonas. También en el caso de la amplitud normalizada, las consonantes sonoras y áfonas presentan diferencias estadísticamente significativas, siendo las fricativas sonoras (-9,82) las que poseen mayor amplitud normalizada que las áfonas (-14,47). A diferencia de la amplitud absoluta, en la amplitud normalizada sí existe un efecto principal de punto de articulación. Los análisis *post hoc* revelaron que las diferencias entre las fricativas labiodentales e interdentes son estadísticamente significativas; en particular, las fricativas labiodentales (-9,76) poseen mayor amplitud normalizada que las interdentes (-10,88) en mapudungun, al igual que en inglés (Jongman *et al.*, 2000). En griego, por ejemplo, Nirgianaki (2014) indica que existe un efecto principal de punto de articulación en la amplitud absoluta, pero los análisis *post hoc* indicaron que esto no ocurre entre las fricativas labiodentales, dentales y velares. En inglés, la amplitud

normalizada logró distinguir entre todos los puntos de articulatorios de las fricativas de esa lengua.

### **2.4.3. Síntesis de los principales hallazgos**

En resumen, la gran mayoría de las mediciones realizadas en este estudio permiten distinguir entre las consonantes sonoras [v, ð] y las consonantes áfonas [f, θ]. En particular, la única medición que no logra diferenciar ambos tipos de fricativas fueron los picos de energía. En cuanto al punto de articulación, solamente la varianza, la duración y la amplitud normalizada lograron distinguir entre consonantes labiodentales [v, f] e interdentes [ð, θ]. Tanto la varianza como la duración fueron las medidas que entregaron más información de estas fricativas; sin embargo, en ambos casos, cuando se dio una interacción significativa de tres vías de las tres variables independientes –*sonoridad, punto de articulación y sexo*– las únicas fricativas que alcanzaron diferencias estadísticamente significativas en varianza y duración fueron las labiodentales sonoras y áfonas.



## 2.5. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

El presente estudio, por una parte, permite confirmar que las realizaciones sonoras son mayoritarias en esta localidad y que son características de la zona norte del cordón cordillerano pehuenche. En efecto, los porcentajes de ambas instancias sonoras superan el 80% de las realizaciones, por lo que puede asumirse que las variantes áfonas constituyen alófonos de los fonemas sonoros (esto, a partir del criterio de frecuencia sugerido por Salamanca *et al.*, 2011).



Ahora bien, en relación con el objetivo principal de este estudio –esto es, analizar las consonantes fricativas labiodentales e interdentales tanto sonoras como áfonas del mapudungun hablado en Alto Biobío desde una perspectiva cuantitativa– debemos recordar, con Figueroa y Kim (en prensa), que determinar cuáles son los correlatos acústicos que permiten diferenciar el punto de articulación y la sonoridad es uno de los desafíos que presenta el estudio de las consonantes fricativas. En este contexto, se realizaron mediciones de parámetros espectrales, temporales y de amplitud

para determinar cuáles de ellas permitían distinguir estas consonantes por punto de articulación y sonoridad. Es así como los resultados permiten concluir que la varianza y la duración absoluta son las mediciones que entregan más información para distinguir estas consonantes y, en especial, para los contrastes entre las labiodentales sonoras y las áfonas. Este aporte se releva aún más si se piensa que, a la fecha, excepto por Fuentes y Salamanca (2016), no se habían realizado estudios acústicos y estadísticos de estas consonantes en mapudungun. En términos generales, la gran mayoría de las investigaciones acústicas de las consonantes fricativas se han realizado para el inglés y con especial énfasis en la distinción de consonantes sibilantes. Por último, los resultados presentados en este trabajo dan cuenta de que el cuerpo de mediciones acústicas habitualmente utilizado para distinguir estas consonantes no necesariamente es tan eficiente para los contrastes de los puntos labiodental e interdental.

Las proyecciones de este estudio son: (a) realizar mediciones de los parámetros de transición de formantes en estas fricativas para determinar si F1, F2 o las *locus equations* permiten distinguir estas cuatro consonantes;

(b) aplicar técnicas de análisis discriminante para conocer qué mediciones permiten clasificar las consonantes [v], [f], [ð] y [θ] de manera más eficiente; y (c) analizar estas fricativas en una zona de habla mapuche en la que los sonidos áfonos tengan estatus fonológico para conocer si existen diferencias espectrales en las fricativas dependiendo de la función que el sonido cumple en la lengua.



### 3. ESTUDIO 2: LA SEXTA VOCAL DEL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

##### 3.1.1. El sistema vocálico del mapudungun: descripción y principales controversias

En 1959, Suárez publica *The Phonemes of an Araucanian Dialect* con base en los datos del pehuenche de Lenz (1895-1897). Este estudio destaca por ser el primero que utiliza un método sistemático de descripción articulatoria basado en el distribucionalismo americano. Suárez (1959) concluye que las vocales del mapudungun son: /i, e, a, o, u, ʉ/. En relación con /ʉ/, reporta dos alófonos: [ʉ], que ocurre en sílaba tónica, y [ə], que ocurre en sílaba átona. Posteriormente, Echeverría (1964), Salas (1976), Lagos (1981, 2001), Álvarez-Santullano (1986), Sánchez Cabezas (1989), Salamanca (1997), Zúñiga (2006), Smeets (2008), Salamanca y Quintrileo (2009), y Sánchez Pérez y Salamanca (2015), entre otros, confirman el número de

unidades fonológicas del sistema vocálico. Sin embargo, no existe consenso en cuanto a la descripción articulatoria, ni al contexto de aparición de los alófonos de la sexta vocal.

Echeverría (1964) propone dos alófonos de /u/: [ə] y [u]. El primero de ellos ocurriría en sílaba átona, mientras que el segundo, en sílaba tónica. Salas (1976), Sánchez (1989), Salamanca (1997), Zúñiga (2006) y Salamanca y Quintrileo (2009) concuerdan en la existencia de estos dos alófonos, pero indican que su ocurrencia no está determinada por el acento. De acuerdo con Salas (1976), el inicio de sílaba favorece [u], mientras que en posición final de palabra [u] alterna con [ə]. Lagos (1981) sugiere que [u] 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 (1997) y Salamanca y Quintrileo (2009) reportan que [u] 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. Smeets (2008) señala que los alófonos de /w/ dependen de la acentuación de la sílaba: [w] ocurre en sílabas acentuadas y [ə] en sílabas átonas. Además, reporta que [ə] alterna con [e] y [u], y [w] con [i], debido a variaciones dialectales. La alternancia entre [ə] y [u] también es reportada por Henríquez y Salamanca (2015) en el mapudungun hablado por niños de Alto Biobío y es atribuida a la influencia del sistema vocálico del español.

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.

El primer estudio acústico de las vocales del mapudungun corresponde al de Alvar *et al.* (1997). En este trabajo, se analizan las representaciones espectrográficas y espectrales de cuatro palabras elicitadas por una mujer

mapuche. Se proveen los valores formánticos de cinco vocales. El alófono [ɯ] solamente aparece en la palabra [kɯ.'ɨɔv] 'viento', el valor de F1 es de 360 Hz y el de F2 de 1.500 Hz. En cuanto a la realización [ə], los valores promedios de F1 son 435 Hz y 1.395 Hz para F2. En relación con la ocurrencia de estos alófonos, detectan la aparición de [ə] tanto en sílaba tónica como en sílaba átona, mientras que [ɯ] solamente ocurriría en sílaba átona, lo que contradice la descripción de Suárez (1959) y de Echeverría (1964).



Miotti (2005) presenta los datos elicitados por dos adultos hablantes de mapudungun. En relación con la sexta vocal, este autor la transcribe como “/g/” e indica que es media-cerrada central-posterior. En cuanto a los valores formánticos de /g/, el promedio de F1 es de 430 Hz y de F2 es de 1.545 Hz. Se reportan dos variantes para el fonema /g/: una alta (cerrada) y otra baja (abierta). Sin embargo, el comportamiento de estas realizaciones cambia de acuerdo con el hablante, por lo que determina que es necesario obtener más datos para conocer si es que su ocurrencia está condicionada

por factores contextuales como el acento o por el efecto de las consonantes contiguas.

Catalán (2012) provee valores formánticos de 1.054 vocales elicidas por 31 hablantes nativos de mapudungun. En relación con la sexta vocal, representada como /ü/ y [ü], los valores promedios de F1 y F2 son 375 Hz y 1.346 Hz, respectivamente, para los hombres; mientras que para las mujeres, los valores de estos formantes son 416 Hz y 1.369 Hz.

Sadowsky *et al.* (2013) realizan un estudio acústico de las vocales del mapudungun que incluye una muestra de cuatro mujeres y cinco hombres, con un total de 871 instancias. Se midieron y normalizaron los valores de F1 y F2, los cuales fueron representados en un trapezoide vocálico que muestra los valores promedio para vocales acentuadas y átonas. El promedio de valores no normalizados de F1 es de 424 Hz cuando la vocal ocurre en sílaba tónica y de 343 Hz cuando ocurre en sílaba átona. 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, Sadowsky *et al.* (2013) 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 [ɨ] (cercana a [ɯ]), que ocurre en sílaba átona.

Soto-Barba *et al.* (2016) analizaron las vocales de 10 adultos hablantes de mapudungun. Los valores de F1 y F2 fueron medidos para las realizaciones [ə] y [ɯ] en sílaba tónica y tanto los promedios de los formantes como la desviación estándar fueron calculados para, aproximadamente, 10 instancias de cada vocal por hablante; en total, 200 *tokens* aproximadamente. El promedio de F1 para [ə] fue de 490 Hz y para F2 de 1.284, mientras que para [ɯ] los promedios fueron de 482 Hz para F1 y de 1.766 para F2. Después de analizar los datos, los autores concluyeron que la mayoría de las realizaciones de [ə] fueron realizadas como se esperaba; sin embargo, las realizaciones de [ɯ] se realizaron como [ə], [ɯ] o [u].

### 3.1.2. 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 6 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 /ə/, 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 /ə/ en relación con los otros fonemas del sistema vocálico. Es importante enfatizar, también, que solamente hace algunos años se ha utilizado fonética acústica y estadística de manera incipiente para analizar la fonética y fonología del mapudungun. Dado esto, el presente estudio pretende, primero, describir las propiedades acústicas del sistema vocálico del mapudungun y, en segundo lugar, determinar si la información acústica de /ə/ justifica su estatus fonológico y dos alófonos para esta unidad fonológica. Para ello, se considerarán los efectos de las variables comúnmente empleadas en los estudios previos en los valores acústicos de /ə/, es decir, las variables

*acento* (Sadowsky *et al.*, 2013), *posición en la palabra* (Lagos, 2001; Zúñiga, 2006) y *contexto fonético* (Salamanca y Quintrileo, 2009).

### 3.2. MÉTODOS

Los participantes, su edad y el lugar de procedencia corresponden a los informados en la sección 2.2. del Estudio 1, al igual que la tarea de elicitación, las grabaciones y el trabajo en terreno.

Para este estudio en particular, las señales 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). Todas las vocales también fueron segmentadas y etiquetadas fonológicamente por separado. Se decidió utilizar la representación fonológica de las vocales en vez de la transcripción fonética para evitar asumir la existencia de dos alófonos de /ə/, aspecto que no ha sido controlado en otros estudios (e.g., Soto-Barba *et al.*, 2016). La utilización de la categoría fonológica tiene la ventaja

adicional de revelar realizaciones atípicas, es decir, cuando una vocal es articulada en el espacio vocálico correspondiente a otra vocal y el grado de traslapo entre las categorías fonológicas. Por ejemplo, como se verá, varias instancias de /ə/ fueron articuladas como alófonos de otros fonemas, como [e] o [u].

Todas las instancias de /ə/ fueron codificadas 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” nos referimos a las consonantes labiales y coronales, y con el término “posterior” a las consonantes dorsales, es decir, palatales y velares. A pesar de que las consonantes retroflejas son coronales, están separadas del resto, porque se ha reportado que después de estas consonantes ocurre [u]. Finalmente, en *posición en la palabra*, las instancias de /ə/ 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 las características 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 media de la vocal. Los datos fueron importados al programa *R* (R Core Team, 2018), donde se realizaron todos los análisis.

### **3.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

#### **3.3.1. 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, probablemente, debido a errores de medición. En total, 162 valores atípicos fueron removidos utilizando el criterio de 2,5 distancias de desviación absoluta respecto de la mediana, considerado como un procedimiento conservador en la bibliografía especializada (Leys *et al.*, 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 *et al.*, 2004) para neutralizar los posibles efectos producidos por las diferencias anatómicas entre los participantes (e.g., Fabricius *et al.*, 2009).



En la Tabla 4, se presenta un resumen de los valores de F1, F2 y F3 para cada vocal fonológica. Además, se incluyen 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 12, donde los valores normalizados de F1 y F2 de /i, e, ə, a, o, u/ son representados en el espacio vocálico. Como se puede observar en la Figura 12, no es posible encontrar muchas instancias de

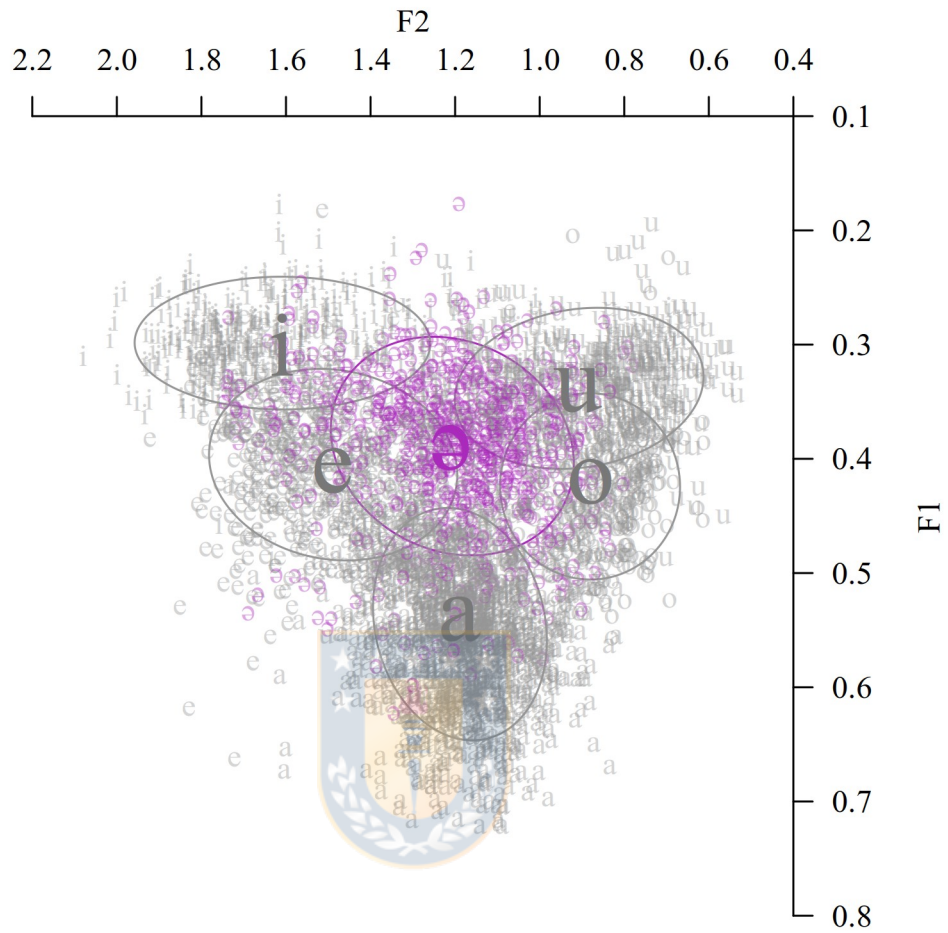
variantes [u] de /ə/, las cuales deberían estar cerca de las instancias de [u] (Reetz y Jongman, 2011).

En relación con el grado de traslapo de las categorías fonológicas, la Figura 12 muestra considerable superposición y, en particular, entre /ə/ y las otras categorías fonológicas. Con la finalidad de cuantificar el grado de traslapo, dos medidas fueron calculadas: Pillai scores (Hay *et al.*, 2006) y el Índice de Afinidad de Bhattacharyya (Johnson, 2015). En el primer caso, mientras más bajo es el valor entre 0 y 1, mayor es el traslapo entre las distribuciones; en el segundo, mientras más bajo es el valor entre 0 y 1, menor es la cantidad de traslapo. Tal como se visualiza en la Tabla 5, la mayor cantidad de traslapo de /ə/ ocurre con /e/ en ambas mediciones (Pillai score: 0,369; Afinidad de Bhattacharyya: 0,757). Es interesante destacar que el segundo traslapo ocurre con vocales posteriores.

**Tabla 4.** Promedio y desviación estándar de los valores normalizados y no normalizados de F1, F2 y F3 de /i, e, ə, a, o, u/.

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
	/ə/	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
	/ə/	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
	/ə/	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 12.** Gráfico de los valores normalizados de F1 y F2 de /i, e, ə, a, o, u/. Las elipses 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 /ə/ han sido destacadas utilizando un color diferente.

**Tabla 5.** Valores del traslapo entre /ə/ y las otras cinco categorías fonológicas /i/, /e/, /a/, /o/ y /u/ mediante Pillai scores y el Índice de Afinidad de Bhattacharyya. Ambas medidas están expresadas en una escala entre 0 y 1.

Mediciones	Traslapo de /ə/ con otras vocales				
	/i/	/e/	/a/	/o/	/u/
<b>Pillai scores</b> (mientras menor el valor, mayor es el traslapo)	0,573	0,369	0,558	0,435	0,449
<b>Bhattacharyya</b> (mientras mayor el valor, mayor es el traslapo)	0,569	0,754	0,577	0,579	0,669



### 3.3.2. 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 los 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 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, y, 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 conocer si las instancias de /ə/ 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 [ʉ], la hipótesis de [ə] y [ʉ] como alófonos distintos de /ə/ sería plausible; por el contrario, si las instancias de /ə/ 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 independientes, los dos primeros con un subconjunto del sistema vocálico que solamente incluyó las instancias de las vocales que representan los puntos extremos del triángulo vocálico (/i/, /a/ y /u/), así como también las instancias de /ə/. El tercer y último análisis incluyó solamente las instancias de /ə/.



En el primer caso, se solicitaron cuatro agrupamientos con la finalidad de determinar si los *k-means* eran capaces de identificar los agrupamientos que representan la distribución de las cuatro vocales fonológicas incluidas (/i/, /a/, /u/ y /ə/), lo que servirá de análisis de referencia para interpretar el siguiente análisis. En el segundo caso, se solicitaron cinco agrupamientos, ya que, como se mencionó previamente, con la única excepción de Sadowsky *et al.* (2013), no se han reportado otras variaciones alofónicas diferentes de /ə/ en el sistema vocálico del mapudungun. Así, si nuestros datos confirman esto último y /ə/ efectivamente tiene [ə] y [u] como dos

alófonos distintos, el análisis con cinco agrupamientos debería dividir el espacio acústico de /ə/ en dos, en la dirección expectable dada la naturaleza acústica de [ə] y [ɯ], y no deberían afectar los agrupamientos de las otras vocales. En el tercer y último análisis, el cual se realizó solamente con los datos de /ə/, se solicitaron dos agrupamientos. La asunción fue: si existen dos alófonos contenidos en los datos, *k-means* debería dividir el espacio vocálico de /ə/ en dos áreas congruentes con los correlatos acústicos de [ə] y [ɯ]. En particular [ə], dado que es una vocal media central, debiera presentar valores más altos de F1 y F2 que [ɯ], que es una vocal cerrada posterior no redondeada. Con la finalidad de evitar el problema de muestras poco balanceadas, se seleccionaron 400 instancias al azar de cada unidad fonológica (en los datos originales, /a/ tenía 1.580 instancias; /i/, 434; /u/, 411 y /ə/, 791).

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

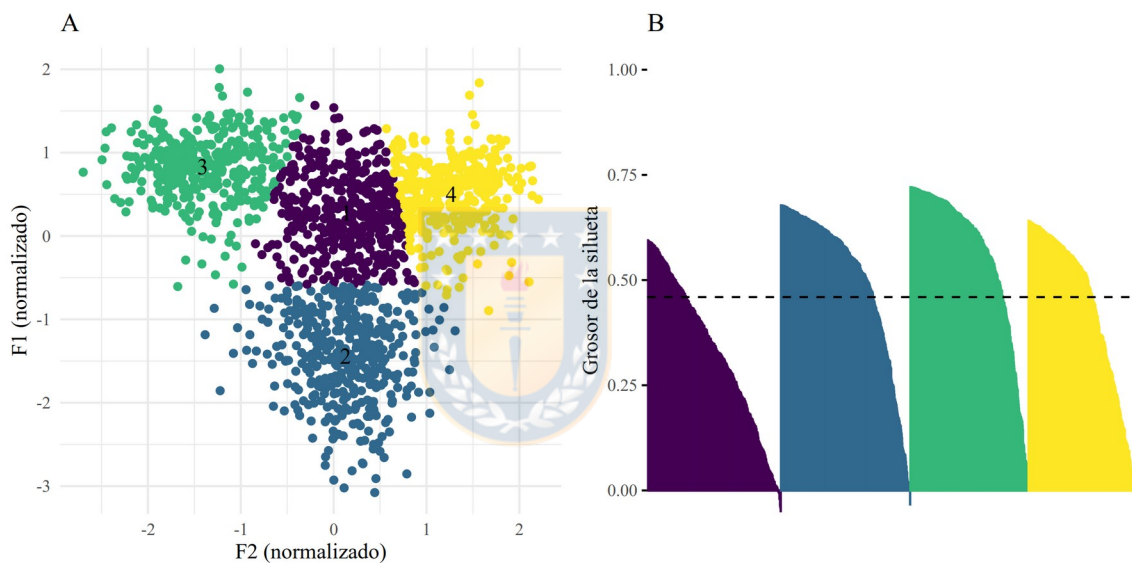
agrupamientos inicialmente, pero que sólo se reportan los resultados de la mejor solución. Siguiendo la convención relacionada con la necesidad de estandarizar las variables implicadas en el análisis (Mohamad y Usman, 2013), F1 y F2 fueron estandarizados para tener un promedio de cero y una desviación estándar de uno. Finalmente, para enriquecer los resultados se calculó el índice de Dunn para cada análisis (Dunn, 1974), así como las visualizaciones de la silueta de los agrupamientos (Rousseeuw, 1987). Mientras el índice de Dunn entrega la razón entre la distancia mínima entre los agrupamientos y el diámetro máximo dentro de cada agrupamiento (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 representa la distancia de cada nodo de un agrupamiento a 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. Así, 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. Los valores negativos muestran que, probablemente, ese nodo ha sido asignado a un agrupamiento equivocado.

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

La solución del primer análisis, el cual incluye un subconjunto con las instancias seleccionadas de /i/, /a/, /u/ y /ə/ se organizó alrededor de cuatro agrupamientos y se puede observar en el panel “A” de la Figura 13 (la solución convergió luego de 3 iteraciones; la suma total de cuadrados entre agrupamientos fue de 585,27; el índice de Dunn de 0,008; para otros detalles cuantitativos, véase la Tabla 6). *K-means* identificó cuatro agrupamientos que son similares a la organización de las realizaciones acústicas de las cuatro vocales fonémicas del mapudungun incluidas en el análisis. En relación con el análisis de siluetas (ver el panel “B” de la Figura 13), 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 se traslapan en alguna medida, y a pesar del hecho de que las formas de las categorías fonológicas en los datos originales no son perfectamente esféricas.



**Figura 13.** (A) Solución de *k-means* para 4 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /i/, /a/, /u/ y /ə/ 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 6.** 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 traslapo fonológico	Tamaño agrupamiento	Tamaño datos	Diferencia de tamaño	Grosor de silueta
1 (morado)	/ə/	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

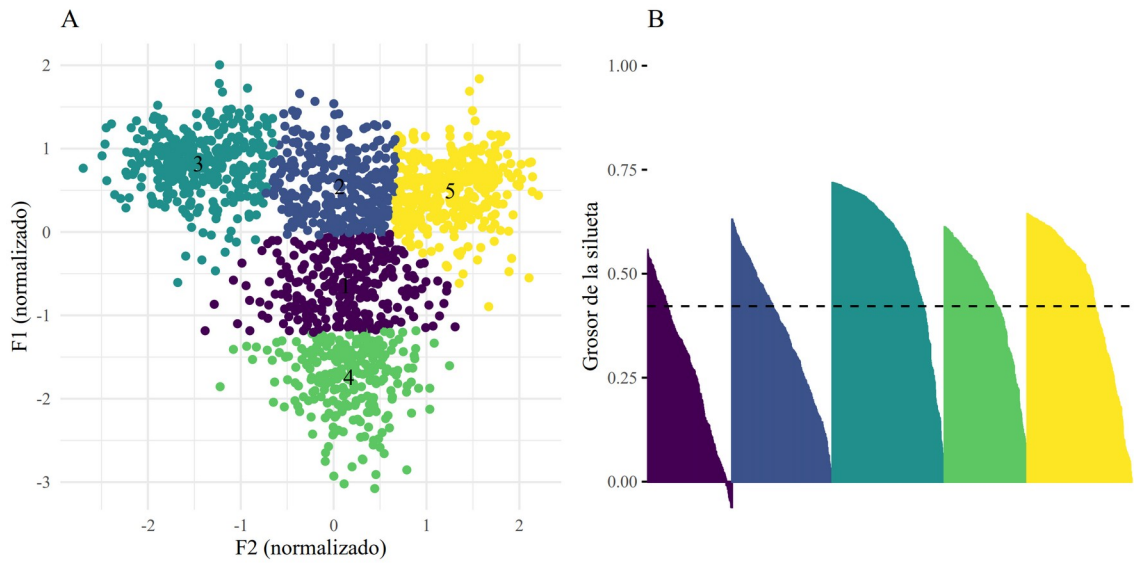


### 3.3.2.2. Solución de *k-means* para 5 agrupamientos

La solución del segundo análisis que se organizó alrededor de cinco agrupamientos se puede observar en el panel “A” de la Figura 14 (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 14, *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 /ə/. En relación con el tamaño de los agrupamientos, la Tabla 7 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 14), 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 14.** (A) Solución de *k-means* de 5 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /i/, /a/, /u/ y /ə/ 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 7.** 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.

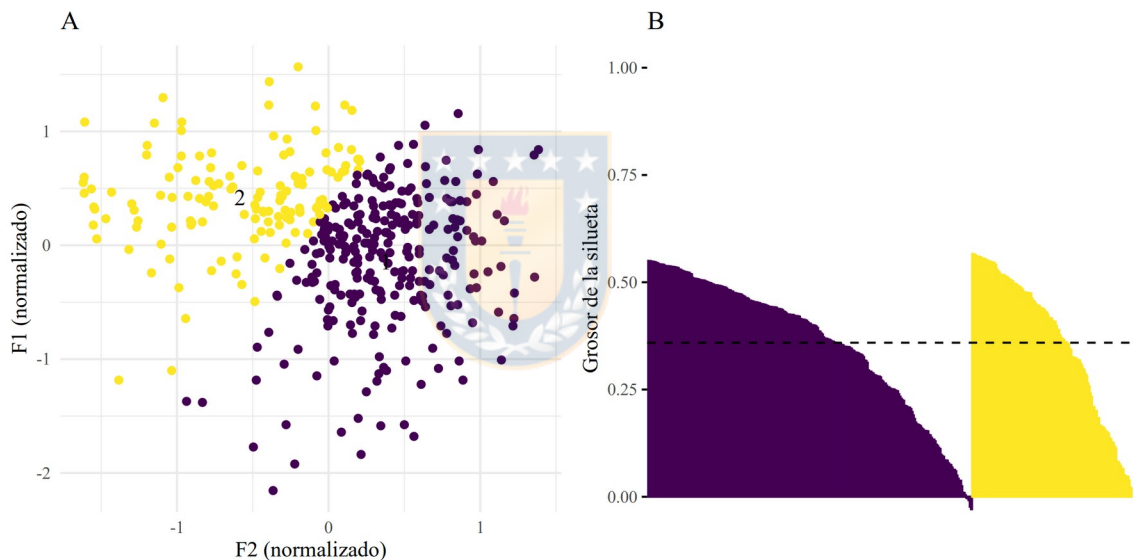
Agrupamiento	Mejor traslapeo fonológico	Tamaño en el agrupamiento	Tamaño en los datos	Diferencia de tamaño	Grosor de silueta
1 (morado)	/ə/ y /a/	282	400	-118	0,267
2 (azul)	/ə/	310	400	-90	0,336
3 (verde oscuro)	/i/	347	400	-53	0,558
4 (verde claro)	/a/	319	400	-81	0,451
5 (amarillo)	/u/	342	400	-58	0,475



### 3.3.2.3. 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 /ə/ seleccionadas al azar, puede ser observada en el panel “A” de la Figura 15 (la solución convergió luego de una iteración; la suma total de cuadrados entre agrupamientos fue de 177,6406; el índice de Dunn de 0,0102). *K-means* dividió el espacio acústico de /ə/ 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 hay variación alofónica en /ə/, 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).



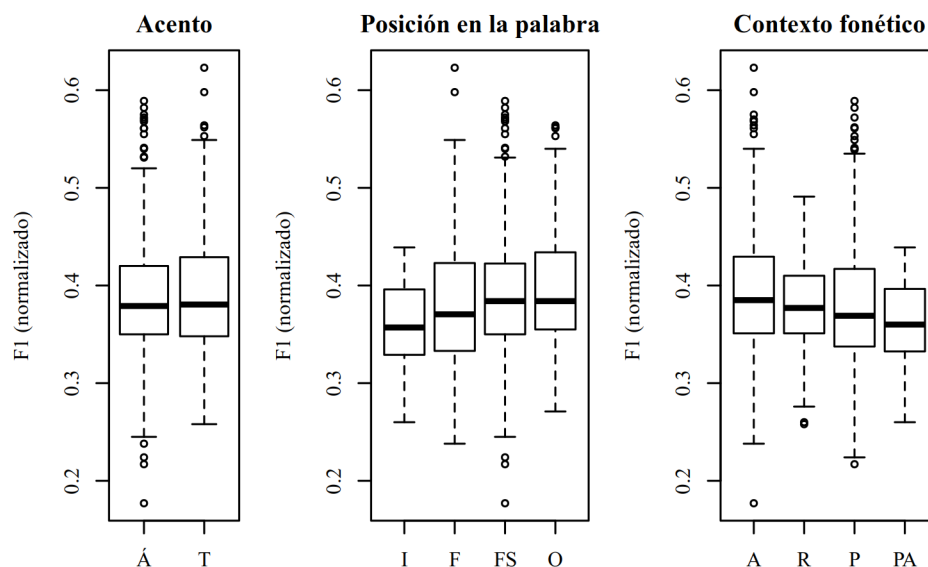
**Figura 15.** (A) Solución de *k-means* para 2 agrupamientos para los datos acústicos de 400 instancias de /ə/ seleccionadas al azar. (B) Visualización de tipo silueta de la solución de 2 agrupamientos. La línea de puntos corresponde al grosor promedio de la silueta.

### 3.3.3. Análisis de los modelos lineales mixtos

Un subconjunto con los 791 *tokens* de /ə/ 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 /ə/. Se construyeron separadamente Modelos Lineales Mixtos para evaluar el efecto de factores fijos (*acento*, *posición en la palabra* y *contexto fonético*) en las variables dependientes normalizadas *F1*, *F2* y *F3* (se construyó un modelo por separado para cada formante), usando la función *lmer* en el paquete *lmerTest* en *R* (Kuznetsova *et al.*, 2017). Las interacciones relevantes también fueron testeadas, y *participante* fue incluido 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*) en *R*. Se llevó a cabo un análisis de varianza con tablas de Tipo II para los efectos principales e interacciones de cada modelo 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 *F1*, la inclusión de los factores fijos no mejoró el modelo de manera estadísticamente significativa y, consecuentemente, no se reportan análisis *post-hoc*. Estos resultados pueden ser interpretados cuando se consideran las representaciones visuales de las variables independientes: *acento*, *posición en la palabra* y *contexto fonético* (véase la Figura 16). Como se observa, no existen diferencias claras de *F1* entre los niveles de cada variable predictora. Aunque no se encontraron efectos principales, vale la pena señalar que en el caso de los valores normalizados de *F1* de /ə/ separados por *posición en la palabra* (panel del centro de la Figura 16), las instancias realizadas en el inicio de palabra presentan valores más bajos que el resto de los niveles de la misma variable.



**Figura 16.** Gráfico de cajas de los valores normalizados de *F1* de todas las instancias de /ə/ 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 Modelo de Efectos Mixtos con mejor ajuste para *F2* se muestra en la Tabla 8. De acuerdo con este modelo, hay un efecto principal 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*



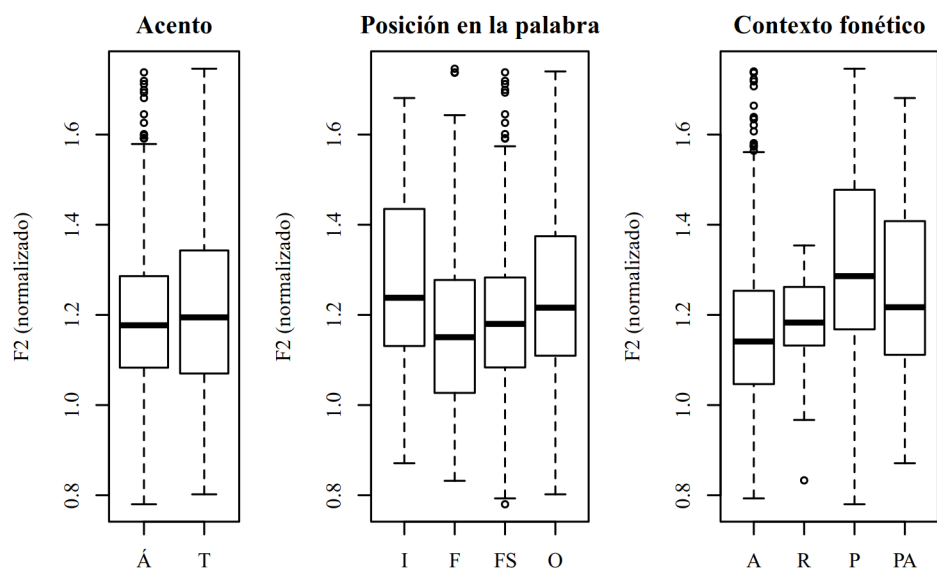
*palabra* no mejoró el modelo. En el caso de *acento* ( $\chi^2 (1) = 10,911, p < 0,001$ ), las realizaciones acentuadas de /ə/ presentan valores de *F2* significativamente más altos que las instancias átonas. En cuanto a *contexto fonético* ( $\chi^2 (3) = 111,582, p < 0,001$ ), las instancias de /ə/ 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 *acento* y *contexto fonético* en los valores de *F2* pueden ser visualizados en la Figura 17. Finalmente, en el caso de la interacción significativa entre *acento* y *contexto fonético* ( $\chi^2 (3) = 21,184, p < 0,001$ ), es probable que se deba al hecho de que las diferencias entre las instancias tónicas y átonas de /ə/ varían dependiendo del *contexto fonético*, esto es, en todos los contextos fonéticos, excepto después de pausa, las instancias tónicas de /ə/ presentan valores más altos de *F2* que las instancias átonas de /ə/. Para entender la naturaleza de esta interacción se realizaron análisis *post hoc*. La primera *prueba t* que evaluó las diferencias entre /ə/ átona ( $n = 248, \bar{x} = 1,15, \sigma = 0,15$ ) y /ə/ tónica ( $n = 231, \bar{x} = 1,18, \sigma = 0,2$ ) siguiendo a una consonante anterior, mostró que las diferencias son estadísticamente significativas  $t(418,69) = -2,009, p < 0,05$ . La prueba

para /ə/ átona después de una consonante retrofleja ( $n = 23$ ,  $\bar{x} = 1,18$ ,  $\sigma = 0,08$ ) y /ə/ tónica en este mismo contexto ( $n = 54$ ,  $\bar{x} = 1,19$ ,  $\sigma = 0,1$ ) arrojó que los resultados no son estadísticamente significativos  $t(54,198) = -0,416$ ,  $p = 0,679$ . Después de consonantes posteriores, /ə/ átona ( $n = 125$ ,  $\bar{x} = 1,27$ ,  $\sigma = 0,19$ ) y /ə/ tónica ( $n = 74$ ,  $\bar{x} = 1,38$ ,  $\sigma = 0,22$ ) presentan diferencias estadísticamente significativas  $t(139,98) = -3,638$ ,  $p < 0,001$ . Finalmente, después de pausa, entre /ə/ átona ( $n = 25$ ,  $\bar{x} = 1,32$ ,  $\sigma = 0,17$ ) y /ə/ tónica ( $n = 11$ ,  $\bar{x} = 1,1$ ,  $\sigma = 0,19$ ) también existen diferencias estadísticamente significativas  $t(17,587) = 3,238$ ,  $p < 0,01$  (véase la Figura 18).

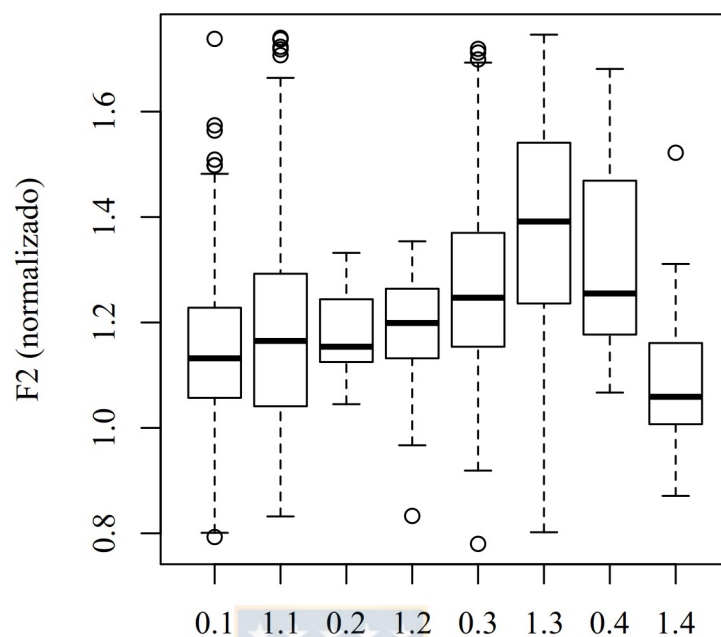


**Tabla 8.** Modelo de efectos mixtos con mejor ajuste para  $F2$ , incluyendo *acento* y *contexto fonético* como factores fijos, y *participante* como factor al azar.

<b>Efectos fijos</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Valor <math>t</math></b>	<b>Valor <math>p</math></b>
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 <math>p</math></b>
<i>Participante</i>	231,42	1	32,097	< 0,001



**Figura 17.** Gráfico de cajas de los valores normalizados de  $F2$  de todas las instancias de /ə/ 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).



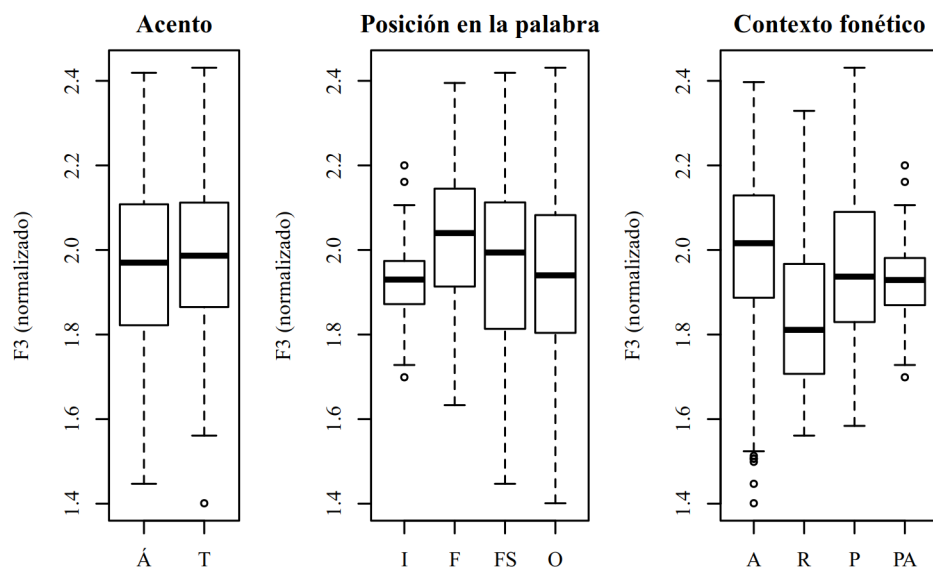
**Figura 18.** Gráfico de cajas de los valores normalizados de  $F2$  de la interacción entre *acento*, cuyo código está ubicado a la izquierda de cada nivel (“0” = átona; “1” = tónica), y *contexto fonético*, cuyo código está ubicado a la izquierda de cada nivel (“1” = siguiendo a una consonante anterior, “2” = siguiendo a una consonante retrofleja, “3” = siguiendo a una consonante posterior, “4” = siguiendo a una pausa).

En el caso de  $F3$ , el Modelo de Efectos Mixtos con mejor ajuste se visualiza en la Tabla 9. De acuerdo con este modelo, hubo solamente un efecto principal de *contexto fonético* en los valores normalizados de  $F3$  ( $\chi^2(3) = 49,777$ ,  $p < 0,001$ ), que se presentan en la Figura 19. Los resultados mostraron que cuando las instancias de /ə/ 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 9.** Modelo de efectos mixtos con mejor ajuste para  $F3$ , incluyendo *contexto fonético* como efecto principal y *participante* como variable al azar.

<b>Efectos fijos</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Valor <math>t</math></b>	<b>Valor <math>p</math></b>
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
<b>Efectos aleatorios</b>				
	<b>Verosimilitud logarítmica</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Test de razón de verosimilitud</b>	<b>Valor <math>p</math></b>
<i>Participante</i>	196,62	1	132,91	< 0,001



**Figura 19.** Gráfico de cajas de los valores de  $F3$  normalizados de todas las instancias de /ə/ 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).

## 3.4. DISCUSIÓN

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

Como se reportó previamente, tres análisis exploratorios independientes de tipo *k-means* se llevaron a cabo. En el primer análisis, se solicitaron cuatro agrupamientos para los datos de las vocales fonológicas /i/, /a/, /ə/, /u/. 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 /ə/ era encontrar un agrupamiento por cada vocal /i/, /a/ y /u/, y dos agrupamientos que dividieran el espacio normalizado de F1-F2 de /ə/. Sin embargo, el área correspondiente a /ə/ no fue dividida en dos agrupamientos; al contrario, el quinto agrupamiento se traslapó con áreas cercanas a /ə/ y /a/. De acuerdo con este resultado, la hipótesis de dos variantes alofónicas para /ə/ no se justificaría. Además, la solución para dos agrupamientos con los datos de /ə/ dividió el espacio de manera diagonal, con un agrupamiento teórico 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 dos alófonos para la unidad fonológica. En resumen, los resultados de los agrupamientos no justifican la hipótesis de dos alófonos: uno medio central no redondeado [ə] y otro alto posterior no redondeado [ɯ].

En el caso de los Modelos Generalizados Mixtos, los resultados mostraron que ninguna de las variables independientes analizadas fue capaz de explicar la variabilidad de F1 –una variable acústica que está relacionada con la altura vocálica (Ashby y Maidment, 2005)–, a pesar del hecho de que en los estudios previos se había señalado que las variables analizadas eran relevantes en la alofonía de /ə/ (e.g., Sadowsky *et al.*, 2013). Aun cuando no hubo efecto de estas variables en *F1*, en la Figura 12 se puede apreciar que sí existe variabilidad de este formante. En nuestros datos, estos resultados sugieren que las diferencias de altura varían 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*.

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 relacionados con instancias más anteriores (Ashby y Maidment, 2005), es posible asumir que el acento favorece realizaciones más anteriores de /ə/, aunque la mayoría de las instancias de /ə/ son probablemente mejor categorizadas como centrales, dada su posición en el espacio vocálico. Este hallazgo contradice el consenso previo relacionado con que [u] es más frecuente en sílabas acentuadas (e.g., Echeverría, 1964) y, probablemente, sugiere un proceso donde todas las variantes de /ə/ están convergiendo en realizaciones más centralizadas. Sin embargo, como fue revelado por la interacción entre *acento y contexto fonético*, la tendencia de tener valores de *F2* más altos en sílaba tónica se revierte cuando /ə/ se articula después de pausa. Solamente en este contexto, los datos son coherentes con los estudios previos. Con respecto al efecto principal de *contexto fonético*, las instancias de /ə/ 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 vice versa, nuevamente, contradiciendo los estudios previos que indican que las consonantes retroflejas y posteriores facilitan realizaciones posteriores de /ə/ (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015).

Si la vitalidad de /ə/, o más específicamente de [ʊ], estuviera en riesgo, parece plausible que se articule en una región inconsistente del espacio vocálico. Esto podría interpretarse como un ejemplo de *target overshoot* (Flege *et al.*, 2003), aunque no en el sentido de una articulación “exagerada”, pero sí en el sentido de que hay un amplio rango de posibles realizaciones. Si las producciones de /ə/ son centralizadas, sin especificaciones articulatorias claras en relación con un punto articulatorio específico en el eje anterior-posterior (como se observa en los datos presentados en la Figura 12), 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; en otras palabras, desde la posición posterior cuando el segmento previo es, efectivamente, posterior el hablante puede intentar mover el articulador activo hacia una zona menos específica del 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 /ə/ no es compartido con otras unidades fonológicas en mapudungun, el articulador activo *overshoot*.



En relación con la interacción entre *acento* y *contexto fonético*, cuando una vocal acentuada ocurre después de una consonante anterior, posterior o retrofleja, el valor de *F2* tiende a ser más alto, con la excepción de aquellas instancias que siguen a pausa, donde ocurre el caso inverso (instancias átonas de /ə/ presentan valores más altos de *F2*). Estudios previos han reportado que después de pausa y en sílabas acentuadas las realizaciones de /ə/ tienden a ser más cerradas y posteriores (e.g., Salas, 1976; Lagos, 1981; Sánchez Pérez y Salamanca, 2015). En nuestros datos, hay poca evidencia de realizaciones cerradas y posteriores, más bien, hay evidencia

de realizaciones más laxas y centralizadas de /ə/. El único contexto que provee evidencia de realizaciones más posteriores de /ə/ es, precisamente, en sílaba acentuada después de una pausa. Esta evidencia podría corresponder a algunas realizaciones de [u], dado que este contexto sería altamente resistente al cambio debido a la naturaleza del contexto en particular y a sus efectos en la sílaba (Cutler y Norris, 1988; Baković, 1994; Content *et al.*, 2001), así como también a la tendencia de los hablantes de utilizar mayor energía articulatoria para producir sílabas acentuadas después de pausa (Vaissière, 1988; Fujimura, 1990; Fougeron, 2001). Sin embargo, es necesario recordar que la tarea de producción de este estudio fue una lista léxica, por lo que es esperable que en este tipo de tareas los hablantes sean más conscientes y sean más precisos en la articulación de los sonidos, es decir, que exista una preferencia por las variantes que los hablantes consideran estándar, a pesar de producir variantes no estándar en otros contextos (Labov, 1999).

En el caso de *F3*, la única variable que tuvo un efecto significativo fue *contexto fonético*. Los resultados mostraron que las frecuencias de este

formante son más bajas cuando la vocal se encuentra después de consonantes retroflejas. Esto puede ser explicado como resultado de la coarticulación, debido a la directa relación entre la elevación del ápice de la lengua en las realizaciones retroflejas y las frecuencias más bajas de  $F3$  (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 unidad fonológica /ə/, hay un notable nivel de variación en la región central del espacio vocálico a lo largo del eje horizontal y no hay efectos estadísticamente significativos de las variables lingüísticas en la variación de  $F1$ , ni un agrupamiento de realizaciones altas de /ə/ (al contrario, las variantes de /ə/ parecen estar distribuidas homogéneamente alrededor del promedio, tanto en el eje horizontal como vertical). Segundo, en el caso de  $F2$ , hay evidencia de un “target-overshoot” y la trayectoria de las medidas acústicas relacionadas con la articulación en el eje anterior-posterior son contrarias con lo reportado en los estudios previos. Finalmente, la variación observada en  $F3$  puede ser explicada debido a la coarticulación, ya que  $F3$

no tiene relación con ninguna otra variable independiente considerada en este estudio.

La única evidencia posible de [ɯ] fue encontrada en sílabas acentuadas que siguen a una pausa. Este contexto fonético es el único donde ocurren realizaciones [ɯ], posiblemente como remanente de una unidad mejor representada como /ɯ/. Dado lo anterior, afirmamos que hoy en esta variedad del mapudungun hay un solo alófono [ə] de la unidad fonológica mejor representada como /ə/.

Tradicionalmente, cualquier variación experimentada en el sistema de sonidos del mapudungun ha sido atribuida al contacto con el español (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015; Henríquez, 2016). En este caso particular, la pérdida del segundo alófono [ɯ] puede ser vista como el resultado de la inestabilidad de /ə/, precisamente, porque el español carece de este fonema. Sin embargo, también es posible entender la pérdida de [ɯ] como un cambio internamente motivado, en particular, como un caso de *sobre generalización de las características no marcadas* (Campbell y

Muntzel, 1989). De acuerdo con este modelo, en las lenguas que se encuentran en peligro, la pérdida de una forma marcada no solamente ocurre entre sonidos contrastivos, sino que también en variantes alofónicas. Por ejemplo, Campbell y Muntzel (1989) mencionan que en algunos dialectos de pipil las consonantes sonantes áfonas [ɭ, w̥, y̥] (marcadas) se fusionan con las consonantes sonantes sonoras [l, w, y] (no marcadas) en posición final de palabra. En el caso de la sexta vocal del mapudungun, el alófono cerrado posterior no redondeado es una unidad marcada, debido a la tendencia de las lenguas a redondear las vocales posteriores para mejorar la característica [+back] (Bullock y Gerfen, 2004). En el contexto de esta línea de razonamiento, es posible argumentar que la forma marcada de [u] se fusiona con el alófono no marcado medio central [ə] debido a la estructura interna de la lengua.

### **3.4.2. Interacción de /ə/ con otras unidades fonológicas**

Como se estableció previamente, /ə/ es una unidad fonológica en mapudungun y, al menos en esta variante, los resultados de esta



investigación indican que tiene un solo alófono [ə]. Es importante destacar que /ə/ se traslapa considerablemente con otras categorías fonémicas en el espacio vocálico, como se puede observar en la Figura 12 y en los análisis de Pillai score y del Índice de Afinidad de Bhattacharyya que se presentan en la Tabla 5. Este hecho podría ser importante porque impacta en la capacidad que tiene /ə/ de mantener contrastes fonológicos, pero también es un antecedente para poder determinar si los cambios experimentados en esta variante del mapudungun son interna o externamente motivados y, además, en la formulación de una hipótesis relacionada con los posibles cambios que este fonema podría sufrir. 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, la fusión, el cambio en cadena y las divisiones son mecanismos comunes de variación

fonológica (Labov, 1999; Gordon, 2013). Considerando la fusión y el cambio en cadena, los datos no sugieren que /ə/ ya haya completado alguno de estos dos procesos, pero sí se podría considerar como alternativa un cambio que está en progreso y, en este contexto, es posible encontrar evidencia para ambos.

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 el último cambio no existe evidencia. En este contexto, el cambio en cadena estaría en progreso y la evidencia actual correspondería a la primera etapa de un potencial proceso de cambio (Gordon, 2013), aunque 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] se mueven 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/, pero también es posible argumentar que estas unidades están experimentando estados iniciales de la fusión. Debido a que este cambio, si fuera el caso, 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, es coherente con los datos una aproximación unilateral, pero una aproximación mutua puede ser descartada porque hay un solo movimiento de /ə/ hacia /e/ y no de /e/ hacia /ə/. En vez de eso, parece ser que /ə/ se está acercando a la posición de /e/ y, probablemente, el resultado sería una aproximación en la que un fonema está ocupando el espacio fonológico previo de /e/. 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 más categorial en naturaleza, y no parece estar respaldada por el traslapo observado en nuestros datos, aunque muchas instancias de [ə] sean, efectivamente, producidas como [e] y, por lo tanto, esta interpretación 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 resumen, la evidencia de nuestros datos pareciera indicar que existe un posible caso de fusión por aproximación. Con la finalidad de entender por qué un cambio por fusión estaría en proceso, se considerarán factores externos.

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. Por ejemplo, la autora

menciona el bilingüismo montana salish e inglés, situación en la que solo los hablantes de montana salish son bilingües. Esto es similar a lo que ocurre entre el mapudungun y el español, ya que es difícil encontrar hablantes de mapudungun que no sean mapuche, pero todos los hablantes de mapudungun son también hablantes competentes de español. 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/.

Weinreich (1968) distingue entre *sistema primario* y *sistema secundario* para explicar la aparición de interferencias, las que ocurren cuando “el hablante bilingüe identifica un fonema del sistema secundario con uno del sistema primario y al reproducirlo lo somete a las reglas fonéticas del idioma primario” (Weinreich, 1968:14). De acuerdo con este autor, las

interferencias fonéticas más comunes son: *subdiferenciación de fonemas*, *sobrediferenciación de fonemas*, *reinterpretación de distinciones*, y *sustitución*. En el caso del contacto mapudungun español, el mapudungun corresponde al *sistema secundario* y el español al *sistema primario*. El traslapo entre /e/ y /ə/ podría ser explicado parcialmente como un caso de *subdiferenciación de fonemas*, el cual ocurre cuando hay un contraste en el sistema secundario, pero en el sistema primario los sonidos no son contrastivos y, por esa razón, la distinción es confusa. Tanto en español como en mapudungun, /e/ corresponde a un fonema; sin embargo, /ə/ solamente es un fonema en mapudungun (en español no es ni un fonema ni una variante alofónica). El hecho de que el español sea la lengua primaria y solamente tenga /e/ y carezca de /ə/ puede causar la inestabilidad de esta vocal y la fusión con /e/, también un sonido contrastivo en la lengua secundaria.

Además, de acuerdo con Andersen (1982:95), existen cambios fonológicos expectables relacionados con la pérdida y el mantenimiento de distinciones fonológicas de las lenguas en peligro. En una situación de contacto, los

hablantes de la lengua amenazada realizarán menos distinciones; sin embargo, es posible que mantengan aquellas distinciones que comparten con la lengua dominante y aquellas con una alta carga funcional. A pesar de que /ə/ parece mantener su estatus como fonema en los hablantes incluidos en este estudio, Henríquez (2016) ha reportado la pérdida del contraste en el mapudungun hablado por niños en dos comunidades de la zona de Tirúa. En Primer Agua, solamente [ɯ] es reportado y se considera como una variante alofónica de /u/, mientras que en Ranquihue, [ə] y [ɯ] son interpretados como alófonos de /u/. También en Alto Biobío, pero en el habla infantil, Henríquez y Salamanca (2015) afirman que aunque el estatus fonológico de la sexta vocal se mantiene, la mayoría de alternancias de /ə/ se producen con /u/ y esto se interpreta como un caso de transferencia del español. Sin embargo, la metodología empleada en ambos estudios solamente incluye un análisis auditivo y el conteo de los distintos fonos que se realizaron cuando era expectable que ocurriera /ə/.

### 3.5. 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 y estadísticos sugieren que hay poca evidencia de [ʍ], 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 una dirección que contradice los trabajos previos. Además, /ə/ se traslapa mayoritariamente con /e/. En resumen, esta evidencia sugiere que hay una sola variante alofónica, y que este alófono es [ə], de la unidad fonológica /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 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), más probablemente debido al contacto con el español. Así, sería útil realizar otros estudios de contacto que tengan como propósito principal medir la variación de /ə/ con estudios de producción pertinentes para ello. Por otra parte, sería adecuado considerar la medición de variables acústicas complementarias, así como también incluir el dominio de la percepción. Por último, sería interesante observar lo que sucede con /ə/ 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.

#### 4. ESTUDIO 3: LAS CONSONANTES RETROFLEJAS DEL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO

En este capítulo, el estudio de las consonantes retroflejas se abordará desde dos perspectivas: una descriptiva y otra cuantitativa. Si bien el objetivo de esta tesis es incorporar herramientas acústicas y estadísticas en el estudio de los sonidos del mapudungun, en este caso se decidió realizar una excepción con el tema de la primera parte de este capítulo, el cual está dedicado a la descripción de los fonemas /ɲ/ y /tʃ̞/, dado que no existen estudios que se focalicen en estas consonantes en particular. La segunda parte de este capítulo aborda el contraste entre la consonante africada retrofleja áfona /tʃ̞/ y la consonante africada alveopalatal áfona /tʃ̟/, dado que ambas son consonantes coronales y solamente se diferencian por el punto de articulación; por esta razón, se realizarán una serie de análisis estadísticos para determinar si los formantes vocálicos permiten distinguir ambos segmentos.

## 4.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta un resumen de los trabajos que han reportado realizaciones retroflejas en la lengua mapuche. Esta sección se divide en dos subsecciones: una dedicada a la consonante aproximante retrofleja sonora /ɺ/ y otra a la consonante africada retrofleja áfona /tʂ/. Para cada segmento, se proporciona la descripción articulatoria y las transcripciones originales de los trabajos previos, además de las realizaciones alofónicas asociadas a cada fonema. Es importante destacar aquí que, además de los dos fonemas tradicionalmente descritos como retroflejos en esta lengua, en San Juan de la Costa (Álvarez-Santullano, 1986) se ha asignado estatus fonémico a la consonante lateral retrofleja sonora [ɺ], que en otras descripciones corresponde a un alófono del fonema lateral alveolar sonoro /l/.

#### 4.1.1. Consonante aproximante retrofleja sonora

Echeverría (1964) señala que la consonante fricativa retrofleja cacuminal sonora “/r/” presenta dos alófonos, uno de ellos sonoro y otro áfono. Salas (1976), en tanto, reporta un sonido retroflejo que describe como fricativo, alveolar y sonoro, pero que en posición final presenta una variante áfona. Por otra parte, Lagos (1981) también identifica realizaciones sonoras y áfonas de un fonema que describe como continuo retroflejo cacuminal sonoro “/r/”. De acuerdo con su reporte, la variante sonora “[r]” ocurre en el premargen silábico, mientras que la variante áfona “[r̥]”, en el postmargen silábico.

Con respecto al huilliche, la variedad dialectal más meridional, Álvarez-Santullano (1986) reporta un fonema fricativo alveolapatal retroflejo áfono, que transcribe como “/r/”, en la zona de San Juan de la Costa. Álvarez-Santullano *et al.* (2016), por su parte, al describir enclaves de la Región de Los Lagos y de Los Ríos, indican que el sonido [ɺ] es totalmente reemplazado por la variante áfona en Aleucapi, y que esta, a su vez, alterna

con [ʃ] en 9 de las 37 realizaciones. Por otra parte, en Rupumeica, la variante áfona supera a [ɹ] (55% y 45%, respectivamente); el hablante de la localidad de Lanco solamente produce [ɹ]; y en Panguipulli y Maihue, [ɹ] es mayoritaria.

Tanto Sánchez Cabezas (1989) como Salamanca (1997) señalan que en Alto Biobío ocurre solamente una realización del fonema fricativo retroflejo sonoro. En la zona de Tirúa, los autores Salamanca y Quintrileo (2009) describen una variante áfona y una sonora para un fonema fricativo retroflejo; la variante áfona ocurre en el postmargen silábico y la sonora ocurre en otros contextos. En Melipeuco, se reportan dos realizaciones retroflejas, ambas descritas como fricativas y cacuminales, pero una sonora “[ɹ]”, seleccionada como la forma básica del fonema, y una áfona “[R]” (Salamanca *et al.*, 2009). También en la Región de la Araucanía, Sadowsky *et al.* (2013) estudian el mapudungun hablado en Isla Huapi, donde se le asignó estatus fonológico al sonido fricativo retroflejo sonoro [z], el que tiene un alófono aproximante [ɹ], con el cual alterna en todos los contextos, y un alófono áfono [ʃ] que sólo ocurre en posición postnuclear. En la

localidad cordillerana de Lonquimay, el fonema descrito como aproximante retroflejo cacuminal sonoro /ɻ/ posee tres realizaciones alofónicas: [ɻ], que ocurre al inicio, entre vocales y en el postmargen silábico; [z], que ocurre en el premargen silábico y entre vocales; y [ɻʷ], descrito como aproximante retroflejo velarizado sonoro, presente solo en contexto intervocálico (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015). Al sur de Lonquimay, en la localidad Curarrehue, también se reportan estas variantes alofónicas para el mismo fonema (Pérez y Salamanca, 2017).



Henríquez y Salamanca (2015) estudian el habla de escolares de Alto Biobío. Estos autores reportan que en Butalelbun, la localidad más oriental de Alto Biobío, el fonema aproximante retroflejo /ɻ/ tiene tres alófonos: [ɻ], [z] y una realización descrita como velar aproximante “[ɻʷ]”, mientras que en Cauñicu, el mismo fonema no presenta este alófono. En este mismo grupo etario, Henríquez (2016) analiza el habla de dos comunidades de Tirúa: Primer Agua y Ranquihue. Los sonidos vernaculares reportados en ambas comunidades corresponden al aproximante retroflejo [ɻ] y al fricativo retroflejo [z]. Existen diferencias en cuanto a la frecuencia de ambos en

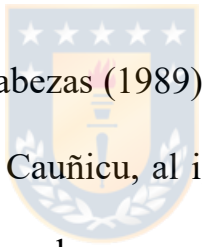
cada sector, por lo que en Primer Agua la realización aproximante retrofleja [ɰ] corresponde al fonema, mientras que en Ranquihue este estatus se asigna al sonido fricativo [z]. Se destaca que en ambos sectores, además de los alófonos vernaculares, ocurren tres fonos que no forman parte en la tradición de inventarios de esta lengua: las vibrantes simple y múltiple [r] y [r̄], además de una africada retrofleja y sonora [d͡z̄].

#### **4.1.2. Consonante africada retrofleja áfona**

En *Descripción del mapuche actual*, Echeverría (1964) considera las realizaciones oclusiva retrofleja cacuminal áfona “[t̚]” y africada retrofleja “[t̚r̚]” como alófonos de “/t̚/”. Para Salas (1976), el sonido africado retroflejo alveolar áfono en ocasiones se realiza como oclusivo retroflejo. Lagos (1981), por su parte, asigna estatus fonémico al sonido interrumpido africado cacuminal sordo “/t̚/”, que solo tendría esa realización.

En la zona huilliche de San Juan de la Costa, Álvarez-Santullano (1986) asigna estatus fonémico a una realización afrificada alveocacuminal retrofleja

áfona “/tʳ/”. Álvarez-Santullano *et al.* (2016) reportan que en Lanco, Panguipulli, Maihue, Rupumeica y Aleucapi la gran mayoría de las realizaciones de /tʳ/ corresponde a [tʳ], pero también señalan que no pocas instancias son realizadas como [tr]; específicamente, por el hablante de Maihue (en 10 de las 15 realizaciones). En ninguna de las localidades estudiadas, se describe un alófono oclusivo retroflejo [t] para la consonante africada.



En Alto Biobío, Sánchez Cabezas (1989) reporta la existencia de un fonema africado retroflejo “/tʳ/” en Cauñicu, al igual que Salamanca (1997) más al este en Malla Malla; sin embargo, este último autor señala que “/tr/” presenta dos realizaciones alofónicas que se encuentran en variación libre: una es africada retrofleja cacuminal sorda “[tʳ̥]” y la otra la describe como oclusiva alveolar retrofleja y sorda “[t̥]”. En Tirúa, el fonema “/tʳ/” se realiza como africado alveolar sordo con momento fricativo retroflejo “[tʳ̥]” (Salamanca y Quintrileo, 2009). En el mapudungun hablado en Melipeuco, existe solamente una realización para el fonema africado retroflejo alveolar áfono “/tʳ/” (Salamanca *et al.*, 2009). En Isla Huapi, Sadowsky *et al.* (2013)



reportan las realizaciones africada apical postalveolar y oclusiva aspirada apical postalveolar, como alófonos del segmento africado retroflejo  $\widehat{tʃ}$ /. En Lonquimay, el fonema  $\widehat{tʃ}$ / tiene dos realizaciones alofónicas:  $[\widehat{tʃ}]$  y  $[t]$  (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015) y en Curarrehue, el fono africado retroflejo es la única realización del fonema  $\widehat{tʃ}$ / (Pérez y Salamanca, 2017).

En cuanto al habla de escolares mapuche, en las comunidades de Butalelbun y Cauñicu el fonema  $\widehat{tʃ}$ / tiene dos realizaciones alofónicas:  $[\widehat{tʃ}]$  y  $[t]$  (Henríquez y Salamanca, 2015). Por otra parte, en la zona de Tirúa se detecta la presencia del grupo consonántico  $[tr]$  con una alta frecuencia, sobre todo en Primer Agua, donde en la mayoría de los casos reemplaza a  $[\widehat{tʃ}]$  (Henríquez, 2016). Henríquez y Fuentes (2018) realizan un estudio espectrográfico comparativo entre las africadas  $\widehat{tʃ}$ / y  $\widehat{tʃ}$ / en distintas comunidades de Alto Biobío, donde destacan el continuo entre realizaciones africadas, hasta la ausencia de fricción en  $[t]$ . Narváez (2019) estudia, entre otras consonantes, el fonema africado retroflejo en una muestra de escolares de Alto Biobío. Tanto en las comunidades del valle del río Queuco como en

las del valle del río Biobío, el 100% de las realizaciones corresponde a variantes definidas como tradicionales ( $[tʃ]$  y  $[t]$ ).

#### **4.1.3. El presente estudio**

La gran mayoría de los estudios referidos han tenido como propósito determinar las formas básicas de las unidades fonológicas y alófonos del mapudungun hablado en una determinada comunidad. En este contexto, las consonantes retroflejas no han recibido particular atención, a diferencia de otras consonantes como las que forman parte del contraste interdental-alveolar. Considerando esta información, parece pertinente realizar un estudio descriptivo focalizado en estos segmentos; más aún, si los últimos estudios del mapudungun hablado por adultos en Alto Biobío datan de 1989, por Sánchez Cabezas, y de 1997, por Salamanca, de modo que esta descripción constituye una actualización que estimamos necesaria. Es así, entonces, como se entregarán los porcentajes que presentan los alófonos de cada fonema en la zona, los contextos que favorecen la ocurrencia de cada uno, y a partir de ambos datos, se determinará la forma básica de cada

fonema. Junto con ello, se incorporan imágenes espectrográficas de cada alófono y una comparación con los alófonos reportados en la zona estudiada y los que se presentan en otras comunidades de habla pehuenche.

## 4.2. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON OTRAS ZONAS PEHUENCHE

### 4.2.1. Porcentajes y contexto de aparición de los alófonos de /ɣ/ y /tʂ/

Para este análisis, fue necesario obtener el número de realizaciones de los alófonos de cada fonema y sus porcentajes de ocurrencia, para luego observar qué contexto podía favorecer la realización de un alófono versus otro. Por otra parte, mediante un *script* del programa *Praat* (Boersma y Weenink, 2018) se obtuvieron imágenes espectrográficas y de la forma de onda de cada sonido.

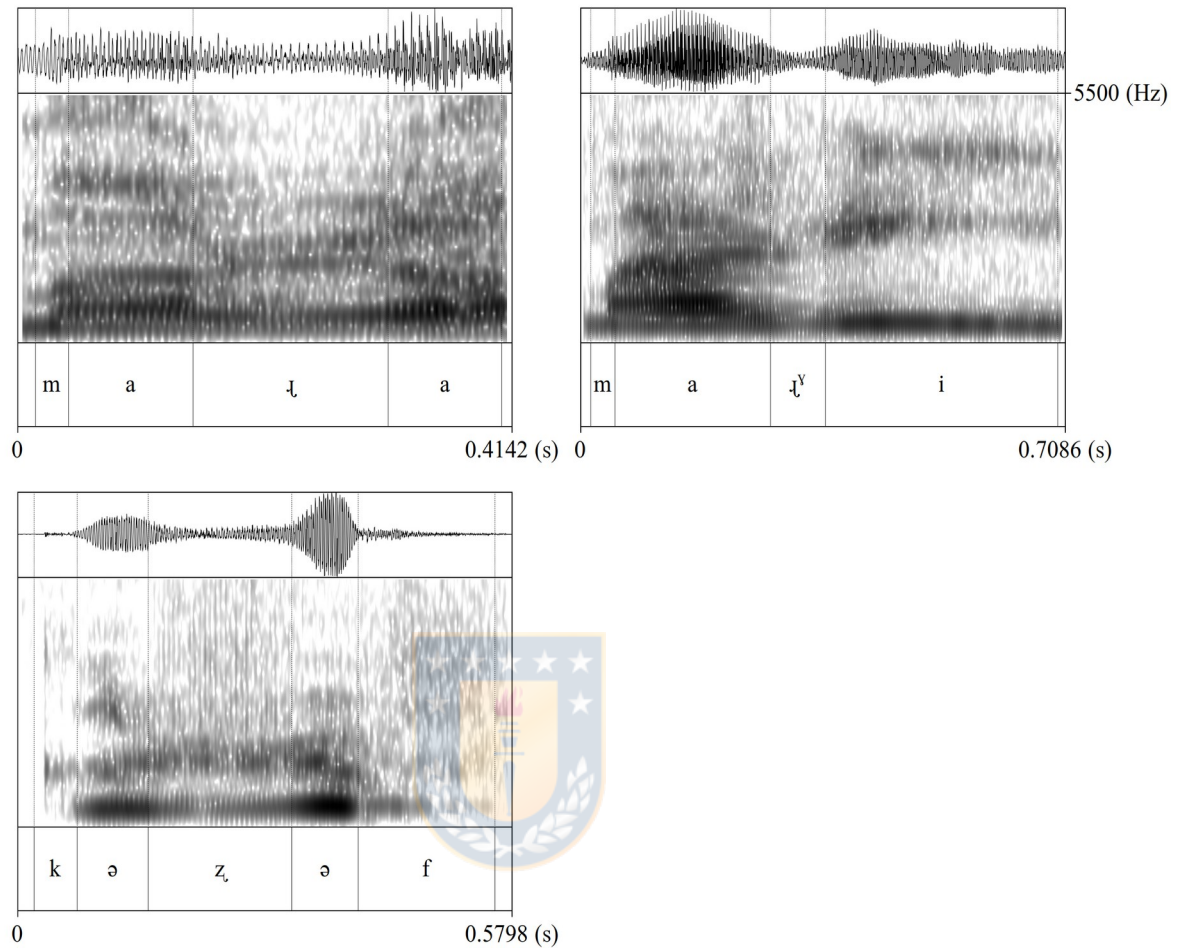
En el caso de la consonante fricativa aproximante retrofleja /ɣ/, se contabilizaron 215 instancias del fono [ɣ], 30 realizaciones del fono

aproximante retroflejo velarizado [ɟʲ] y 11 ocurrencias del fono fricativo retroflejo sonoro [z], mientras que solo 8 realizaciones fueron clasificadas como “otro sonido”; por ejemplo, como lateral alveolar sonora [l] en [ko.tʃol] ‘amarillo’ y como fricativa postpalatal sonora [ɣʲ] en [ɣʲel.ʲe] ‘siete’. Así, podemos reportar que el fono [ɟ] ocurre en un 81% de las ocasiones, en todos los hablantes y en todos los contextos. Por ejemplo, en palabras como [ɟa.ʲpin] ‘vómito’, [ma.ʲi] ‘diez’, [mə.ɟ.kʲe] ‘harina tostada’ y [tʃaɪ] ‘pus’. La ocurrencia de los fonos [ɟʲ] y [z] se presenta en la Tabla 10. El fono [ɟʲ] tiene un porcentaje de ocurrencia de un 11% y casi siempre ocurre entre vocales, como en [ʲma.ɟʲa] ‘liebre’. En efecto, excepto en 3 ocasiones en las que fue producido en inicio de palabra, específicamente, en [ɟʲe.ʲe] ‘siete’ (elicitada dos veces por el mismo hablante de sexo masculino) y en [ɟʲa.pi.ʲan] ‘vómito’ (elicitada por una colaboradora de sexo femenino) en todas las demás ocasiones siempre ocurrió en contexto intervocálico. El fono [z] ocurre un 4% de las ocasiones, 8 veces en inicio de palabra y 3 veces entre vocales. Como se puede observar en la Tabla 10, algunos participantes nunca elicitaron el fono [ɟʲ] o el fono [z], y no hubo ningún hablante que produjera más de 3 veces ambos fonos; incluso, la

colaboradora M3 no produjo ninguno de estos sonidos. A continuación de la Tabla 10, en la Figura 20, se presentan imágenes con la forma de onda y espectrogramas de los fonos [ɫ], [ɫʲ] y [z].

**Tabla 10.** Frecuencia y porcentaje de ocurrencias de [ɫʲ] y [z] de cada hablante con ejemplos.

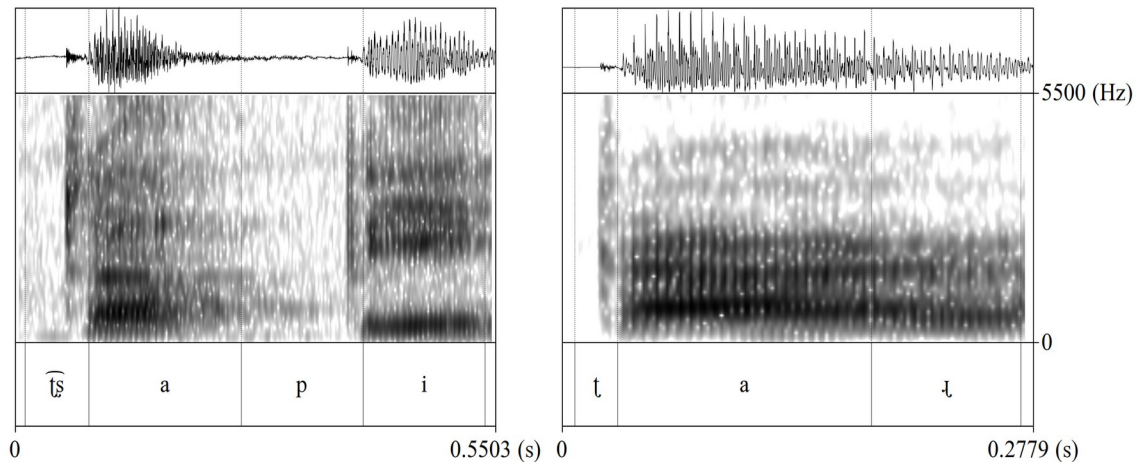
Hablante	[ɫʲ]	%	Ejemplo [ɫʲ]	[z]	%	Ejemplo [z]
M1	1	3%	[pi.ʲeŋ.kə.ʲli] ‘está nevando’	2	18,2%	[zəŋ] ‘greda’
M2	1	3%	[pu.ʲa] ‘ocho’	0	0%	
M3	0	0%		0	0%	
M4	5	17%	[ma.ʲi] ‘diez’	0	0%	
M5	0	0%		3	27,3%	[zə.ʲpin] ‘vómito’
H1	9	30%	[pu.ʲa] ‘ocho’	0	0%	
H2	5	17%	[ku.ʲam] ‘huevo’	1	9,1%	[zəŋ] ‘greda’
H3	6	20%	[ɫʲe.ʲə] ‘siete’	1	9,1%	[zə.ʲpin] ‘vómito’
H4	0	0%		3	27,3%	[vu.ʲzi] ‘espalda’
H5	3	10%	[ku.ʲə] ‘ocho’	1	9,1%	[zə.ʲpə] ‘camino’
Total	30	100%		11	100%	



**Figura 20.** Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos [ʎ], [ʎy] y [z], articuladas por hablantes de mapudungun de Alto Biobío. Panel superior izquierdo: palabra [ma.ʎa] ‘liebre’, producida por un hablante de sexo masculino. Panel superior derecho: palabra [ma.ʎyi] ‘diez’, producida por un hablante de sexo femenino. Panel inferior izquierdo: palabra [kə.zəf] ‘viento’, producida por un hablante de sexo masculino.

En el caso de la consonante africada retrofleja áfona  $\widehat{tʃ}$ , se contabilizaron 169 instancias del fono africado retroflejo áfono  $\widehat{tʃ}$ , 76 producciones del fono oclusivo retroflejo áfono  $\widehat{t}$  y 10 ocurrencias fueron producidas como otros sonidos (por ejemplo,  $\widehat{tʃ}$  en  $\widehat{tʃa}.'pi$  ‘ají’,  $[tr]$  en  $[na.'tri]$  ‘remedio amargo’ y  $[t]$  en  $[la.'va.ta]$  ‘sapo’). Así, los porcentajes son de un 66% para  $\widehat{tʃ}$  y de un 30% para  $\widehat{t}$ , mientras que un 4% corresponde a otros tipos de realizaciones. Tanto el fono  $\widehat{tʃ}$  como  $\widehat{t}$  no presentan restricciones contextuales, por lo que ambos se encuentran en variación libre. La Figura 21 contiene los espectrogramas y formas de onda de los sonidos  $\widehat{tʃ}$  y  $\widehat{t}$ .





**Figura 21.** Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos  $[tʂ]$  y  $[t]$  articuladas por hablantes de mapudungun de Alto Biobío. Panel izquierdo: palabra  $[tʂa.'pi]$  ‘aji’, producida por un hablante de sexo masculino. Panel derecho: palabra  $[tʂa.]$  ‘pus’, producida por un hablante de sexo masculino.

A partir de lo señalado en esta sección, podemos confirmar, además, que las formas básicas de los fonemas estudiados en la zona corresponden a los segmentos aproximante reflejo  $[ɫ]$ , es decir,  $/ɫ/$ ; y africado retroflejo  $[tʂ]$ , es decir,  $/tʂ/$ . Esto, de acuerdo con los criterios de distribución fonotáctica y de frecuencia que han sido relevados por Salamanca *et al.* (2011).



#### 4.2.2. Comparación con otras localidades pehuenche

Al igual que Urrea (2020), se compararán los porcentajes de este estudio, focalizado en Alto Biobío, con los de otras localidades cordilleranas: Lonquimay (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015), Icalma (Urrea, 2020) y Curarrehue (Pérez y Salamanca, 2017). Posteriormente, se establecerán las diferencias y semejanzas con los otros estudios del habla adulta de Alto Biobío (Sánchez Cabezas, 1989; Salamanca, 1997) y con los trabajos en el habla de escolares del mismo sector (Henríquez y Salamanca, 2015; Narváez, 2019). Para contrastar los porcentajes de Alto Biobío, se ha decidido recalcular los porcentajes de cada sonido retroflejo, de modo que no se consideran las instancias etiquetadas como “otros”. De esta manera, los porcentajes de los alófonos de /ɻ/ son: 84% para [ɻ], 12% para [ɻʲ] y 4% para [z]. En el caso de la africada retrofleja /tʃ/, los porcentajes son: 69% para [tʃ] y 31% para [t].

Las comunidades pehuenche ordenadas de norte a sur son: Alto Biobío, Lonquimay, Icalma y Curarrehue. En todas estas localidades, el fono [ɻ] es

mayoritario. En efecto, en el norte, Alto Biobío y Lonquimay, [ɲ] supera el 80% de ocurrencias (84% y 83%, respectivamente); mientras que en las comunidades de Icalma y Curarrehue, [ɲ] supera el 90% (95% y 90%, respectivamente). Con respecto al fono [ɲʲ], tiene un 12% de ocurrencia en Alto Biobío, mientras que en las otras localidades ocurre con una frecuencia menor al 10% (en Lonquimay obtiene un 7%, en Curarrehue un 1% y en Icalma no se reporta). El fono [z] tiene un mayor porcentaje que [ɲʲ] en todas las comunidades, excepto en Alto Biobío, donde solo alcanza un 4% de las realizaciones. En Lonquimay, [z] ocurre en un 10% de las producciones, seguido por Curarrehue (9%) e Icalma (5%).

En cuanto al fono [tʃ], mientras más al sur se encuentra la localidad, mayor es su porcentaje de ocurrencia. Así, en Curarrehue ocurre un 100%; en Icalma, un 97%; en Lonquimay, un 82%; y en Alto Biobío, un 69%. Por el contrario, el fono oclusivo retroflejo [t] no ocurre en Curarrehue y hacia el norte aumenta su aparición, con un 3% en Icalma, un 18% en Lonquimay y un 31% en Alto Biobío.

En cuanto a otros estudios realizados en la población adulta de Alto Biobío, con respecto al fonema /ɻ/, tanto Sánchez Cabezas (1989) como Salamanca (1997) solo reportan la realización fricativa retrofleja. En relación con la africada retrofleja, los resultados de este estudio concuerdan con Salamanca (1997), quien reportó una realización africada y otra oclusiva retrofleja.

En el habla de los escolares, en tanto, Henríquez y Salamanca (2015) reportan, de las palabras efectivamente respondidas, las tres realizaciones de /ɻ/ para el sector de Butalelbun, siendo mayoritaria [ɻ], con un 72,3%; seguida de [z], con un 15,2%; y, finalmente, [ɻʏ] (transcrita como “[ʏ]”), con un 11,6%. En Cauñicu, en cambio, no ocurre [ɻʏ] y el porcentaje de [ɻ] (54,9%) es menor que en Butalelbun, pero el porcentaje de [z] (32,4%) es considerablemente mayor. Se puede evidenciar, entonces, que en el habla de escolares existe un mayor número de realizaciones fricativas retroflejas [z] en comparación con [ɻʏ], mientras que en el presente estudio [z] solamente alcanza un 4%. En cuanto al fono africada retroflejo, en Butalelbun ocurre con un 50,9% de frecuencia y el fono oclusivo con un 48,1%, mientras que en Cauñicu todas las realizaciones fueron africanas. De acuerdo con

Narváez (2019), existen diferencias en la alofonía de /t͡s/ dependiendo de si las comunidades se encuentran en el valle del río Biobío o en el valle del río Queuco. En el primer caso, [t] ocurre un 41% de la veces, mientras que en el segundo, solamente un 3%.

### 4.3. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES ESTUDIO

#### DESCRIPTIVO

El fonema /ɰ/ presenta 3 realizaciones alofónicas, de las cuales [ɰ] ha sido seleccionada como fonema, dada su frecuencia y distribución (Salamanca *et al.*, 2011). En cuanto a [ɰʲ] y [z], la frecuencia de ambos es considerablemente menor y el contexto de ocurrencia es restringido. En comparación con otras comunidades cordilleranas, en Alto Biobío se presentan más realizaciones de [ɰʲ] que de [z]. El fonema /t͡s/ presenta más realizaciones africadas [t͡s] que oclusivas [t], pero de todos modos es en Alto Biobío donde la realización oclusiva ocurre más frecuentemente con respecto a las otras comunidades pehuenche. En el habla de escolares, también se han reportado estas realizaciones; sin embargo, con algunas

diferencias. Por ejemplo, en Cauñicu no se reporta la aproximante velarizada, pero sí la fricativa retrofleja.

Como proyecciones de este estudio, resulta importante investigar el debilitamiento en general en mapudungun, manifiesto, por ejemplo, en las realizaciones aproximantes de /v/ y /ð/, reportadas en Fuentes y Salamanca (2016), y la posible progresión del fonema /ɻ/ desde [z] > [ɻ] > [ɻʲ] > Ø en Alto Biobío, de lo cual hay datos disponibles y evidencia, por ejemplo, en el saludo mapuche en esta zona, el cual se realiza frecuentemente como [maj.'maj] (“may may”), en vez de [ˈma.ɻi.'ma.ɻi] (“mari mari”). Por otra parte, pareciera ser que la variación y progresión del fonema /ɻ/ dependen de la zona de habla mapuche, ya que de acuerdo con lo reportado por Álvarez-Santullano *et al.* (2016), en las localidades de Panguipulli, Maihue y Aleucapi (zona huilliche) /ɻ/ se ensordece y se realiza como fricativa sibilante [ɻ] > [ɻ̥] > [ʃ], por lo que sería interesante continuar estudiando el comportamiento del fonema /ɻ/ en otras zonas de habla mapuche e identificar si se está llevando a cabo un proceso similar y en qué dirección.

## 4.5. ESTUDIO COMPARATIVO /tʂ/ y /tʃ/

### 4.5.1. Consonantes retroflejas: articulación, tipología y características acústicas

Un sonido retroflejo ocurre cuando el ápice de la lengua se curva para producir consonantes apicales (Bhat, 1973). De acuerdo con Stevens y Blumstein (1975), la retroflexión puede ocurrir tanto en consonantes como en vocales, y corresponde a un punto articulatorio que se encuentra posterior al punto de articulación alveolar y tiene como principal característica la curvatura del ápice de la lengua. Sin embargo, para Hamann (2003), la curvatura del ápice no es la característica más importante de las consonantes retroflejas, pues varios sonidos que carecen de ella pueden ser descritos como retroflejos; por ejemplo, /ʂ/ y /ʐ/ en polaco (Hamann, 2004). En términos articulatorios, las características que hacen que un sonido sea retroflejo serían la utilización del ápice de la lengua como articulador activo (apicalidad); la realización del sonido en una zona posterior al punto de articulación alveolar (posterioridad); la

retracción del postdorso de la lengua; y la cavidad sublingual (Hamann, 2003; Hamann y Fuchs, 2010).

Bhat (1973) estudia la ocurrencia de consonantes retroflejas en 150 lenguas, a partir de las cuales establece cuatro áreas geográficas donde estos sonidos ocurren mayoritariamente: India, Australia, parte central de África y en América. En cuanto al último continente, el área se extiende desde California, hasta Brasil y Chile. Sin embargo, contrario a lo que ocurre en India, en esta área la mayoría de las lenguas no presenta series distintivas de retroflejas. Por ejemplo, de acuerdo con Bath, en quechua y mixteco las consonantes retroflejas ocurren en contextos restrictivos, por lo que se interpretan como variantes alofónicas, y en zoque y miwok las consonantes retroflejas forman parte de variantes dialectales. En cuanto al modo de articulación, la mayoría de las lenguas presenta consonantes fricativas o sibilantes y/o africadas. El mapudungun se considera como una de las 15 lenguas que presenta una consonante africada retrofleja en esta zona.

Con base en los datos provenientes de 317 lenguas del mundo, Maddieson y Disner (1984) indican que el 11,4% de las consonantes oclusivas corresponde a consonantes retroflejas, y que de los 316 sonidos categorizados como *r-sounds*, el 12% de ellos corresponde a sonidos retroflejos. Estos antecedentes y los presentados por Bhat (1973) permiten concluir que las consonantes retroflejas no son particularmente comunes en los inventarios de las lenguas del mundo. De acuerdo con Stevens y Blumstein (1975), quienes citan a Greenberg (1993, 1996), estas consonantes se caracterizan por su poca frecuencia en relación con las consonantes no retroflejas y por su dificultad articulatoria, lo que implica que sean consideradas como segmentos tipológicamente marcados (Trubetzkoy, 1958).

En términos acústicos, Ladefoged y Bhaskararao (1983) indican que existe un consenso en que la retroflexión afecta los formantes más altos. Las características articulatorias de las consonantes retroflejas descritas por Hamann (2003) se manifiestan acústicamente como un F3 más bajo que el de consonantes similares no retroflejas, debido a la posterioridad de la



articulación, a la cavidad sublingual y a la retracción. En cuanto a F2, solamente la retracción causa que este formante sea más bajo que el de otras consonantes comparables. Sin embargo, se ha reportado que los valores de F2 varían de acuerdo con el contexto fonético, por ejemplo, el tipo de vocal que sigue a la consonante, y podría tener características diferentes dependiendo de la lengua (Dart y Nihalani, 1999; Hamann, 2003; Hussain *et al.*, 2017). De acuerdo con Hamilton (1996), lo que diferencia a las consonantes retroflejas de otras consonantes coronales son los valores más bajos de F3 en la vocal precedente. Esto último se evidencia en el estudio de Bundgaard-Nielsen *et al.* (2015), en el que los valores de F3 en la vocal precedente a la consonante, en contexto VCV, diferencian a las consonantes oclusivas retroflejas de las dentales y alveolares en la lengua wubuy. Sin embargo, en contexto CV, los valores de F3 no distinguen los puntos articulatorios de la lengua en cuestión.

Hussain *et al.* (2017) realizan distintas mediciones para determinar cuáles de ellas permiten distinguir entre las consonantes oclusivas dentales y retroflejas en punjabi. En cuanto a F3, las trayectorias de este formante en

la vocal previa permiten distinguir entre consonantes retroflejas y dentales para las vocales /e, a, o, u/, pero no ocurre lo mismo con la vocal /i/. De acuerdo con estos autores, las únicas dos mediciones que permitieron diferenciar entre ambas consonantes en todos los contextos fueron la duración de la distensión de las oclusivas y la duración total de las oclusivas.

No solamente las consonantes oclusivas retroflejas han sido estudiadas, sino que también se han realizado análisis de este tipo para otros modos articulatorios. Por ejemplo, Tabain *et al.* (2016a) analizan las consonantes laterales de las lenguas arrernte, pitjantjatjara y warlpiri. Tanto los valores de F3 como los de F4 de la consonante lateral retrofleja /l/ fueron levemente más bajos que los de las otras consonantes coronales /l̥/, /l/ y /k/. Sin embargo, el centro de gravedad y la desviación estándar fueron suficientes para caracterizar y distinguir las cuatro consonantes coronales. Tabain *et al.* (2016b) también estudian las consonantes nasales de las mismas lenguas. En cuanto a las consonantes coronales /ŋ̥/, /ŋ/, /ɲ/ y /ɲ̥/, los formantes nasales no fueron capaces de diferenciar de manera confiable entre la

consonante dental, alveolar y retrofleja. Por ejemplo, si bien la consonante retrofleja mostró valores del cuarto formante nasal más bajos que la alveolar, las diferencias de estos valores no fueron estadísticamente significativas. Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre los valores de la consonante nasal dental y la retrofleja. En cuanto a las consonantes fricativas, Gordon *et al.* (2002) analizan estas consonantes en la lengua toda e indican que la vocal /ɔ/ que precede a las consonantes fricativas sibilantes /ʃ/, /s/, /ʒ/ y /ʒ/ presenta valores de F3 más bajos en la consonante retrofleja /ʃ/. Esta diferencia resultó ser estadísticamente significativa.

Tal como se ha señalado en párrafos precedentes, la gran mayoría de los estudios que se han realizado en la lengua mapuche han tenido como propósito construir inventarios fonéticos y fonológicos del mapudungun hablado en distintas localidades a partir de un análisis auditivo y de transcripciones fonéticas. Por esta razón, lo que se conoce de la mayor parte de los sonidos de esta lengua y de las consonantes retroflejas proviene de estudios descriptivos cualitativos. Ahora bien, parece importante y

necesario avanzar en el estudio de la fonética y fonología desde una perspectiva acústica y estadística que permita situar al mapudungun en las discusiones generales del comportamiento de las lenguas. En este contexto, nuestro estudio se propone investigar las variables acústicas que permiten distinguir las consonantes coronales africada retrofleja áfona de la africada alveopalatal áfona.

#### 4.5.2. Este estudio

Esta investigación tiene por objeto determinar si los formantes vocálicos F2 y F3 permiten distinguir entre la consonante africada retrofleja áfona  $/\widehat{tʃ}/$  y la africada alveopalatal áfona  $/tʃ/$ , dos segmentos que, desde Echeverría (1964) en adelante, todos los estudios fonético-fonológicos de las distintas variantes del mapudungun han reportado como parte del inventario de consonantes de la lengua. De esta manera, se podrá conocer la naturaleza acústica de la retroflexión y cómo se manifiesta en mapudungun, ya que a pesar de que existe un consenso en que los valores de F3 son más bajos en las consonantes retroflejas que en las otras consonantes coronales, los

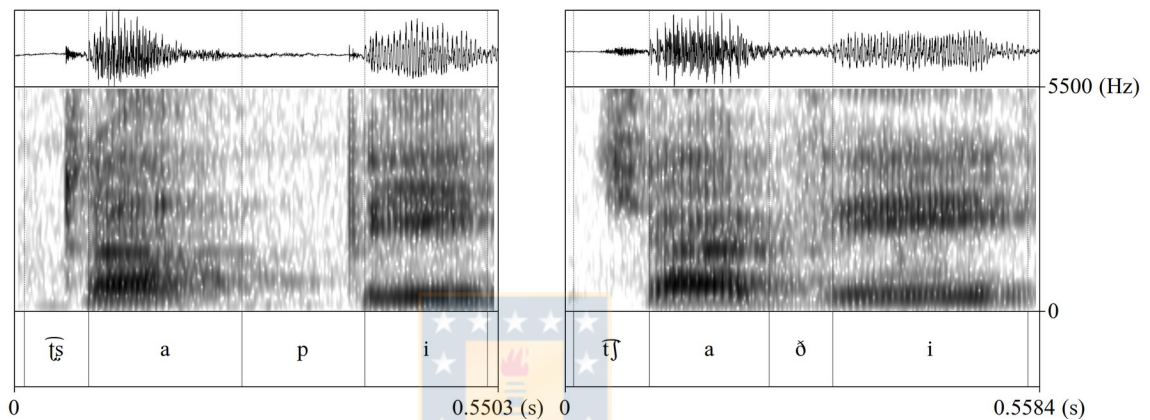
estudios afirman que en el caso de F2 esto varía y depende de la lengua y factores contextuales como, por ejemplo, el tipo de vocal que sigue o precede a la consonante.

## 4.6. MÉTODOS

### 4.6.1. Participantes, tarea de elicitación, segmentación y etiquetado

Tanto los participantes como la tarea de elicitación se describen en la sección 2.2. de esta tesis. En cuanto a este estudio en particular, las señales obtenidas fueron segmentadas y etiquetadas en TextGrids del programa *Praat* (Boersma y Weenink, 2018). Cada palabra fue etiquetada en español y se realizó una transcripción fonética y fonológica en mapudungun. Las consonantes retroflejas fueron segmentadas y etiquetadas como africadas retroflejas áfonas, oclusivas retroflejas áfonas y como “otros” cuando cualquiera de estos sonidos fue articulado como uno diferente a los ya descritos. También fueron segmentadas todas las instancias de  $/tʃ/$ , y, para ambos tipos de consonantes, se etiquetaron las vocales previas y siguientes.

Las vocales fueron agrupadas en vocales anteriores ([i, e]), vocales centrales ([a, ə]) y vocales posteriores ([o, u]). En la Figura 22 se presentan imágenes espectrográficas de  $[\widehat{tʂ}]$  y  $[\widehat{tʃ}]$ .



**Figura 22.** Formas de onda y espectrogramas de palabras que contienen los fonos  $[\widehat{tʂ}]$  y  $[\widehat{tʃ}]$  articuladas por hablantes de mapudungun de Alto Biobío. Panel izquierdo: palabra  $[\widehat{tʂa}.'pi]$  ‘aji’, producida por un hablante de sexo masculino. Panel derecho: palabra  $[\widehat{tʃa}.'ði]$  ‘sal’, producida por un hablante de sexo masculino.

#### 4.6.2. Medición y extracción de valores de las variables acústicas

Para extraer los datos acústicos, se construyó un objeto Formante para cada señal en *Praat* (Boersma y Weenink, 2018), usando los ajustes por defecto,

con la excepción del valor de frecuencia máximo, el cual fue configurado a 5.000 Hz para los hombres y a 5.500 Hz para las mujeres. Además del objeto formante, se construyó un objeto Pitch, basado en la señal de audio, mediante el método de doble paso (De Looze y Hirst, 2008) y un objeto Intensidad, construido con los valores por defecto. Luego, se escribió un *script* para extraer la información codificada en los TextGrids y en los datos acústicos.

La extracción de la información acústica de los formantes F2 y F3 se realizó en la segunda mitad de las vocales cuando se encontraban antes de las consonantes  $[\text{tʃ}]$  y  $[\text{tʃ}]$ , esto es, de la mitad de la vocal hasta el inicio de la oclusión del sonido africado. En el caso de las vocales que seguían a las consonantes  $[\text{tʃ}]$  y  $[\text{tʃ}]$ , la medición de los formantes F2 y F3 se realizó desde el inicio de la vocal hasta la mitad de ella. Esta decisión se basó parcialmente en la adoptada por Hussain *et al.* (2017).

#### 4.7. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para determinar si los valores de  $F2$  y  $F3$  permiten distinguir entre los puntos articulatorios retroflejo y alveopalatal de las consonantes  $/\widehat{t\text{ɰ}}/$  y  $/\widehat{t\text{ʃ}}/$ , respectivamente, se consideraron las variables independientes *consonante*, *vocal* y *sexo*, y las variables dependientes  $F2$  y  $F3$ . Sin embargo, en la distinción de las consonantes retroflejas versus otras consonantes coronales, se ha reportado que existen diferencias en el comportamiento de las transiciones formánticas de una vocal hacia una consonante y de una consonante hacia una vocal. Por esta razón, se realizaron dos análisis por separado para saber si lo que diferencia a ambas consonantes son los valores de  $F2$  y/o  $F3$  antes de la consonante o si son los valores de  $F2$  y/o  $F3$  después de la consonante.

Dado que en esta investigación es necesario evaluar el efecto de más de una variable independiente en más de una variable dependiente, se ha decidido realizar pruebas de Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA), ya que esta prueba permite evaluar el efecto de una o más variables independientes



en dos o más variables dependientes (Field *et al.*, 2012). La primera MANOVA tuvo como variables independientes *consonante* ( $\widehat{/t_s/}$  y  $\widehat{/t_f/}$ ), *vocal previa* (anterior, central y posterior) y *sexo* (femenino, masculino); mientras que las variables dependientes fueron *F2 previo* y *F3 previo*. En la segunda MANOVA, las variables independientes fueron nuevamente *consonante* ( $\widehat{/t_s/}$  y  $\widehat{/t_f/}$ ), *vocal siguiente* (anterior, central y posterior) y *sexo* (femenino, masculino), esta vez con las variables dependientes *F2 siguiente* y *F3 siguiente*. Tanto la etiqueta “previa/o” como “siguiente” hacen referencia a la posición de la vocal y de F2 y F3 con respecto a las consonantes  $\widehat{/t_s/}$  y  $\widehat{/t_f/}$ .



En este estudio, se utilizará el *Pillai-Bartlett trace* como el índice estadístico que permita evaluar cómo las variables independientes afectan a las variables dependientes, ya que, de acuerdo con Bray y Maxwell (1985), este índice es más robusto a las posibles violaciones de las asunciones de la prueba MANOVA que otros tests estadísticos similares también provenientes de la MANOVA. De las cuatro asunciones de esta prueba, los datos de este estudio cumplen con las dos primeras, esto es, fueron

obtenidos al azar y de manera independiente, y las dos variables dependientes son continuas ( $F2$  y  $F3$ ). Las otras dos asunciones son que los datos deben presentar normalidad multivariada y homogeneidad de la covarianza, las cuales serán evaluadas mediante la prueba Shapiro-Wilk para normalidad multivariada (Villasenor Alva y Estrada, 2009), y la prueba de la M de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza (Box, 1949; Fox *et al*, 2018). Si los análisis no cumplen con todas las asunciones, además de la prueba MANOVA, se realizará una MANOVA “robusta” (Choi y Marden, 1997) para confirmar los resultados. Finalmente, se aplicarán pruebas *post hoc* cuando los resultados de la prueba MANOVA sean estadísticamente significativos. Estos análisis variarán dependiendo del tipo de distribución de los datos y del número de niveles que tenga cada variable. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa *R* (R Core Team, 2018). En la Tabla 11, se encuentran las características del *corpus* para la MANOVA 1 (cuatro primeras filas) y para la MANOVA 2 (cuatro últimas filas).

**Tabla 11.** Promedio y desviación estándar de los valores de cada formante en contexto VC (primera MANOVA) y CV (segunda MANOVA).

MANOVA	Formante	Contexto	Total	Promedio	Desviación estándar
1: VC	F2	$\widehat{Vt_s}$	90	1.650,53	367,57
		$\widehat{Vt_j}$	140	1.734,11	283,72
	F3	$\widehat{Vt_s}$	90	2.564,15	338,95
		$\widehat{Vt_j}$	140	2.623,62	316,56
2: CV	F2	$\widehat{t_sV}$	212	1.547,31	314,82
		$\widehat{t_jV}$	247	1.773,28	297,49
	F3	$\widehat{t_sV}$	212	2.548,29	243,27
		$\widehat{t_jV}$	247	2.657,23	309,49

#### 4.7.1. Resultados de la prueba MANOVA para vocales previas a $\widehat{t_s/}$ y $\widehat{t_j/}$

Para esta MANOVA, la prueba de Shapiro-Wilk para la evaluación de la normalidad multivariada mostró ser estadísticamente significativa,  $W = 0,987$ ,  $p < 0,05$ ; por lo tanto, es posible asumir que los datos no presentan normalidad multivariada. En el caso de la homogeneidad de la covarianza, la prueba de la M de Box no resultó ser estadísticamente significativa ( $M(3) = 7,606$ ,  $p = 0,055$ ), por lo que puede asumirse que la covarianza es

homogénea en estos datos. De todas maneras, dado que los datos no presentan normalidad multivariada será necesario realizar una MANOVA “robusta” para complementar los resultados de la MANOVA.

Los resultados de la prueba MANOVA para evaluar el efecto de las variables independientes *consonante*, *vocal previa* y *sexo* en las variables dependientes *F2 previo* y *F3 previo* revelaron un efecto significativo de la variable *consonante* en ambas variables dependientes,  $V = 0,036$ ,  $F(2, 218) = 4$ ,  $p < 0,05$ . Además, hubo un efecto estadísticamente significativo de las variables *vocal previa*  $V = 0,371$ ,  $F(4, 438) = 25$ ,  $p < 0,001$  y *sexo*  $V = 0,385$ ,  $F(2, 218) = 68,3$ ,  $p < 0,001$ . Por otra parte, la prueba reveló que existe una interacción estadísticamente significativa entre las variables independientes *consonante* y *vocal previa*  $V = 0,099$ ,  $F(4, 438) = 5,7$ ,  $p < 0,001$ ; una interacción estadísticamente significativa entre *consonante* y *sexo*  $V = 0,029$ ,  $F(2, 218) = 3,3$ ,  $p < 0,05$ . La aplicación de la MANOVA “robusta”, no confirmó el efecto de la variable independiente *consonante*,  $H(2) = 3,213$ ,  $p = 0,2$ .

Con la finalidad de explorar en detalle la naturaleza de cada efecto estadísticamente significativo, y con miras a intentar clarificar los resultados contradictorios para la variable *consonante*, se realizaron pruebas *post hoc*. Dado que las distribuciones de los datos involucrados en la prueba MANOVA no cumplieron con la asunción de la normalidad multivariada, los análisis *post hoc* se llevaron a cabo mediante pruebas no paramétricas y variaron dependiendo de la cantidad de niveles de cada variable independiente. Por ejemplo, si la variable analizada tenía dos niveles, como en el caso de *sexo*, se realizó una Prueba de suma de rangos de Wilcoxon con corrección de continuidad; si la variable tenía más de dos niveles, como en el caso de *vocal previa*, se utilizó la Prueba de suma de rangos de Kruskal-Wallis.

Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de *F2 previo* y de *F3 previo* de las consonantes  $\widehat{/t_s/}$  y  $\widehat{/t_j/}$  se aplicaron dos pruebas de suma de rangos de Wilcoxon. La primera prueba mostró que los valores de *F2 previo* en  $\widehat{/t_j/}$  ( $\tilde{x}^2 = 1.759,76$ ) y en  $\widehat{/t_s/}$  ( $\tilde{x} =$

---

2 El símbolo “ $\tilde{x}$ ” representa a la mediana.

1.655,03) presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 7.479, p < 0,05, r = 0,158$ ). En el caso de *F3 previo*, las consonantes  $/tʃ/$  ( $\tilde{x} = 2.595,73$ ) y  $/tʂ/$  ( $\tilde{x} = 2.576,56$ ) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 6.897, p = 0,226, r = 0,08$ ); como se ve, en ambos casos, las medianas de las consonantes retroflejas mostraron frecuencias más bajas que las medianas de las consonantes alveopalatales. El hecho de que se haya detectado un efecto estadísticamente significativo para *F2 previo*, pero no para *F3 previo*, puede contribuir a explicar el conflicto de los resultados sobre el efecto principal de la variable *consonante* para la MANOVA y la MANOVA “robusta”. Los datos involucrados en este análisis pueden ser visualizados en el panel izquierdo (F2) y derecho (F3) de la Figura 23.

Considerando que la variable *vocal previa* tiene tres niveles (anterior, central y posterior), se utilizaron pruebas de Kruskal-Wallis para determinar su efecto en los valores de *F2 previo* y *F3 previo* por separado. Luego, cuando fue necesario, se aplicaron pruebas de Wilcoxon para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas de las variables dependientes para los distintos niveles de la variable *vocal previa* (los

valores de probabilidad  $p$  se reportan con corrección de Bonferroni). La primera prueba de Kruskal-Wallis determinó que existe un efecto estadísticamente significativo de *vocal previa* en los valores de  $F2$  previo  $H(2) = 59,898$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,255$ . Considerando este resultado, se realizaron tres pruebas de Wilcoxon, las que determinaron que entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.020,27$ ) y centrales ( $\tilde{x} = 1.685,59$ ) existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 6.684$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,406$ ), que entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.020,27$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 1.316,91$ ) también existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 1.165$ ,  $p < 0,001$   $r = 0,609$ ) y, finalmente, que la diferencia entre vocales centrales ( $\tilde{x} = 1.685,59$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 1.316,91$ ) es igualmente significativa ( $W = 2.767$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,398$ ). La segunda prueba de Kruskal-Wallis también mostró un efecto estadísticamente significativo de *vocal previa* en los valores de  $F3$  previo  $H(2) = 16,29$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,063$ . Las pruebas de Wilcoxon indicaron que entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.656,07$ ) y centrales ( $\tilde{x} = 2.583,97$ ) existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 5.393$ ,  $p < 0,05$ ,  $r = 0,177$ ), que entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.656,07$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 2.429,77$ ) también

existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 1.035$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,455$ ), finalmente, entre las vocales centrales ( $\tilde{x} = 2.583,97$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 2.429,77$ ) las diferencias son estadísticamente significativas ( $W = 2.170$ ,  $p < 0,05$ ,  $r = 0,187$ ). Tanto en *F2 previo* como en *F3 previo* las vocales anteriores presentan medianas más altas que las vocales centrales, las que a su vez presentan medianas en frecuencias más altas que las vocales posteriores. En la Figura 24, se grafican los valores de cada contexto vocálico por formante.



La variable *sexo* también mostró un efecto estadísticamente significativo en *F2 previo* y en *F3 previo*. Los análisis *post hoc* para esta variable revelaron que las diferencias entre el *F2 previo* de mujeres ( $\tilde{x} = 1.854,4$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 1.541,24$ ) son estadísticamente significativas ( $W = 10.072$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,473$ ). En el caso de *F3 previo*, las producciones de mujeres ( $\tilde{x} = 2.762,67$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 2.470,35$ ) también presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 10.756$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,564$ ). En ambos casos, la mediana de las producciones realizadas por mujeres son más altas que las de los hombres. En la Figura 25, se grafican estas diferencias en F2 y F3.



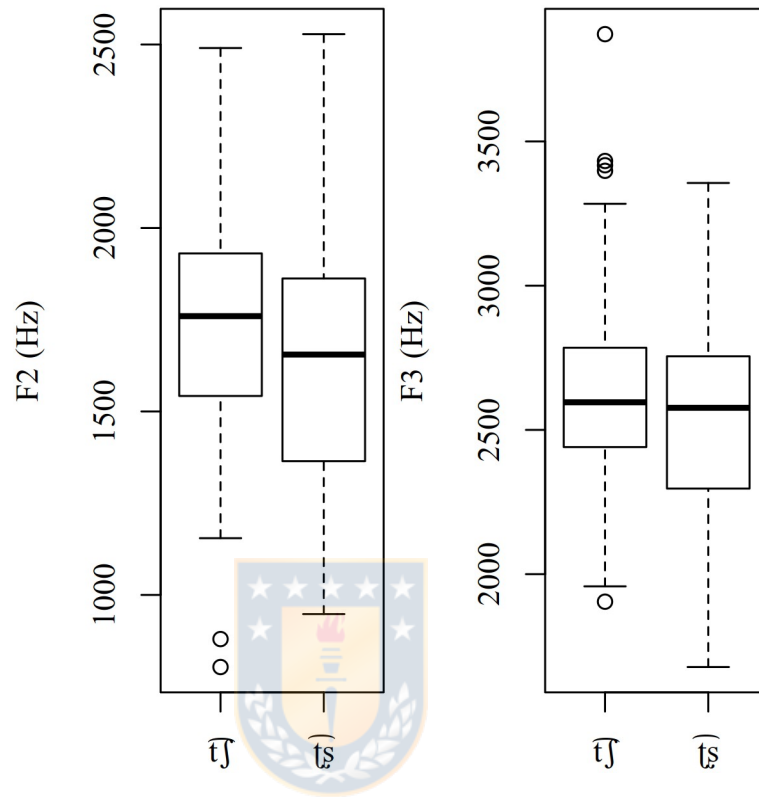
La prueba MANOVA mostró además que existe una interacción estadísticamente significativa entre *consonante* y *vocal previa*. Los análisis *post hoc* realizados en la variable dependiente *F2 previo* arrojaron que cuando las vocales anteriores ocurrieron antes de las consonantes  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.888,51$ ) y  $\widehat{/tʂ/}$  ( $\tilde{x} = 2.098,03$ ) presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 250, p < 0,05, r = 0,307$ ), tal que la mediana de las consonantes retroflejas fue más alta que la mediana de las consonantes alveopalatales. Cuando las vocales previas a  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.722,44$ ) y  $\widehat{/tʂ/}$  ( $\tilde{x} = 1.552,63$ ) fueron centrales, estas consonantes también presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 3.604, p < 0,001$ ); en este caso, fueron las consonantes retroflejas las que presentaron una mediana más baja que las consonantes alveopalatales. Por último, las diferencias entre  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.466,44$ ) y  $\widehat{/tʂ/}$  ( $\tilde{x} = 1.060,62$ ) cuando antes de ellas ocurrieron vocales posteriores son igualmente significativas ( $W = 106, p < 0,001, r = 0,676$ ), siendo las consonantes retroflejas las que presentaron valores de mediana más bajos (para los datos que sustentan estos resultados estadísticos, véase el panel izquierdo de la Figura 26). En relación con los valores de *F3 previo* de las consonantes  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 2.636,52$ ) y  $\widehat{/tʂ/}$  ( $\tilde{x} =$

2.725,48) los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre estas categorías cuando fueron precedidas por vocales anteriores ( $W = 338, p = 0,341, r = 0,126$ ). Cuando las vocales previas a  $\widehat{tj}$  ( $\tilde{x} = 2.589,23$ ) y  $\widehat{ts}$  ( $\tilde{x} = 2.569,45$ ) fueron centrales tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas ( $W = 2.917, p = 0,34, r = 0,078$ ). Lo contrario ocurrió cuando las vocales posteriores se encontraron antes de  $\widehat{tj}$  ( $\tilde{x} = 2.477,96$ ) y  $\widehat{ts}$  ( $\tilde{x} = 2.287,25$ ), dado que, en este contexto, sí presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 102, p < 0,01, r = 0,619$ ). En general, las consonantes retroflejas presentaron medianas en frecuencias más bajas que las alveopalatales, excepto cuando antes ocurrió una vocal anterior, en cuyo caso la relación se invierte (ver panel derecho de la Figura 26).

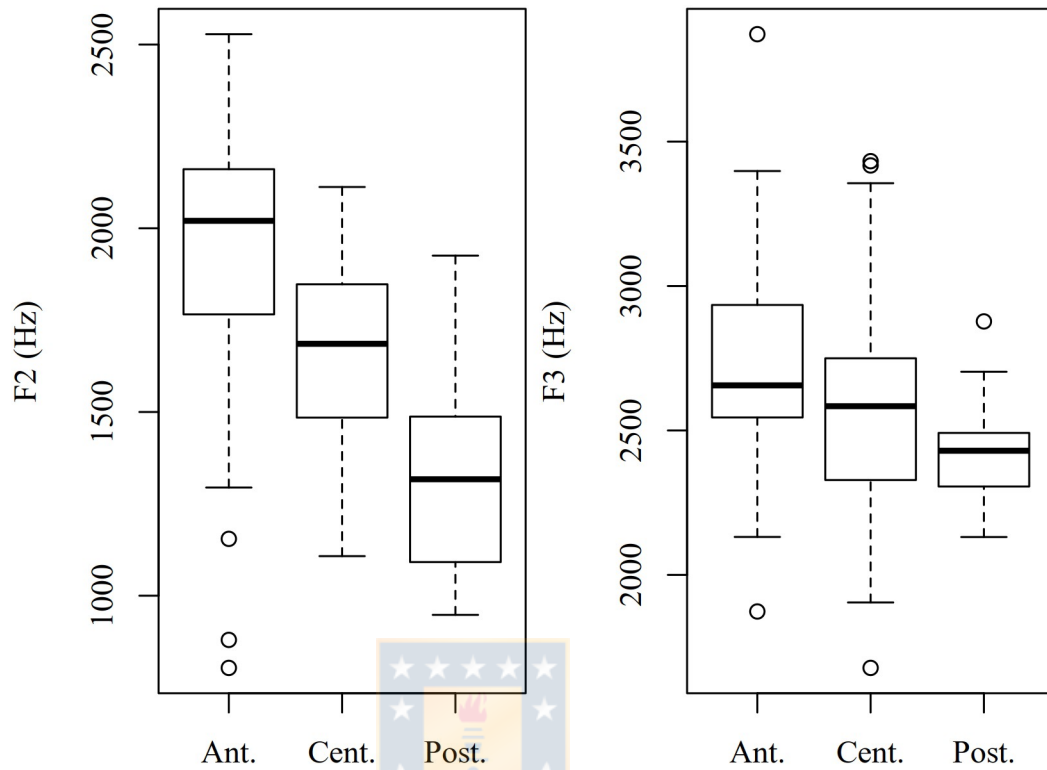
La prueba MANOVA también arrojó una interacción estadísticamente significativa entre las variables *sexo* y *consonante* en las variables dependientes *F2 previo* y *F3 previo*. Los análisis *post hoc* mostraron que los valores de *F2 previo* de las consonantes  $\widehat{tj}$  ( $\tilde{x} = 1.888,12$ ) y  $\widehat{ts}$  ( $\tilde{x} = 1.847,93$ ) producidas por mujeres no presentan diferencias estadísticamente

significativas ( $W = 1.235$ ,  $p = 0,791$ ,  $r = 0,027$ ); en cambio, las diferencias entre las consonantes  $/tʃ/$  ( $\tilde{x} = 1.612,19$ ) y  $/tʂ/$  ( $\tilde{x} = 1.383,26$ ) producidas por hombres sí resultaron ser estadísticamente significativas ( $W = 3.079$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,454$ ). En cuanto a *F3 previo*,  $/tʃ/$  ( $\tilde{x} = 2.795,07$ ) y  $/tʂ/$  ( $\tilde{x} = 2.753,57$ ) producidas por mujeres no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 1.202$ ,  $p = 0,975$ ,  $r = 0,004$ ), mientras que las diferencias de  $/tʃ/$  ( $\tilde{x} = 2530,81$ ) y  $/tʂ/$  ( $\tilde{x} = 2.378,66$ ) sí alcanzaron significatividad estadística ( $W = 2.576$ ,  $p < 0,01$ ,  $r = 0,244$ ). Los datos de esta interacción se presentan en la Figura 27.

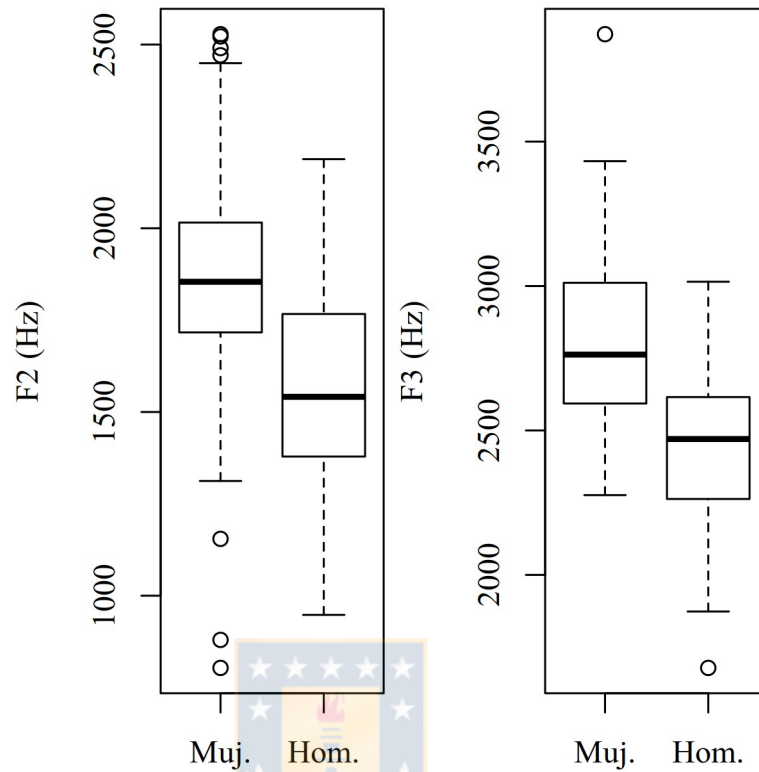




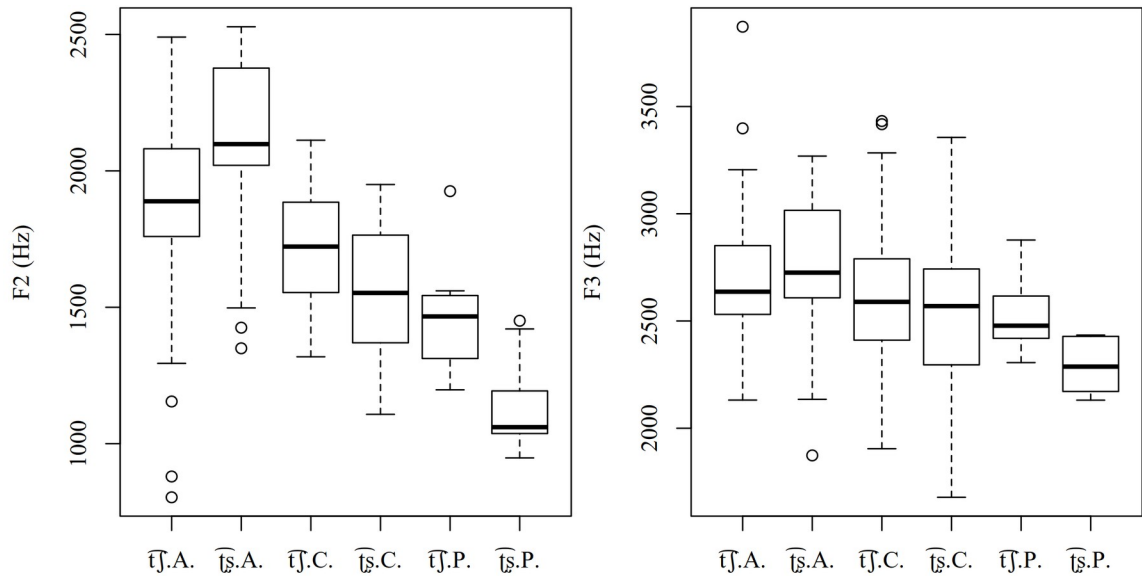
**Figura 23.** Panel izquierdo: gráficos de caja para los valores de  $F2$  previo en las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʂ/$ . Panel derecho: gráficos de caja para los valores de  $F3$  previo en las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʂ/$ .



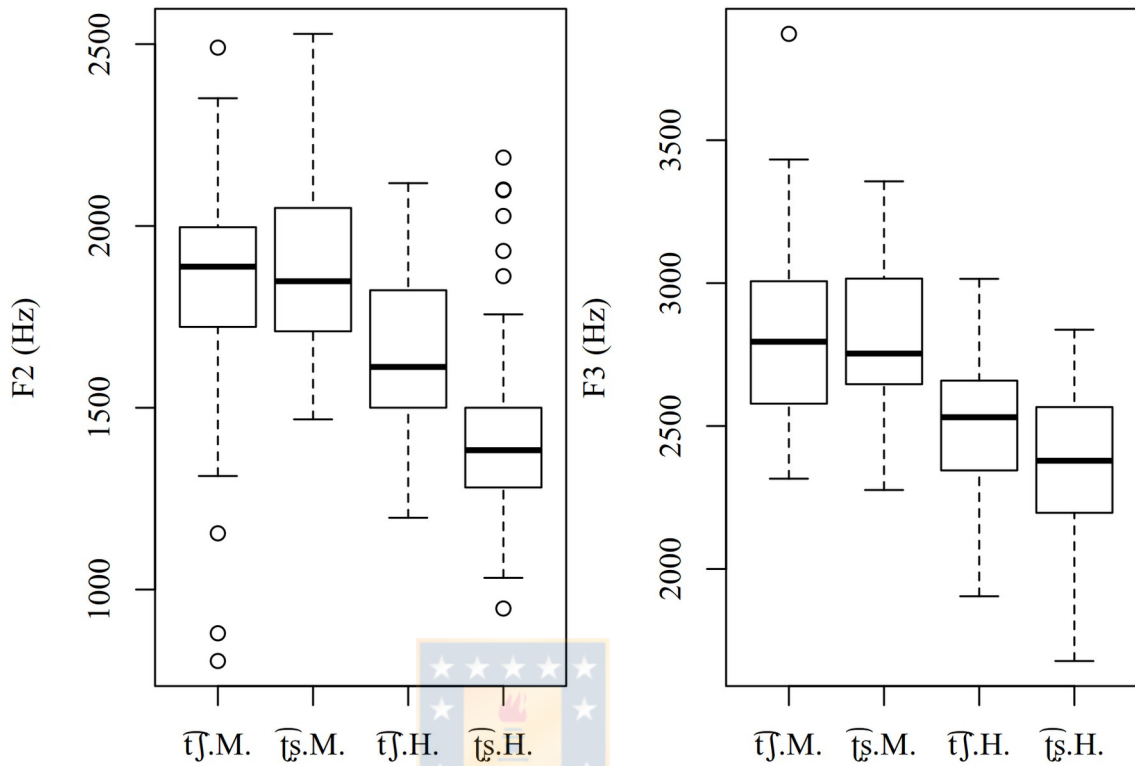
**Figura 24.** Panel izquierdo: gráfico de cajas para los valores de *F2 previo* de las vocales anteriores, centrales y posteriores (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior). Panel derecho: gráfico de cajas para los valores de *F3 previo* de las vocales anteriores, centrales y posteriores (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior).



**Figura 25.** Panel izquierdo: gráficos de cajas para las distribuciones de  $F2$  previo para mujeres y hombres (“Muj.” = mujeres, “Hom.” = hombres). Panel derecho: gráficos de caja para las distribuciones de  $F3$  previo de hombres y mujeres (“Muj.” = mujeres, “Hom.” = hombres).



**Figura 26.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con las distribuciones de  $F2$  previo para las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʃ/$  separadas por tipo de vocal (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior) en contexto VC. Panel derecho: gráfico de cajas con las distribuciones de  $F3$  previo para las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʃ/$  separadas por tipo de vocal (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior) en contexto VC.



**Figura 27.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con las distribuciones de  $F2$  previo para las consonantes /tʃ/ y /tʃ/ separadas por *sexo* (“M” = mujer, “H” = hombre). Panel derecho: gráfico de cajas con las distribuciones de  $F3$  previo para las consonantes /tʃ/ y /tʃ/ separadas por *sexo* (“M” = mujer, “H” = hombre).



#### 4.7.2. Resultados de la prueba MANOVA para vocales siguientes a /tʃ/ y /tʃ/

Al igual que en la MANOVA previamente reportada, fue necesario determinar si los datos presentaban normalidad multivariada y si la covarianza era homogénea. La prueba de Shapiro-Wilk arrojó resultados estadísticamente significativos,  $W = 0,959$ ,  $p < 0,001$ ; por lo tanto, puede concluirse que los datos no presentaban normalidad multivariada. En el caso de la covarianza, la prueba de M de Box también mostró resultados estadísticamente significativos ( $M(3) = 18,457$ ,  $p < 0,001$ ), lo que permite suponer que la covarianza no era homogénea. Dado que no se cumplieron algunas asunciones de la prueba MANOVA, se la complementará mediante una MANOVA “robusta”.

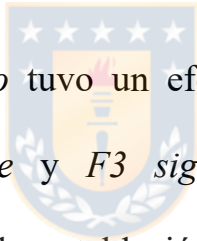
Para evaluar el efecto de las variables independientes *consonante*, *vocal siguiente* y *sexo* en las variables dependientes *F2 siguiente* y *F3 siguiente* se aplicó una prueba MANOVA, la que mostró un efecto estadísticamente significativo de las variables *consonante*,  $V = 0,31$ ,  $F(2, 446) = 100$ ,  $p <$

0,001; *vocal siguiente*  $V = 0,631$ ,  $F(4, 894) = 103$ ,  $p < 0,001$ , y *sexo*  $V = 0,446$ ,  $F(2, 446) = 180$ ,  $p < 0,001$ . Además, mostró una interacción estadísticamente significativa entre las variables *consonante* y *vocal siguiente*  $V = 0,07$ ,  $F(4, 894) = 8$ ,  $p < 0,001$ ; entre *consonante* y *sexo*  $V = 0,014$ ,  $F(2, 446) = 3$ ,  $p < 0,05$ ; y, entre *vocal siguiente* y *sexo*  $V = 0,041$ ,  $F(4, 894) = 5$ ,  $p < 0,001$ . La aplicación de la MANOVA “robusta” confirmó el efecto principal de la variable *consonante*  $H(2) = 41,576$ ,  $p < 0,001$ .

El análisis *post hoc* realizado para evaluar el efecto de la variable *consonante* en los valores de la variable *F2 siguiente* mostró que para  $\widehat{t\int}$  ( $\tilde{x} = 1.789,97$ ) y  $\widehat{t\int}$  ( $\tilde{x} = 1.521,24$ ) existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 36.807$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,350$ ). En el caso de *F3 siguiente*, las consonantes  $\widehat{t\int}$  ( $\tilde{x} = 2.611,27$ ) y  $\widehat{t\int}$  ( $\tilde{x} = 2.542,26$ ) también presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 31.268$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,168$ ). En ambos casos, las consonantes retroflejas tuvieron medianas en frecuencias más bajas que las alveopalatales. La Figura 28 contiene los gráficos que sustentan este análisis.

Para profundizar en los detalles del efecto estadísticamente significativo de la variable *vocal siguiente* en *F2 siguiente* y en *F3 siguiente*, se utilizaron dos pruebas de Kruskal-Wallis. La primera reveló que existen diferencias estadísticamente significativas de *vocal siguiente* en los valores de *F2 siguiente*  $H(2) = 241,14, p < 0,001, \eta^2 = 0,524$ . Los análisis *post hoc* (con corrección de Bonferroni) determinaron que entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.000,11$ ) y centrales ( $\tilde{x} = 1.654,33$ ) existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 26.095, p < 0,001, r = 0,57$ ). En cuanto a las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.000,11$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 1.289,54$ ) se detectaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 10.874, p < 0,001, r = 0,831$ ), y entre las vocales centrales ( $\tilde{x} = 1.654,33$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 1.289,54$ ) las diferencias también fueron estadísticamente significativas ( $W = 19.200, p < 0,001, r = 0,59$ ). La segunda prueba de Kruskal-Wallis determinó que existe un efecto estadísticamente significativo de la variable *vocal siguiente* en los valores de *F3 siguiente*  $H(2) = 43,267, p < 0,001, \eta^2 = 0,091$ . Las pruebas de Wilcoxon arrojaron que entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.692,78$ ) y centrales ( $\tilde{x} = 2.563,59$ ) existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 20.194, p < 0,001, r = 0,256$ ), y que

entre las vocales anteriores ( $\tilde{x} = 2.692,78$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 2.475,52$ ) también existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 8.264, p < 0,001, r = 0,428$ ). Finalmente, la diferencia entre vocales centrales ( $\tilde{x} = 2.563,59$ ) y posteriores ( $\tilde{x} = 2.475,52$ ) también fue estadísticamente significativa ( $W = 12.949, p < 0,05, r = 0,15$ ). El orden decreciente de la mediana de las vocales es: anterior  $>$  central  $>$  posterior, lo que es válido tanto para *F2 siguiente* como para *F3 siguiente* (véase la Figura 29).



Dado que la variable *sexo* tuvo un efecto significativo en las variables dependientes *F2 siguiente* y *F3 siguiente* se realizaron pruebas de Wilcoxon. La primera prueba estableció que entre mujeres ( $\tilde{x} = 1.795,45$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 1.545,6$ ) existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de *F2 siguiente* ( $W = 35.548, p < 0,001, r = 0,312$ ). En el caso de *F3 siguiente*, mujeres ( $\tilde{x} = 2.718,75$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 2.491,44$ ) también presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 40.474, p < 0,001, r = 0,475$ ). La prueba MANOVA también arrojó una interacción estadísticamente significativa entre las variables *sexo* y *consonante* en los valores de *F2 siguiente* y *F3 siguiente*. Los análisis *post hoc* mostraron que

en el caso de *F2 siguiente* las consonantes  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.878,04$ ) y  $\widehat{/tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 1.680,42$ ) producidas por mujeres presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 7.886$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,411$ ) al igual que  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.674,56$ ) y  $\widehat{/tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 1.394,04$ ) producidas por hombres ( $W = 11.357$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,382$ ). En el caso de *F3 siguiente*, las diferencias entre  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 2.758,17$ ) y  $\widehat{/tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 2.625,4$ ) producidas por mujeres resultaron ser estadísticamente significativas ( $W = 6.989$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,266$ ), al igual que  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 2.505,02$ ) y  $\widehat{/tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 2.469,2$ ) producidas por hombres ( $W = 9.283$ ,  $p < 0,05$ ,  $r = 0,155$ ). En la Figura 30, se presentan los valores de cada formante separados por la variable *sexo*, mientras que en la Figura 31 se muestran los datos para la interacción entre *sexo* y *consonante*.

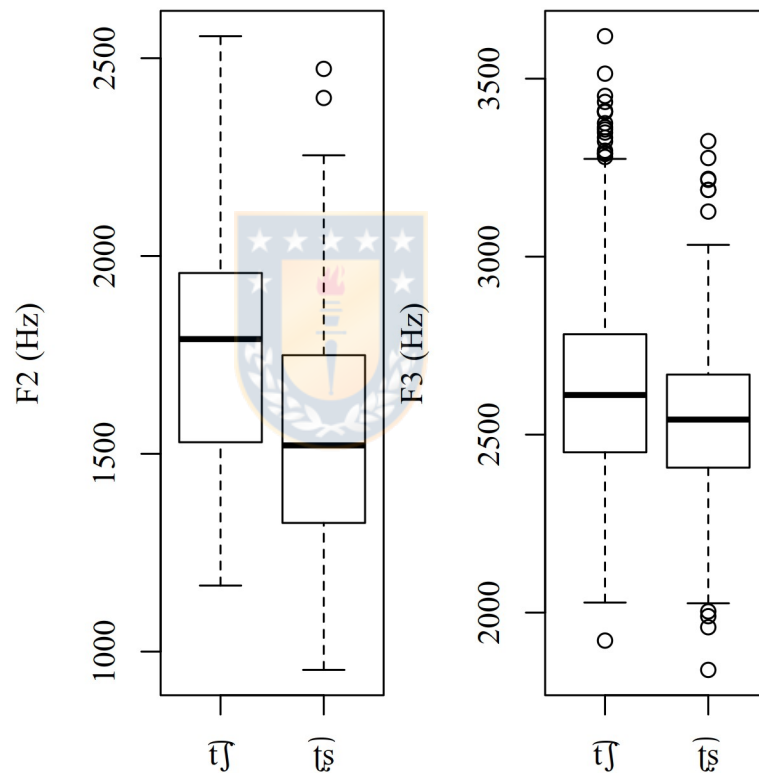
La otra interacción que resultó estadísticamente significativa fue entre las variables *sexo* y *vocal siguiente* en las variables dependientes *F2 siguiente* y *F3 siguiente*. Los análisis *post hoc* mostraron que cuando las vocales fueron anteriores las diferencias entre los valores de *F2 siguiente* de mujeres ( $\tilde{x} = 2.175,42$ ) y de hombres ( $\tilde{x} = 1873,32$ ) fueron estadísticamente significativas ( $W = 2.885$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,445$ ). Cuando ocurrieron vocales centrales, las

diferencias entre los valores de *F2 siguiente* de mujeres ( $\tilde{x} = 1.803,37$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 1.487,63$ ) también resultaron ser estadísticamente significativas ( $W = 13.399, p < 0,001, r = 0,682$ ), y, al igual que en los casos previos, las diferencias entre mujeres ( $\tilde{x} = 1.397,29$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 1.125,51$ ) cuando ocurrieron vocales posteriores también fueron estadísticamente significativas ( $W = 1.648, p < 0,001, r = 0,615$ ). En el caso de *F3 siguiente*, los valores de este formante entre mujeres ( $\tilde{x} = 2.954,77$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 2.584,66$ ) presentaron diferencias estadísticamente significativas con vocales anteriores ( $W = 3.341, p < 0,001, r = 0,661$ ), lo mismo ocurrió entre mujeres ( $\tilde{x} = 2.691,88$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 2.481,71$ ) cuando las vocales fueron centrales ( $W = 11.775, p < 0,001, r = 0,495$ ), y entre mujeres ( $\tilde{x} = 2.565,46$ ) y hombres ( $\tilde{x} = 2.394,19$ ) cuando las vocales fueron posteriores ( $W = 1.575, p < 0,001, r = 0,549$ ). En todos los casos, los valores de la mediana de las mujeres fueron más altos que los de la mediana de los hombres (véase la Figura 32).

En cuanto a la interacción estadísticamente significativa entre *consonante* y *vocal siguiente* para los datos de *F2 siguiente*, los análisis *post hoc*

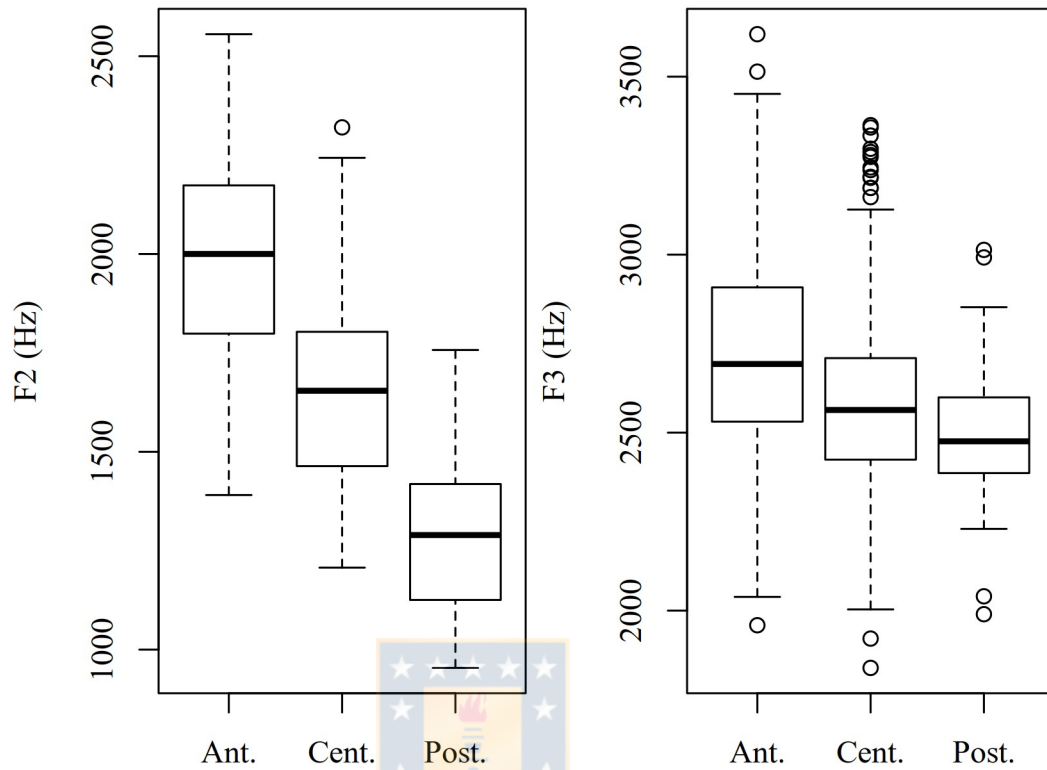
mostraron que cuando ocurrieron vocales anteriores después de  $\widehat{tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.967,35$ ) y  $\widehat{tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 2.004,37$ ) estas categorías no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 1.667$ ,  $p = 0,942$ ,  $r = 0,006$ ), que cuando después de las consonantes  $\widehat{tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.728,43$ ) y  $\widehat{tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 1.566,68$ ) ocurrieron vocales centrales sí presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 10.259$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,316$ ) y que cuando  $\widehat{tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.405,19$ ) y  $\widehat{tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 1.221,65$ ) fueron seguidas por vocales posteriores también presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 1.207$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = 0,391$ ). En el caso de la interacción estadísticamente significativa entre las variables *consonante* y *vocal siguiente* en *F3 siguiente*, cuando las consonantes  $\widehat{tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 2.721,31$ ) y  $\widehat{tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 2.592,39$ ) fueron seguidas por vocales anteriores presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 2.213$ ,  $p < 0,01$ ,  $r = 0,269$ ), sin embargo, cuando ocurrieron vocales centrales después de  $\widehat{tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 2.573,56$ ) y  $\widehat{tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 2.551,56$ ) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $W = 7.773$ ,  $p = 0,629$ ,  $r = 0,031$ ), lo que se repitió cuando  $\widehat{tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 2.486,72$ ) y  $\widehat{tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 2.472,46$ ) fueron seguidas por vocales posteriores ( $W = 892$ ,  $p = 0,434$ ,  $r = 0,084$ ). Como puede apreciarse, ambos formantes

en contexto CV siempre presentaron valores mayores cuando las vocales en las que se midieron se encontraban precedidas por una consonante alveopalatal. La Figura 33 contiene los datos que sustentan estos análisis estadísticos.

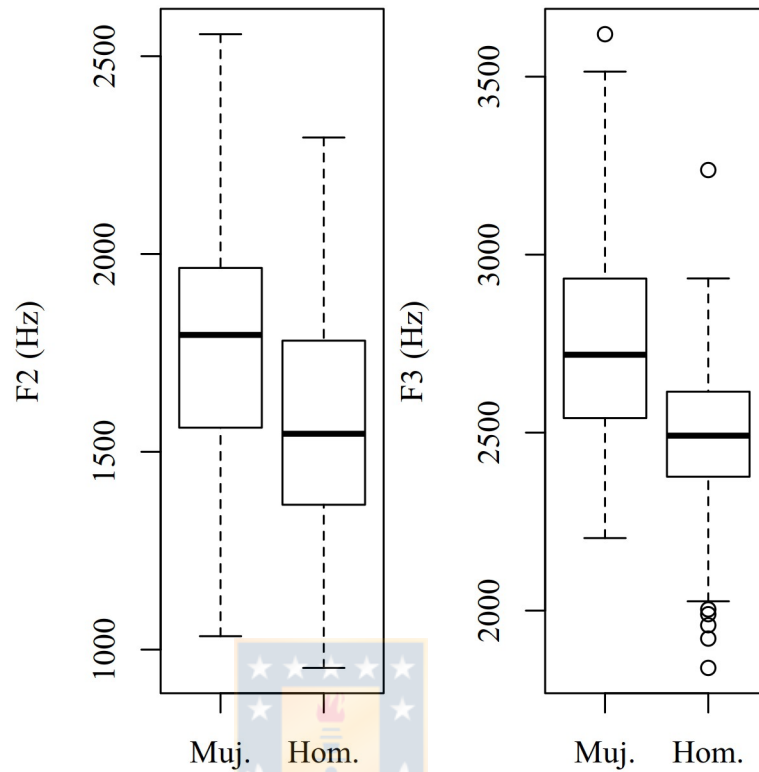


**Figura 28.** Panel izquierdo: gráficos de cajas para las distribuciones de  $F2$  siguiente de las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʂ/$  en contexto CV. Panel derecho: gráficos de cajas para las distribuciones de  $F3$  siguiente en las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʂ/$  en contexto CV.

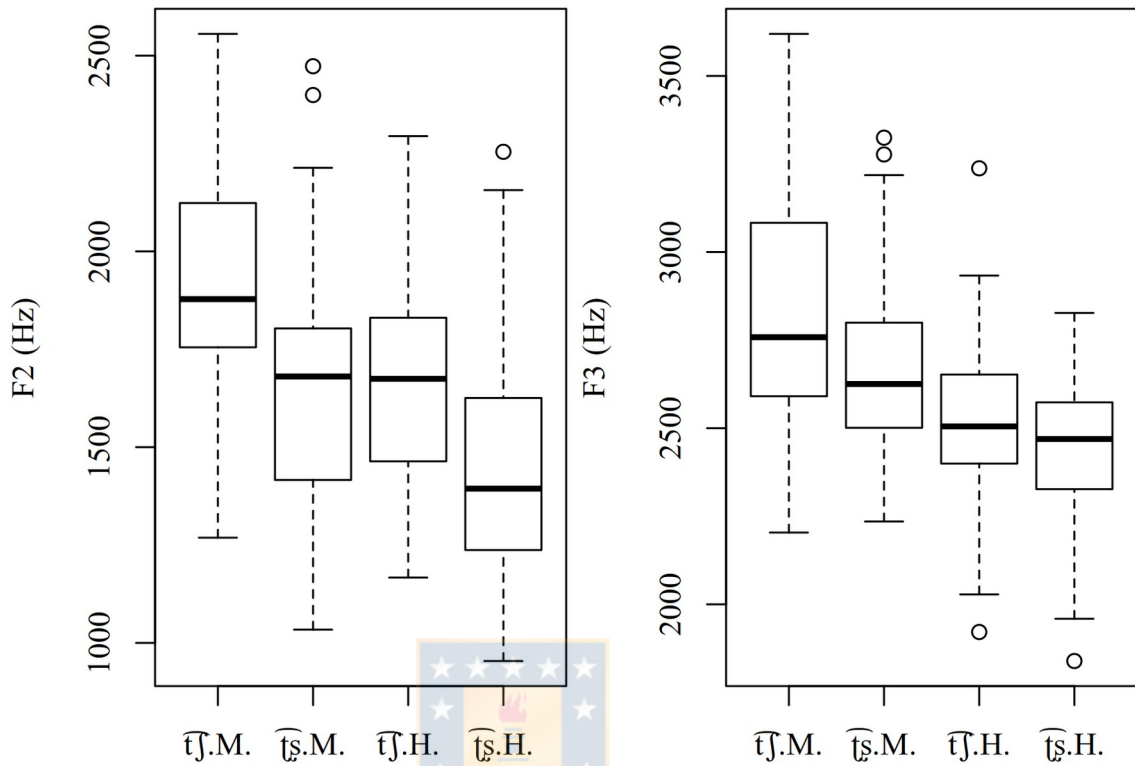




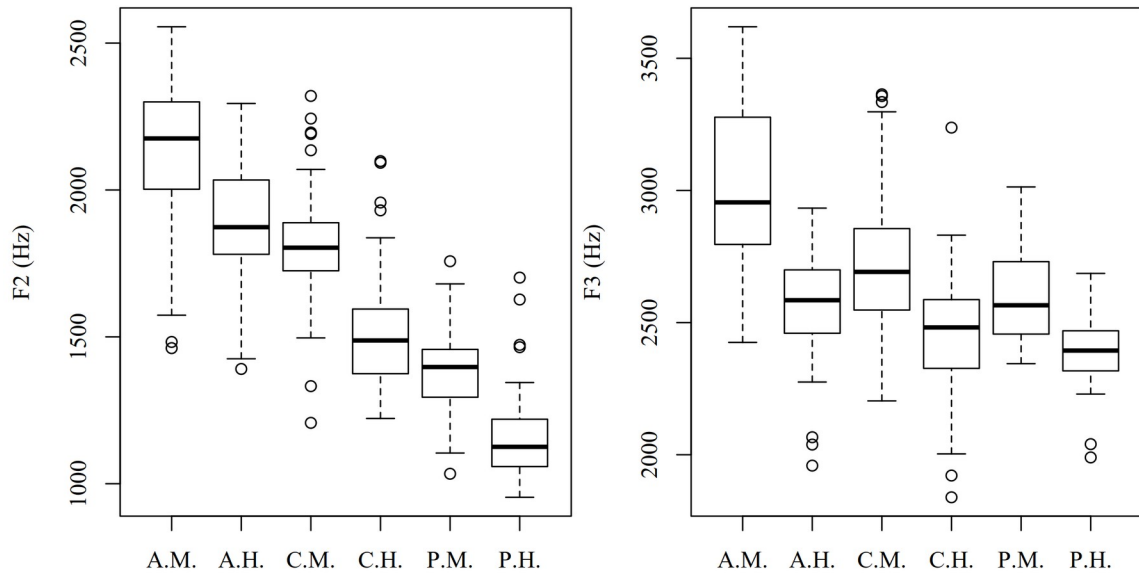
**Figura 29.** Panel izquierdo: gráficos de cajas para las distribuciones de *F2 siguiente* separados por la variable *vocal siguiente* (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior). Panel derecho: gráficos de cajas para las distribuciones de *F3 siguiente* separados por la variable *vocal siguiente* (“Ant.” = anterior, “Cent.” = central, “Post.” = posterior).



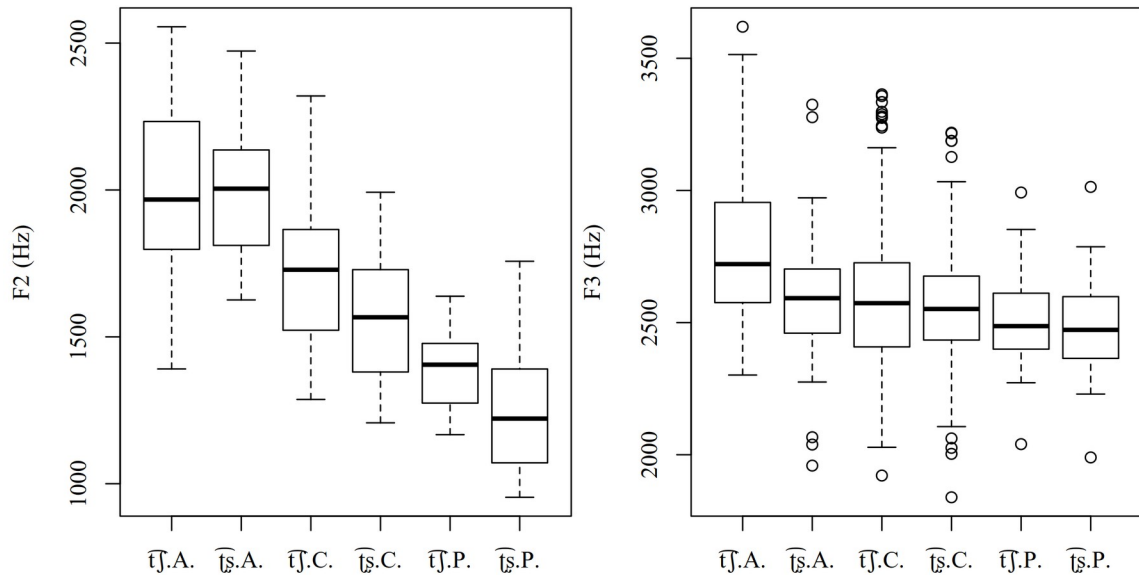
**Figura 30.** Panel izquierdo: gráficos de caja para las distribuciones de *F2 siguiente* para los datos de hombres y mujeres por separado (“Muj.” = mujer, “Hom.” = hombre). Panel derecho: gráficos de caja para las distribuciones de *F3 siguiente* para los datos de hombres y mujeres por separado (“Muj.” = mujeres, “Hom.” = hombres).



**Figura 31.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con las distribuciones de  $F2$  siguiente para las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʃ/$  separadas por *sexo* (“M” = mujer, “H” = hombre). Panel derecho: gráfico de cajas con las distribuciones de  $F3$  siguiente para las consonantes  $/tʃ/$  y  $/tʃ/$  separadas por *sexo* (“M” = mujer, “H” = hombre).



**Figura 32.** Panel izquierdo: gráficos de caja para la interacción entre las variables *sexo* y *vocal siguiente* en los valores de *F2 siguiente* (“A.M.” = anterior mujer, “A.H.” = anterior hombre, “C.M.” = central mujer, “C.H.” = central hombre, “P.M.” = posterior mujer, “P.H.” = posterior hombre). Panel derecho: gráficos de caja para la interacción entre las variables *sexo* y *vocal siguiente* en los valores de *F3 siguiente* (“A.M.” = anterior mujer, “A.H.” = anterior hombre, “C.M.” = central mujer, “C.H.” = central hombre, “P.M.” = posterior mujer, “P.H.” = posterior hombre).

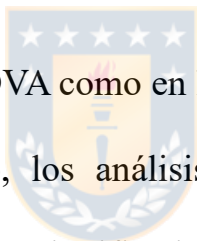


**Figura 33.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de  $F2$  siguiente para las consonantes  $/tʃ̃/$  y  $/tʃ̃̃/$  separados por tipo de vocal (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior) en contexto CV. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de  $F3$  siguiente para las consonantes  $/tʃ̃/$  y  $/tʃ̃̃/$  separados por tipo de vocal en contexto CV (“A” = anterior, “C” = central y “P” = posterior).

#### 4.7.3. Síntesis de principales resultados

El primer análisis de tipo MANOVA tuvo como propósito determinar si los valores de F2 y F3 de las vocales localizadas antes de las consonantes  $/tʃ̃̃/$  y  $/tʃ̃/$  permitían distinguirlas, además de evaluar el efecto de otras variables de importancia (*sexo y vocal anterior*). Mientras la MANOVA mostró un

efecto estadísticamente significativo de la variable *consonante*, la MANOVA “robusta” no confirmó este resultado. Sin embargo, análisis de tipo *post hoc* mostraron que estos resultados se deben, posiblemente, a que existió un efecto de *F2 previo*, pero no de *F3 previo*. En el caso de la prueba MANOVA para los datos de F2 y F3 siguientes, los resultados también fueron estadísticamente significativos para la variable *consonante* (también lo fueron para la MANOVA “robusta”).



Tanto en la primera MANOVA como en la segunda, la variable *sexo* tuvo un efecto significativo; luego, los análisis *post hoc* indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres para ambos formantes cuando se encuentran antes de las consonantes  $/\widehat{t_s}/$  y  $/\widehat{t_j}/$  (VC), y después de ellas (CV), en ambos casos los valores de los formantes vocálicos siempre fueron más altos en las mujeres que en los hombres. En relación con esta variable, en ambas pruebas hubo una interacción estadísticamente significativa entre *sexo* y *consonante*. Las pruebas de Wilcoxon mostraron que las consonantes alveopalatales y retroflejas presentan diferencias estadísticamente significativas cuando son producidas

por hombres y por mujeres en F2 y F3 en contexto CV (segunda MANOVA), pero en contexto VC (primera MANOVA) solamente las producciones de retroflejas y alveopalatales de los hombres presentaron diferencias estadísticamente significativas en F2 y F3, mientras que las diferencias de las consonantes de las mujeres no fueron estadísticamente significativas para ambos formantes. En la segunda MANOVA, hubo una interacción estadísticamente significativa entre *sexo* y *vocal siguiente* en los valores de *F2 siguiente* y *F3 siguiente*. Las pruebas de Wilcoxon revelaron que las diferencias entre mujeres y hombres fueron estadísticamente significativas en todos los contextos vocálicos de ambos formantes y que las mujeres siempre presentaron valores de mediana en frecuencias más altas que los hombres.

En cuanto a la variable *vocal previa*, tuvo efectos estadísticamente significativos en *F2 previo* y *F3 previo* (MANOVA 1), y la variable *vocal siguiente* también tuvo efectos estadísticamente significativos en *F2 siguiente* y *F3 siguiente* (MANOVA 2). Los análisis *post hoc* demostraron que las vocales anteriores, centrales y posteriores presentaron diferencias

estadísticamente significativas en los valores de F2 y F3 en ambos contextos, VC y CV. En todos los casos, las vocales anteriores presentaron valores más altos de F2 y F3.

## 4.8. DISCUSIÓN

### 4.8.1. F2 en contexto vocal consonante (VC) y consonante vocal (CV)

En este apartado se discutirán los resultados del efecto de las variables independientes *vocal previa* y *vocal siguiente* en las variables dependientes *F2 previo* (VC) y *F2 siguiente* (CV), respectivamente. Los análisis *post hoc* de la primera MANOVA, que incorporó como variable dependiente al F2 en la vocal previa a la consonante, indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de F2 antes de las consonantes  $\widehat{/tʃ/}$  y  $\widehat{/tʃs/}$ . Específicamente, la mediana de la consonante retrofleja presentó valores más bajos de F2 ( $\tilde{x} = 1.655,03$ ) que la mediana de la consonante alveopalatal ( $\tilde{x} = 1.759,76$ ). Lo mismo ocurrió en F2 en contexto CV, ya que la mediana de  $\widehat{/tʃ/}$  ( $\tilde{x} = 1.789,97$ ) fue mayor que la de  $\widehat{/tʃs/}$  ( $\tilde{x} = 1.521,24$ ).



Estos resultados concuerdan con Dart y Nihalani (1999), quienes determinaron que en general las consonantes retroflejas, en su estudio de oclusivas y nasales, presentan valores más bajos de F2 que las no retroflejas en la lengua malabar. Sin embargo, Stevens y Blumstein (1975) afirman que F2 presenta valores similares para retroflejas y no retroflejas, ya que la variación de este formante se genera por la posición de la lengua después de la constricción, la cual depende mayoritariamente del contexto vocálico. Por esta razón, también se decidió incluir en este estudio el contexto vocálico en los valores de F2 antes y después de las consonantes. Los análisis *post hoc* revelaron que en todos los contextos vocálicos existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes en contexto VC. Los valores de la mediana de F2 de las vocales anteriores antes de la consonante retrofleja  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  ( $\tilde{x} = 2.098,03$ ) son más altos que en  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  ( $\tilde{x} = 1.888,51$ ), pero cuando las vocales son centrales,  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  ( $\tilde{x} = 1.552,63$ ) presenta valores más bajos que  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  ( $\tilde{x} = 1.722,44$ ), al igual que con vocales posteriores ( $\widehat{f}_{[ʃ]}$  = 1.060,62;  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  = 1.466,44). En el caso del contexto CV, las diferencias entre  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  y  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  son estadísticamente significativas cuando la vocal siguiente es central ( $\widehat{f}_{[ʃ]}$  = 1.728,43;  $\widehat{f}_{[ʃ]}$  = 1.566,68) y posterior ( $\widehat{f}_{[ʃ]}$  =

1.405,19;  $\widehat{f_{ts}}$  = 1.221,65), pero no cuando es anterior ( $\widehat{f_{tj}}$  = 1.967,35 y  $\widehat{f_{ts}}$  = 2.004,37). Estos resultados sugieren que a medida que el contexto vocálico es más posterior los valores de F2 disminuyen para ambas consonantes, lo que no es inesperado, dado que mientras más posterior es una vocal, más bajos son sus valores de F2 (Reetz y Jongman, 2011). El hecho de que las consonantes retroflejas presenten valores más bajos de F2, entonces, puede estar relacionado con la posición y forma del articulador activo, ya que  $\widehat{f_{ts}}$  es producida con el ápice de lengua, a diferencia de  $\widehat{f_{tj}}$  que es laminal. De acuerdo con Hamilton (1996), en las lenguas aborígenes australianas las consonantes apicales tienen valores de F2 a más bajas frecuencias que las consonantes laminales. En los datos del presente estudio, el único contexto vocálico en el que los valores de F2 son más altos en la retrofleja  $\widehat{f_{ts}}$  que en la alveopalatal  $\widehat{f_{tj}}$  es cuando ambas consonantes están precedidas por una vocal anterior o siguen a una vocal anterior.

#### 4.8.2. F3 en contexto vocal consonante (VC) y consonante vocal (CV)

En el caso de *F3 previo*, la mediana de las consonantes retroflejas ( $\tilde{x} = 2.576,56$ ) presentó valores más bajos que los de la consonante alveopalatal  $\widehat{tʃ}$  ( $\tilde{x} = 2.595,73$ ). Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En el caso de *F3 siguiente*, los valores después de la consonante  $\widehat{tʃ}$  ( $\tilde{x} = 2.611,27$ ) fueron más altos que los de  $\widehat{tʃ}$  ( $\tilde{x} = 2.542,26$ ) y las diferencias sí fueron estadísticamente significativas. Estos resultados son opuestos a los de Bundgaard-Nielsen *et al.* (2015), quienes determinaron que en la lengua wubuy F3 permite distinguir entre consonantes retroflejas, dentales y alveolares cuando la vocal se encuentra antes de la consonante, pero después de la consonante las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En cuanto a la interacción de las vocales con las consonantes, en contexto VC, F3 solamente pudo distinguir entre  $\widehat{tʃ}$  ( $\tilde{x} = 2.477,96$ ) y  $\widehat{tʃ}$  ( $\tilde{x} = 2.287,25$ ) cuando antes ocurrieron vocales posteriores, contexto en que la consonante retrofleja presenta valores más bajos que la alveopalatal. Los

valores de F3 también son más bajos en las retroflejas cuando la vocal es central ( $\widehat{f_3} = 2.589,23$ ;  $\widehat{f_3} = 2.569,45$ ), pero cuando las vocales previas fueron anteriores, se dio el efecto inverso, esto es, valores mayores en la retrofleja ( $\tilde{x} = 2.725,48$ ) que en la alveopalatal  $\widehat{f_3}$  ( $\tilde{x} = 2.636,52$ ). En contexto CV, F3 solamente permite distinguir ambas consonantes cuando después ocurre una vocal anterior:  $\widehat{f_3}$  ( $\tilde{x} = 2.721,31$ ) y  $\widehat{f_3}$  ( $\tilde{x} = 2.592,39$ ) con valores más bajos en la retrofleja, tendencia que se mantiene ante vocales centrales ( $\widehat{f_3} = 2.573,56$ ;  $\widehat{f_3} = 2.551,56$ ) y posteriores ( $\widehat{f_3} = 2.486,72$ ;  $\widehat{f_3} = 2.472,46$ ), pero sin significancia estadística en los últimos dos casos. En el estudio de Hussain *et al.* (2017) en la lengua punjabi, las trayectorias de F3 antes de la consonante permitieron distinguir entre oclusivas dentales y retroflejas en todos los contextos vocálicos, excepto cuando la vocal fue /i/. En la lengua toda, fue posible distinguir la fricativa retrofleja /ʃ/ de las otras fricativas sibilantes (/ʒ/, /s/, /ʒ/), a partir de la transición de F3 en contexto VC cuando la vocal era /ɔ/ (Gordon *et al.*, 2002). En cambio, en los datos del presente estudio, F3 solamente distingue ambas consonantes cuando la vocal previa es posterior y cuando la vocal siguiente es anterior. Dado que una de las características articulatorias de las

consonantes retroflejas es la posterioridad, es posible que la distinción estadísticamente significativa entre  $/tʃ/$  y  $/tʃ̠/$  cuando la vocal previa es posterior se deba a que, precisamente, las vocales posteriores influyen en que la consonante retrofleja sea más posterior y, por lo mismo, existirá mayor distancia articulatoria entre  $/tʃ̠/$  y  $/tʃ/$ , ya que este contexto vocálico acentúa la retroflexión de  $/tʃ̠/$ . En el caso de las diferencias estadísticamente significativas entre  $/tʃ/$  y  $/tʃ̠/$  cuando después ocurre una vocal anterior, puede estar relacionada con que la consonante alveopalatal recibe más influencia de la vocal anterior que la consonante retrofleja, por lo que la transición hacia la vocal siguiente es más anterior en  $/tʃ/$  que en el caso de  $/tʃ̠/$ , pues una de las características articulatorias de las consonantes retroflejas es la retracción del dorso de la lengua, entonces, la articulación de las vocales anteriores es “incompatible” con la retroflexión (Hamann 2003; Tabain *et al.*, 2020).

### 4.8.3. Efecto de la variable sexo en las mediciones de F2 y F3

La variable sexo siempre tuvo un efecto estadísticamente significativo en los valores de F2 y F3 y siempre existieron diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres. Tanto en F3 como en F2, las mujeres presentaron valores más altos que los hombres. Dado que los datos no fueron normalizados, debido al imbalance en el número de vocales por categoría vocálica, no puede descartarse que estas diferencias se deban a características anatómicas de mujeres y hombres (Adank *et al.*, 2004). Sin embargo, en el caso de F2 y F3, en contexto VC, las consonantes  $\widehat{/tʃ/}$  y  $\widehat{/tʃ/}$  no presentaron diferencias estadísticamente significativas cuando fueron producidas por mujeres, pero sí cuando fueron realizadas por hombres.

## 4.9. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES ESTUDIO

### COMPARATIVO $\widehat{/tʃ/}$ y $\widehat{/tʃ/}$

En términos generales, F2 permite distinguir entre  $\widehat{/tʃ/}$  y  $\widehat{/tʃ/}$  cuando la vocal ocurre antes y después de las consonantes. En el caso de F3, solamente se

produce una distinción cuando la transición es de la consonante hacia la vocal siguiente. En todos los contextos, siempre los valores de los formantes asociados a la consonante retrofleja son más bajos que los de la alveopalatal. Considerando el tipo de vocal, el F2 de la vocal que antecede a las consonantes retroflejas y alveopalatales permite distinguir las en cualquier contexto vocálico, mientras que F2 después de la consonante, solamente distingue  $\widehat{[tʃ]}$  de  $\widehat{[tʃ]}$  antes de vocales centrales y posteriores. En el caso de F3 en contexto VC, solamente se distingue la consonante retrofleja de la alveopalatal cuando la vocal es posterior, mientras que en contexto CV, solamente se distingue la retrofleja de la no retrofleja cuando las vocales son anteriores. Por lo tanto, es posible concluir que F2 en contexto VC es el único formante que permite distinguir entre la consonante retrofleja y la alveopalatal; en otras palabras,  $\widehat{[tʃ]}$  y  $\widehat{[tʃ]}$  se diferencian fundamentalmente por el valor de F2 previo a la consonante, lo que sugiere que en mapudungun, a diferencia de lo reportado en otras lenguas, F3 no permite distinguir entre consonantes coronales retroflejas y no retroflejas.

Consideramos que las proyecciones de esta investigación son: a) realizar un estudio perceptual para determinar si, efectivamente, F2 antes de la consonante es una clave acústica que los hablantes-oyentes del mapudungun utilizan para distinguir entre ambos sonidos; y b) determinar si F2 en contexto VC permite distinguir entre la consonante aproximante retrofleja sonora /ɻ/ y la consonante aproximante palatal sonora /j/ en mapudungun, con la finalidad de confirmar si, efectivamente, F2 es el parámetro que distingue a las consonantes retroflejas de las no retroflejas en esta lengua.





## **5. ESTUDIO 4: EL CONTRASTE INTERDENTAL-ALVEOLAR EN EL MAPUDUNGUN HABLADO EN ALTO BIOBÍO**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

Esta introducción tiene como primer propósito indicar de manera resumida lo que se ha dicho con respecto al contraste interdental-alveolar en los estudios del mapudungun hablado en distintas localidades. Dado que en las investigaciones de Fasola *et al.* (2015) y Figueroa *et al.* (2019) se han empleado las *locus equations* para analizar el contraste interdental-alveolar en mapudungun, en la segunda sección de esta introducción, se entregará más información con respecto a esta medición y a los estudios que se han realizado en otras lenguas. Por último, en la sección 5.1.3. se explicará el objetivo de este estudio y la manera en la cual se llevará a cabo.

### 5.1.1. Contraste interdental-alveolar en mapudungun

En el mapuche central, Echeverría (1964), Salas (1976) y Lagos (1981) determinan que tanto los sonidos interdentesales [t̪, n̪, l̪] como los alveolares [t, n, l] son fonemas en esta lengua. Con respecto al huilliche, Álvarez-Santullano (1986) asigna estatus fonémico a los fonos alveolares [t], [n], [l] y a un fono que describe como lateral postdental, y que transcribe como “[l̪]” en la localidad de San Juan de la Costa; por lo tanto, en este dialecto del mapudungun solamente se reportó un contraste entre las consonantes laterales. También en la zona huilliche, Álvarez-Santullano *et al.* (2016) elicitan una lista léxica de un hablante para cada una de las siguientes comunidades: Lanco, Panguipulli, Maihue, Rupumeica (Región de los Ríos) y Aleucapi (Región de los Lagos). A partir del análisis realizado, reportan que en Lanco la consonante oclusiva interdental presenta un 82% de las ocurrencias, la lateral interdental un 11%, mientras que la nasal interdental fue totalmente reemplazada por la nasal alveolar. En Panguipulli, el hablante de este sector produjo un 31% de realizaciones oclusivas interdentesales, un 15% de laterales interdentesales y un 14% de nasales

interdentales. En Maihue, el 33% de las realizaciones fueron oclusivas interdentales; el 7%, de laterales interdentales; y el 6%, de nasales interdentales. En Rupumeica, las consonantes interdentales [t̪] y [n̪] fueron totalmente reemplazadas por las alveolares, mientras que [l̪] solamente fue producida una vez (7%). En Aleucapi, el 43% de las realizaciones fueron oclusivas interdentales y un 6%, nasales interdentales; mientras que la consonante lateral interdental no fue elicitada. Como se puede observar, excepto por la oclusiva interdental de Lanco, todos los hablantes realizan una mayor cantidad de consonantes alveolares, cuando era expectable que ocurrieran las consonantes interdentales; e, incluso, en muchas de las comunidades no se elicitaron estos segmentos. Por otra parte, existe variación en cuanto a qué segmentos interdentales se mantienen en cada hablante; pero lo que sí es evidente es que las consonantes interdentales en huilliche, cuando ocurren, son alófonos de las consonantes alveolares.

En territorio pehuenche, en Alto Biobío, específicamente, en la comunidad de Cauñicu, Sánchez Cabezas (1989) detecta la ausencia de los fonemas interdentales /t̪, n̪, l̪/, en lo que concuerda con los reportes de Croese (1980)

y Smeets (1989), realizados en otras zonas dialectales. También en Alto Biobío, pero en la comunidad de Malla Malla, Salamanca (1997), a diferencia de Sánchez Cabezas (1989), sí asigna estatus fonémico a las interdentalas. En las zonas cordilleranas de Lonquimay (Sánchez Pérez y Salamanca, 2015) y Curarrehue (Pérez y Salamanca, 2017), se reporta que los sonidos interdentalas son fonemas diferentes, al igual que los sonidos alveolares. En territorio lafkenche, en la comuna de Tirúa, los autores Salamanca y Quintrileo (2009) consideran que las interdentalas [t̪, n̪, l̪] son alófonos de las alveolares /t, n, l/.




En las siguientes localidades de la Región de la Araucanía, las consonantes interdentalas presentan un comportamiento diferente. En la zona de Melipeuco, los autores Salamanca *et al.* (2009) no asignan estatus fonémico a las consonantes interdentalas, ya que determinan que [n̪] y [l̪] son alófonos de sus contrapartes alveolares, mientras que [t̪] no fue producida. En Isla Huapi, los investigadores Sadowsky *et al.* (2013) asignan estatus fonémico a las consonantes interdentalas y a las alveolares. Painequeo (2014) estudia el contraste entre alveolares e interdentalas en el sector del

Lago Budi. Es importante destacar que en este estudio se utilizó una lista léxica elaborada por el propio autor para elicitación de estos segmentos y, además, a los colaboradores se les preguntó su opinión frente a cambios producidos en los sonidos en cuestión. Por ejemplo, con respecto a la palabra [n̄a.'mun̄] 'pie', se les consultaba por la misma palabra, pero con las consonantes alveolares en vez de las interdental, esto es, [na.'mun]. Así, este estudio es uno de los primeros que incorpora elementos de juicios de aceptabilidad en mapudungun. En cuanto a la vigencia de los fonemas interdental, el autor reporta que el contraste interdental-alveolar se mantiene en el sector Costa; mientras que en el sector Interior, las interdental serían alófonos de los fonemas alveolares.

Henríquez y Salamanca (2015) estudian el habla de escolares de Butalelbun y Cauñicu. En ambas comunidades de Alto Biobío, las consonantes interdental [t̄, n̄, l̄] presentan un comportamiento distinto. En Butalelbun, estos sonidos son fonemas diferentes de los alveolares, pero en Cauñicu se interpretan como alófonos de /t, n, l/. También en Alto Biobío, Henríquez (2017) realiza un estudio preliminar con hablantes escolares de las

comunidades de Callaqui, Pitril, Trapa Trapa y Butalelbun. Tanto en Butalelbun como en Trapa Trapa, la ocurrencia de los sonidos interdentes es sistemática; sin embargo, en Pitril, se constataron alternancias con los sonidos alveolares y en Callaqui las consonantes interdentes no fueron producidas. También en el habla de escolares, pero en la zona de Tirúa, los niños de Primer Agua no producen las consonantes interdentes, mientras que en Ranquihue, [ɲ] y [ʎ] son alófonos de /n/ y /l/, respectivamente, y la oclusiva interdental áfona [t̪] no es producida (Henríquez, 2016).



Salamanca *et al.* (2017) estudian el contraste interdental versus alveolar en hablantes adultos de Alto Biobío. Además del tradicional análisis distribucional, en este trabajo se incorpora la visualización de imágenes de video y palatografía, al igual que en el trabajo de Sadowsky *et al.* (2013). Además de estas incursiones articulatorias, existen otras dos publicaciones recientes que abordan el contraste interdental-alveolar del mapudungun desde una perspectiva acústica y estadística; estos trabajos corresponden al de Fasola *et al.* (2015) y al de Figueroa *et al.* (2019). En ambos casos, se

utiliza la medición de valores de F2 para las *locus equations* y serán referidos en la próxima sección de esta introducción.

### **5.1.2. *Locus equations* y el contraste articulatorio de punto**

En términos simples, las *locus equations* modelan las transiciones formánticas propias del tránsito entre una consonante y una vocal o entre una vocal y una consonante como una relación lineal (Sussman *et al.*, 1991; Sussman *et al.*, 1993; Fowler, 1994; Graetzer *et al.*, 2015). Como fue mencionado en la sección 2.1.2., Lindblom (1963) fue el primer autor que utilizó las *locus equations* para analizar las consonantes /b/, /d/, /g/ seguidas de distintas vocales medias de un hablante de sueco. Este autor obtuvo las *locus equations* a partir de regresiones lineales realizadas sobre los valores de F2 del límite entre una consonante y la vocal que le sigue (“ $F2_{ataque}$ ”) y del medio de la misma vocal (“ $F2_{medio}$ ”), las que resultan en un modelo que presenta una fórmula del tipo:  $F2_{ataque} = k * F2_{medio} + c$ , en la cual  $k$  corresponde a la pendiente y  $c$  al intercepto; ambos valores son constantes. Uno de los hallazgos más destacados, además de que la relación entre el

$F2_{ataque}$  y  $F2_{medio}$  parece ser lineal, es que tanto la pendiente como el intercepto cambian de acuerdo con el punto de articulación. Nótese, entonces, que las *locus equations* son en el fondo regresiones lineales para los valores de F2 indicados más arriba, de los que se derivan los parámetros típicos de una regresión de este tipo.

Dos décadas después, se retoma el estudio de las *locus equations* con los trabajos de Nearey y Shammass (1987) en el inglés canadiense, y de Krull (1988, 1989) con hablantes de sueco. En los tres estudios, se da cuenta de una fuerte relación lineal entre ambos valores de F2 y de la variación de la pendiente y del intercepto, dependiendo del punto articulatorio. Nearey y Shammass (1987) atribuyen propiedades distintivas invariantes a las pendientes y a los interceptos. Por otra parte, Krull (1988) propone que mientras más bajo sea el valor de la pendiente, menos coarticulación existirá entre la consonante y la vocal que la sigue, mientras que si el valor de la pendiente es más alto, habrá mayor influencia de la vocal en la consonante previa. Bladon y Al-Bamerni (1976) reportan que las consonantes alveolares presentan mayor resistencia coarticulatoria, mientras



que las consonantes labiales y velares presentan menor resistencia coarticulatoria. Con el término “resistencia coarticulatoria”, Bladon y Al-Bamerni (1976) se refieren a la posibilidad que tiene una consonante de ser afectada por la vocal siguiente. En particular, en su estudio, son las consonantes alveolares las que son menos influenciadas por las vocales que las siguen en comparación con las consonantes labiales y velares.

En 1991, Sussman *et al.* estudian las *locus equations* de las consonantes oclusivas bilabial, alveolar y velar de 20 hablantes de inglés estadounidense. Para obtener los valores de F2 ataque y F2 medio, los autores seleccionaron el primer pulso glotal después de la explosión de la consonante (F2 ataque) y el núcleo de la vocal siguiente (F2 medio). Posteriormente, estos investigadores realizaron un análisis discriminante con los valores de F2 en ataque y F2 al medio de la vocal como variables predictoras, y otro análisis con las pendientes y los interceptos. En ambos análisis, se esperaba que las variables fueran capaces de predecir el punto de articulación de las consonantes. En el primer caso, se obtuvo un promedio de predicción de un 76%, excluyendo las consonantes velares

seguidas de vocales posteriores; mientras que para el segundo caso, se obtuvo un 100% de predictibilidad. En este estudio, al igual que en los previos, se sostiene que la pendiente y el intercepto cambian en función del punto de articulación.

Sussman *et al.* (1993) extienden el análisis de las *locus equations* al tailandés, urdú y árabe cairene para las oclusivas sonoras en inicio de sílaba. En el caso del tailandés, las consonantes son bilabiales [b] y dentales [d]; en urdú, bilabiales [b], dentales [d], dentales retroflejas [d] y velares [g]; en árabe, labiales [b], dentales [d], dentales faríngeas [d<sup>ʕ</sup>] y velares [g]. En este estudio, es interesante destacar el análisis de las consonantes que comparten el punto de articulación coronal, es decir, las consonantes dentales y dentales faríngeas del urdú y las dentales y dentales retroflejas del árabe. En los análisis *post hoc*, a pesar de existir diferencias estadísticamente significativas en los valores de los interceptos entre las consonantes coronales de ambas lenguas, las pendientes no fueron capaces de distinguirlas. Sin embargo, los autores señalan que las *locus equations* sí son un indicador de punto articulatorio, porque a partir de los interceptos de

estas ecuaciones fue posible diferenciar tanto los sonidos coronales del árabe como los sonidos coronales del urdú.

Con la finalidad de ampliar el estudio de las *locus equations* a consonantes que presentan distintos modos articulatorios, Fowler (1994) extrae las pendientes y los interceptos de los sonidos [b, v, ð, d, z, ʒ, g] de 12 hablantes nativos de inglés estadounidense. La autora presupone que el valor de las pendientes podría variar dependiendo de la resistencia coarticulatoria de las consonantes analizadas. Efectivamente, reporta que las pendientes de la fricativa [z] y de la oclusiva [d] presentan diferencias estadísticamente significativas, a pesar de que comparten el mismo punto de articulación. Un caso similar ocurre con las consonantes oclusiva [g] y fricativa [v] que aun cuando tienen puntos de articulación distintos, las pendientes no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Más allá de estas observaciones, Fowler (1994) afirma que las *locus equations* no juegan un rol primordial en la percepción del punto articulatorio, ya que pueden ser afectadas por otras variables como, por ejemplo, el modo de

articulación. Sin embargo, advierte que sí podría existir una relación entre la resistencia articulatoria y estas ecuaciones.

En un estudio preliminar y descriptivo, Sussman (1994), al igual que Fowler (1994), estudia las *locus equations* de consonantes con distintos modos de articulación. En este trabajo, se incluyen consonantes nasales, fricativas y aproximantes. Además, se analizan las consonantes oclusivas áfonas /p/, /t/ y /k/, pues en los estudios previos solamente se habían considerado consonantes oclusivas sonoras. En cuanto a las oclusivas áfonas, las consonantes velares presentan mayor coarticulación que las bilabiales, lo que no se condice con lo que ocurre con las consonantes sonoras, en las que las bilabiales tienen pendientes más altas y, por ende, mayor influencia de la vocal siguiente (Sussman *et al.*,1991). Los hallazgos más interesantes se relacionan con que independiente del modo articulatorio, las consonantes bilabiales, alveolares y velares forman grupos que no se traslapan en el plano cartesiano constituido por la inclinación y el intercepto. Por otra parte, las aproximantes presentan una pendiente con valor 0 y se diferencian entre ellas por el valor del intercepto.

Sussman y Shore (1996) analizan las pendientes e interceptos de las siguientes consonantes alveolares: nasal [n], fricativa áfona [s], fricativa sonora [z], oclusiva aspirada áfona [t<sup>h</sup>] y oclusiva sonora [d], de 22 hablantes de inglés estadounidense. Los análisis *post hoc* revelaron que entre las consonantes [d], [n] y [z] no existen diferencias estadísticamente significativas y tampoco entre [d] y [t<sup>h</sup>], mientras que [s] presenta diferencias estadísticamente significativas con todas las consonantes alveolares. Al considerar esta información, se concluye que las *locus equations* no son completamente similares para el mismo punto articulatorio; en este caso, alveolar. Sin embargo, los autores contrastan estos resultados con los obtenidos para consonantes bilabiales y velares por Sussman *et al.* (1991) y reportan que las consonantes alveolares, a pesar de las diferencias de modo y sonoridad, sí forman una clase distinta que no se traslapa con la de las bilabiales y velares; y, por ende, las *locus equations* pueden ser consideradas como un descriptor general de punto articulatorio.

Yeou (1997) estudia las *locus equations* de distintas consonantes elicidas por 9 hablantes de árabe marroquí. El objetivo de este estudio fue, por una

parte, medir la eficiencia de las *locus equations* para diferenciar consonantes con distintos puntos y modos de articulación y, por otra, determinar si estas mediciones logran diferenciar las consonantes alveolares de las alveolares faríngeas. En el primer caso, al igual que en Fowler (1994) y Sussman y Shore (1996), algunas consonantes alveolares presentan diferencias estadísticamente significativas, como /s/ comparada con /d/. Además, Yeou (1997) analiza las pendientes e interceptos del continuo de realizaciones de consonantes fricativas, esto es, labial /f/, interdental /ð/, alveolar /s/, postalveolar /ʃ/, uvular /χ/ y faríngea /ħ/, donde sería expectable obtener diferencias estadísticamente significativas debido a la diferencia de punto de articulación de la serie. Sin embargo, se reporta que no existe distinción entre las realizaciones de las consonantes postalveolar /ʃ/ y faríngea /ħ/, ni entre las consonantes labial /f/ y uvular /χ/, por ejemplo. A pesar de que los resultados previos indican que las *locus equations* no distinguen completamente el punto articulatorio de las consonantes fricativas, Yeou (1997) reporta que estas mediciones sí permiten diferenciar las instancias de consonantes coronales /ð/, /d/, /s/ y /t/ de las consonantes coronales faríngeas /ð<sup>f</sup>/, /d<sup>f</sup>/, /s<sup>f</sup>/ y /t<sup>f</sup>/, que se caracterizan por tener una

pendiente baja, lo que es un indicador de que presentan un mayor grado de resistencia coarticulatoria.

El primer estudio que incorpora el análisis de las *locus equations* en lenguas indígenas corresponde al realizado por Tabain y Butcher (1999) con tres hablantes de yanyuwa y tres hablantes de yindjibarndi, lenguas aborígenes australianas. Estas lenguas se caracterizan por tener un amplio repertorio de consonantes oclusivas; de hecho, las consonantes analizadas son las oclusivas áfonas /p/, /t̪/, /t/, /t̬/, /c/, /k/ y /<sup>h</sup>k/. Ambas lenguas poseen el mismo repertorio, a excepción de /<sup>h</sup>k/, que solamente se encuentra en yanyuwa. En cuanto al nivel de resistencia coarticulatoria, las consonantes velares y labiales presentan mayor grado de coarticulación con la vocal siguiente que las coronales; en otras palabras, el valor de la pendiente es más alto para las labiales y velares, resultados que se condicen con los estudios previos (Krull, 1988; Sussman *et al.*, 1991; entre otros). Cuando las pendientes y los interceptos son graficados para cada consonante de cada hablante, es posible observar que las consonantes labiales y velares

ocupan un espacio definido y sin traslapo en el gráfico; sin embargo, existe traslapo entre las consonantes dentales, alveolares y postdentales.

Casi 10 años después, Everett (2008) analiza las *locus equations* de consonantes oclusivas de cuatro hablantes del karitiâna, una lengua amazónica hablada en Brasil. Esta lengua posee solamente oclusivas áfonas en tres modos articulatorios: bilabial /p/, alveolar /t/ y velar /k/. En términos de coarticulación, las consonantes bilabiales y velares poseen una pendiente más alta, mientras que las consonantes alveolares una más baja, al igual que en las lenguas yanyuwa y yindjibarndi (Tabain y Butcher, 1999). También se analizaron las consonantes oclusivas sonoras [b], [d] y [g], que en esta lengua son alófonos de las consonantes nasales /m/, /n/ y /ŋ/. Las consonantes sonoras presentan el mismo patrón de resistencia coarticulatoria que las oclusivas áfonas, es decir, menor resistencia coarticulatoria de las velares y bilabiales, y mayor resistencia por parte de las alveolares. Por otra parte, Everett (2008) recalca el aporte que el análisis de las *locus equations* puede hacer en el trabajo de campo y al estudiar las consonantes oclusivas de lenguas menos documentadas, ya que estas



mediciones han estado tradicionalmente vinculadas a lenguas mayoritarias, exceptuando el trabajo de Tabain y Butcher (1999).

Graetzer *et al.* (2015) estudian las *locus equations* de nueve hablantes de burarra, gupapuyngu y arlpiri, lenguas aborígenes australianas. Se analizaron las consonantes oclusivas bilabial /p/, alveolar /t/, retrofleja /t̚/, palatal /c/ y velar /k/ en contexto vocal-consonante VC, pues uno de los objetivos era cuantificar la anticipación coarticulatoria de las consonantes. Los autores concluyeron que las *locus equations* son adecuadas para medir la resistencia coarticulatoria de consonantes en lenguas minoritarias.

El primer estudio que incorpora el análisis de *locus equations* en mapudungun es el de Fasola *et al.* (2015). En este trabajo, se obtienen las *locus equations* de las consonantes oclusiva interdental /t̪/ y alveolar /t/; nasal interdental /ɲ/ y alveolar /n/; lateral interdental /l̪/ y alveolar /l/, de un hablante nativo de mapudungun de Isla Huapi. A diferencia de los precedentes de investigación (Sussman *et al.*, 1991; Sussman *et al.* 1993; Fowler, 1994; entre otros), para realizar el cálculo de las *locus equations*,

Fasola *et al.* (2015) tomaron el primer valor de F2 como un promedio de este formante, obtenido en un margen de 10 ms, el cual se calculó 5 ms después del límite entre la consonante y la vocal. El valor de F2 en el medio de la vocal se obtuvo como un promedio de este formante en el centro de la vocal con una duración mínima de 10 ms. De acuerdo con los gráficos de F2 en ataque y F2 en medio de la vocal siguiente, las consonantes oclusiva, nasal y lateral interdental poseen valores de F2 más bajos que las consonantes alveolares en los mismos modos articulatorios. Los autores utilizaron Modelos Lineales Mixtos para analizar la relación entre F2, el punto articulatorio y el modo de articulación con un modelo para F2 al inicio y otro para F2 al medio de la vocal (nótese que los análisis estadísticos no utilizan los parámetros obtenidos de las regresiones lineales). Los resultados confirmaron que las consonantes interdental presentan un F2 más bajo en relación con las alveolares; sin embargo, en el medio de la vocal, no se demostraron diferencias estadísticamente significativas.

Figuroa *et al.* (2019) estudian el mismo contraste interdental-alveolar, pero en una muestra considerablemente más amplia y para la zona de Toltén y Mariquina. En este trabajo se analizaron las *locus equations* de 3.437 instancias obtenidas de 19 hablantes nativos. Estos autores no utilizaron el mismo método que Fasola *et al.* (2015) para la extracción de los valores de  $F2$ , pues luego de evaluar estadísticamente los métodos de extracción de datos utilizados en la literatura, llegaron a la conclusión de que la extracción de datos empleada por Sussman *et al.* (1991), Fowler (1994), entre otros, es más apropiada para las *locus equations*. En este estudio se realizaron análisis de Regresiones Lineales Múltiples para los valores de  $F2_{ataque}$  y  $F2_{medio}$  para cada modo de articulación por separado y con la variable punto de articulación como una de las variables independientes. A diferencia de los hallazgos de Fasola *et al.* (2015), las pruebas estadísticas revelaron que existen diferencias estadísticamente significativas entre las consonantes interdental y alveolares para los modos articulatorios lateral y oclusivo áfono, pero no para las consonantes nasales.

### 5.1.3. Este estudio

La presente investigación tiene como propósito estudiar el contraste-interdental alveolar en el mapudungun hablado en Alto Biobío desde una perspectiva acústica y estadística. Recientemente, se han incorporado estas herramientas en el estudio del contraste interdental-alveolar mediante la utilización de *locus equations* en mapudungun, específicamente, con datos provenientes de un hablante de Isla Huapi (Fasola *et al.*, 2015) y de 19 hablantes de Toltén y Mariquina (Figuroa *et al.*, 2019). En esta investigación con adultos de Alto Biobío, en cambio, se realizarán dos tipos de análisis complementarios, los que consideramos aprovechan de mejor manera las ventajas de las principales aproximaciones que se han hecho sobre este tipo de problemas de investigación. En primer lugar, se llevarán a cabo Análisis Multivariados de Varianza (en adelante, “MANOVAs” ) para todos los datos de  $F2_{ataque}$  y  $F2_{medio}$ , para cada modo de articulación por separado. Mientras las dos variables acústicas de F2 se utilizarán como variables dependientes, la variable *punto de articulación* se incluirá como una de las variables independientes, junto con *categoría vocálica*. Una de

las ventajas de esta aproximación es que cada unidad fónica participa del análisis como un dato independiente, lo que permite aprovechar el gran volumen de instancias recogido. En segundo lugar, se utilizarán los métodos de las *locus equations* para obtener y contrastar las pendientes e interceptos derivados de ellas (siguiendo a Sussman *et al.*, 1991; Fowler, 1994; Tabain y Butcher, 1999; Everett, 2008; entre otros), estrategia que no ha sido incorporada en los estudios previos de la lengua mapuche y que ha sido reportada como un correlato de punto articulatorio que clasifica mejor a las consonantes que F2 en ataque y en medio de la vocal por sí solas (Sussman *et al.*, 1991). En el caso de este segundo tipo de análisis, se obtiene el conjunto de parámetros de las regresiones lineales para cada consonante de cada participante por separado, de manera que el conjunto de datos se reduce de manera importante, lo que puede considerarse quizás como una de sus desventajas. Ambas aproximaciones estadísticas permitirán llevar a cabo un contraste entre los datos de esta investigación y los obtenidos por Fasola *et al.*, 2015 y Figueroa *et al.*, 2019 y, por otra parte, se discutirán las diferencias de los resultados de este estudio con los resultados del estudio de Salamanca *et al.* (2017), quienes incorporaron análisis palatográficos, de

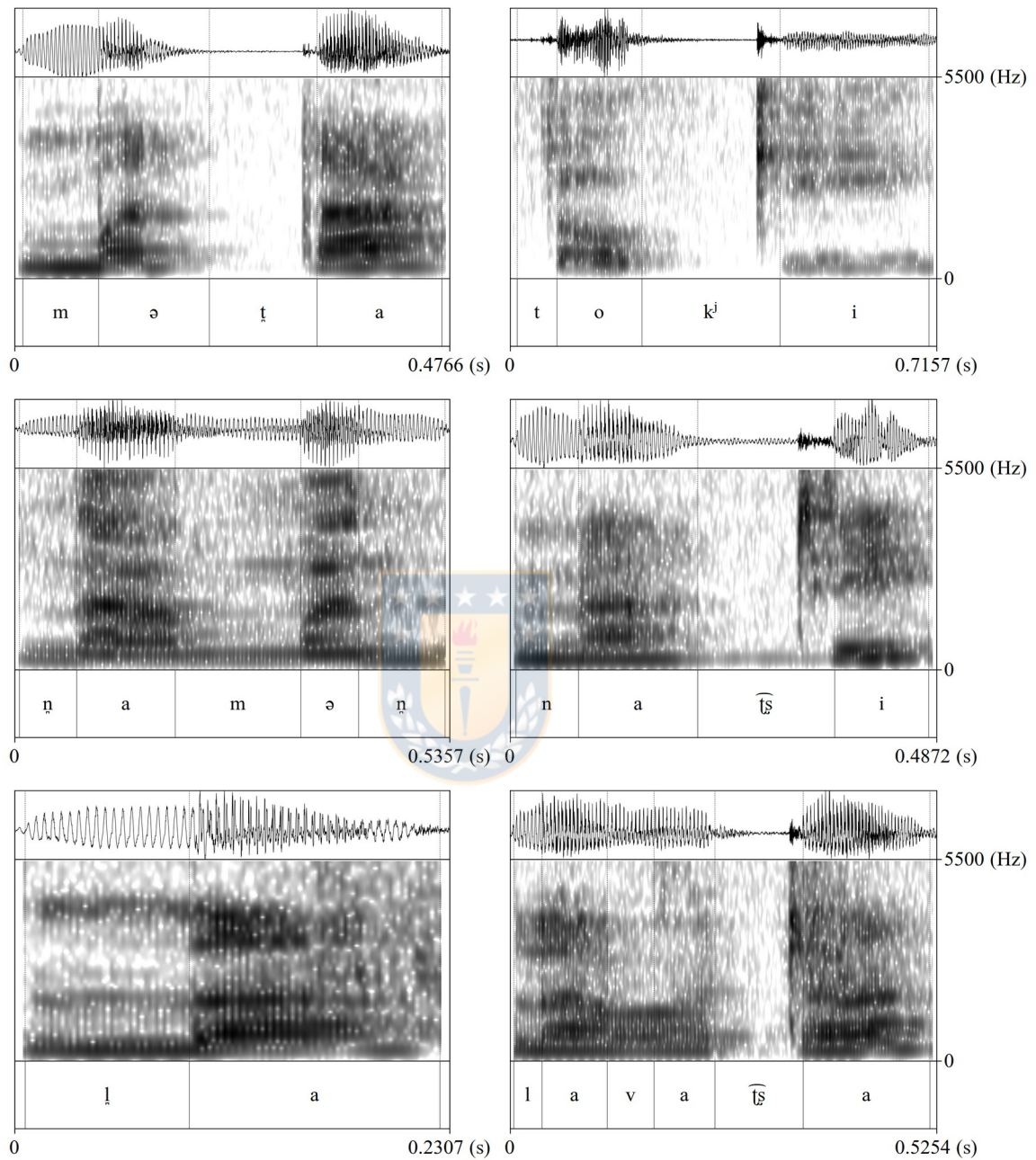
pares mínimos y submínimos, visión de imágenes y conteo de frecuencias en Alto Biobío.

## 5.2. MÉTODOS

### 5.2.1. Participantes, tarea de elicitación, anotación y extracción de datos acústicos

Al igual que en los estudios previos, tanto los participantes como la tarea de elicitación se describen en la sección 2.2. de esta tesis. Todas las palabras que contenían consonantes interdentales y alveolares en los modos oclusivo áfono, nasal y lateral fueron segmentadas en TextGrids de *Praat* (Boersma y Weenink, 2018) y luego transcritas fonética y fonológicamente. Posteriormente, se corroboraron las transcripciones con los videos de la elicitación de la lista léxica proporcionados por los investigadores del Proyecto Fondecyt 1131095. Luego, se seleccionaron aquellas instancias en las que después ocurría una vocal, ya que, como fue explicado en la introducción de este artículo, las *locus equations* modelan el tránsito de una

consonante a una vocal como una relación lineal; por lo tanto, fue necesario extraer los valores de F2 del límite entre la consonante y la vocal siguiente, y los valores de F2 en el medio de la vocal. Esta extracción fue realizada mediante rutinas automatizadas y se justifica en la decisión adoptada por Figueroa *et al.* (2019), luego de contrastar este método con el empleado por Fasola *et al.* (2015). Por otra parte, se calculó la pendiente, el intercepto y el  $R^2$  ajustado de las consonantes interdentales y alveolares en los modos oclusivo, nasal y lateral de cada hablante por separado, mediante análisis de regresión lineal simple en *R* (R Core Team, 2018). En la Figura 34, es posible observar los espectrogramas y formas de onda de palabras que contienen las consonantes que son parte de este estudio.



**Figura 34.** Formas de onda y espectrogramas de palabras producidas por mujeres que contienen los fonos interdental y alveolares. Panel superior izquierdo: oclusiva interdental en [mə.ˈt̪a] ‘cuerno’. Panel superior derecho: oclusiva alveolar en [to.ˈkʲi] ‘hacha’. Panel central izquierdo: nasal



interdental en [n̥a.'mən̥] ‘pie’. Panel central derecho: nasal alveolar en [na.ʈsi] ‘remedio amargo’. Panel inferior izquierdo: lateral interdental en [la] ‘muerto’. Panel inferior derecho: lateral alveolar en [la.va.ʈsa] ‘sapo’.

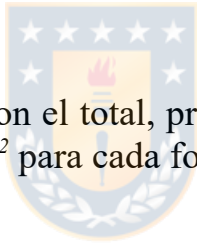
### 5.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 5.3.1. Características del corpus

El resultado de los procesos de extracción de datos permitió medir los valores formánticos de un total de 801 consonantes y de las vocales que las siguen. Los detalles sobre la cantidad de consonantes por unidad fonológica, además de los valores de promedio y desviación estándar de F2 ataque y F2 medio por consonante pueden ser revisados en la Tabla 12, mientras que el promedio y desviación estándar del intercepto, la pendiente y  $R^2$  ajustado de cada consonante se encuentran en la Tabla 13. Insistimos en que, en el caso de estos últimos valores, fueron calculados para cada consonante y para cada sujeto por separado (por ejemplo, una regresión lineal simple para los datos de F2 de las instancias de la consonante oclusiva interdental áfona del sujeto 1).

**Tabla 12.** Tabla resumen con el promedio y desviación estándar de F2 en ataque y F2 en medio de la vocal para cada consonante.

Consonante	Total	Promedio		Desviación estándar	
		F2 ataque	F2 medio	F2 ataque	F2 medio
[t̪]	193	1.616,26	1.407,9	237,18	262,97
[t]	116	1.584,02	1.399,59	203,71	283,05
[n̪]	77	1.525,23	1.446,12	237,18	262,97
[n]	47	1.495,42	1.377,85	203,71	283,05
[l̪]	71	1.558,55	1.545,87	184,45	237,78
[l]	297	1.673,91	1.668,91	293,87	399,62



**Tabla 13.** Tabla resumen con el total, promedio y desviación estándar de la pendiente, el intercepto y  $R^2$  para cada fonema.

Fonema	Total	Pendiente		Intercepto		$R^2$ ajustado		N
		$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	
[t̪]	10	0,31	0,26	1.164,33	431,86	0,26	0,2	193
[t]	10	0,28	0,19	1.211,94	325,83	0,22	0,26	116
[n̪]	10	0,22	0,28	1.160,39	359,13	0,18	0,43	77
[n]	9	0,4	0,33	952,85	428,7	0,33	0,55	47
[l̪]	10	0,16	0,29	1.248,56	363,75	0,02	0,27	71
[l]	10	0,5	0,11	835,24	217,86	0,56	0,26	297

## 5.3.2. RESULTADOS

### 5.3.2.1. Análisis para F2 ataque y F2 medio como variables dependientes

Para medir el efecto de las variables *consonante* (interdental, alveolar) y *vocal* (para los niveles, véase cada análisis) en los valores de las variables dependientes *F2 ataque* y *F2 medio*, se realizó una prueba MANOVA, que permitirá evaluar el efecto de una o más variables independientes en dos o más variables dependientes (Field *et al.*, 2012) como fue mencionado en el capítulo anterior. En total, se realizaron tres pruebas MANOVA, una por cada modo articulatorio, esto es, oclusivo áfono, nasal y lateral. Siguiendo la tradición para esta prueba, se utilizará el *Pillai-Bartlett trace* como índice estadístico para cuantificar el efecto de las variables independientes en las variables dependientes y el nivel de superposición de las distribuciones de datos en el espacio cartesiano. Los datos de esta investigación cumplen con dos de las cuatro asunciones de la prueba MANOVA; a saber, fueron

obtenidos al azar y de manera independiente, y las variables dependientes son continuas. En el caso de las asunciones de normalidad multivariada y homogeneidad de la covarianza, antes de aplicar cada prueba MANOVA, se realizó una prueba Shapiro-Wilk para normalidad multivariada (Villasenor Alva y Estrada, 2009) y la prueba de M de Box (Box, 1949; Fox *et al.*, 2018) para evaluar la homogeneidad de la covarianza. De esta manera, se verificó el cumplimiento de estas asunciones y, cuando no fue así, se realizó una MANOVA de tipo “robusta” (Choi y Marden, 1997) para confirmar los efectos principales de la variable independiente *consonante*.

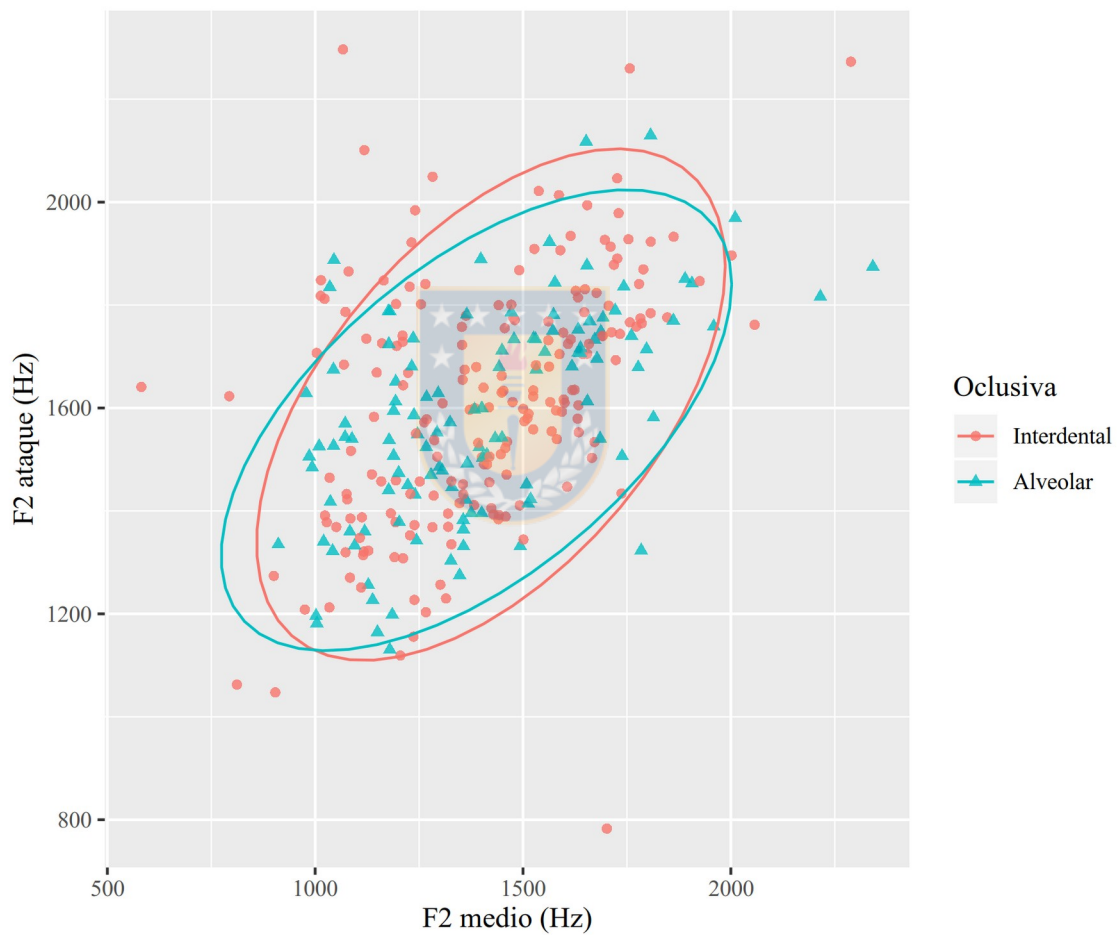
#### **a) MANOVA para las consonantes oclusivas áfonas**

Con respecto a la comprobación de las asunciones de la prueba MANOVA, la prueba de Shapiro-Wilk mostró ser estadísticamente significativa ( $W = 0,961, p < 0,001$ ), por lo que puede asumirse que los datos no presentan normalidad multivariada. La prueba de M de Box también resultó ser estadísticamente significativa ( $M^2(3) = 7,859, p < 0,05$ ), por lo que es posible asumir que la covarianza no es homogénea. Dado que parte de las

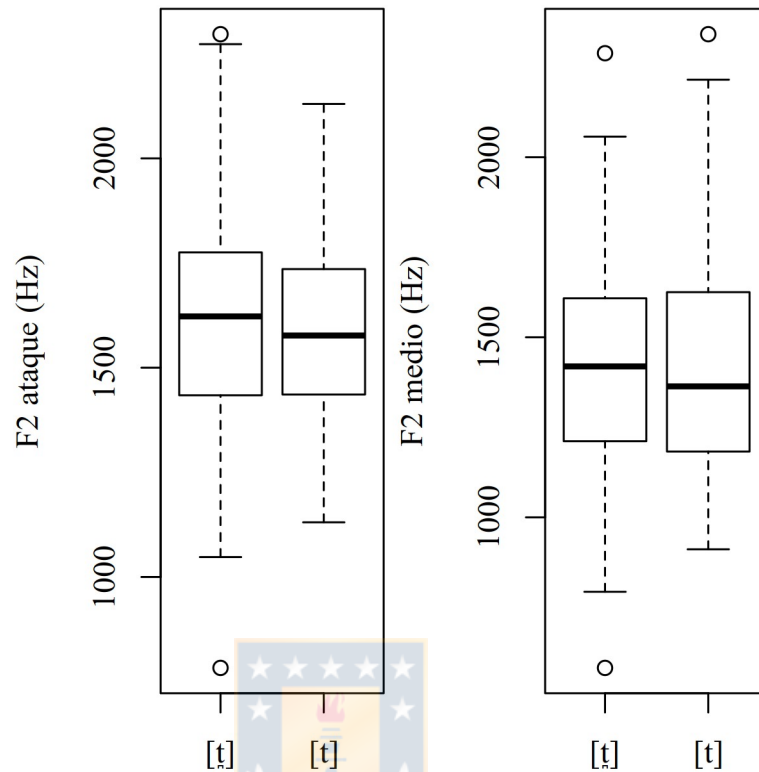
asunciones de la prueba MANOVA no se han cumplido, será necesario complementar los resultados de la MANOVA mediante una MANOVA “robusta”.

La prueba MANOVA, que tuvo como variables independientes a *consonante oclusiva* (interdental, alveolar) y *vocal* (/a, ə, o, u/), y como variables dependientes a *F2 ataque* y *F2 medio*, mostró que existe un efecto estadísticamente significativo de *vocal*,  $V = 0,439$ ,  $F(2, 602) = 28,2$ ,  $p < 0,001$  en los valores formánticos, además de una interacción estadísticamente significativa entre *consonante oclusiva* y *vocal*,  $V = 0,126$ ,  $F(2, 602) = 6,7$ ,  $p < 0,001$ , pero no un efecto principal de la variable *consonante oclusiva* por sí sola,  $V = 0,006$ ,  $F(2, 300) = 0,9$ ,  $p = 0,414$ . Como se puede observar, el valor del Pillai score sugiere un alto grado de superposición entre las distribuciones. La MANOVA robusta confirmó la ausencia del efecto de la variable *consonante oclusiva* en las variables dependientes,  $H(2) = 3,202$ ,  $p = 0,202$ . Debido a que no hubo un efecto estadísticamente significativo de *consonante oclusiva* en los valores de F2, no se realizaron análisis *post hoc*. En la Figura 35, se pueden observar los

valores de  $F2$  ataque y  $F2$  medio para las consonantes involucradas en los análisis. En la Figura 36, por su parte, se reportan los mismos valores, pero separados para cada variable acústica de  $F2$ .



**Figura 35.** Gráfico de puntos para los valores de  $F2$  ataque y  $F2$  medio para las instancias de consonantes oclusivas interdental y alveolar. Las elipses muestran intervalos de confianza para cada distribución.



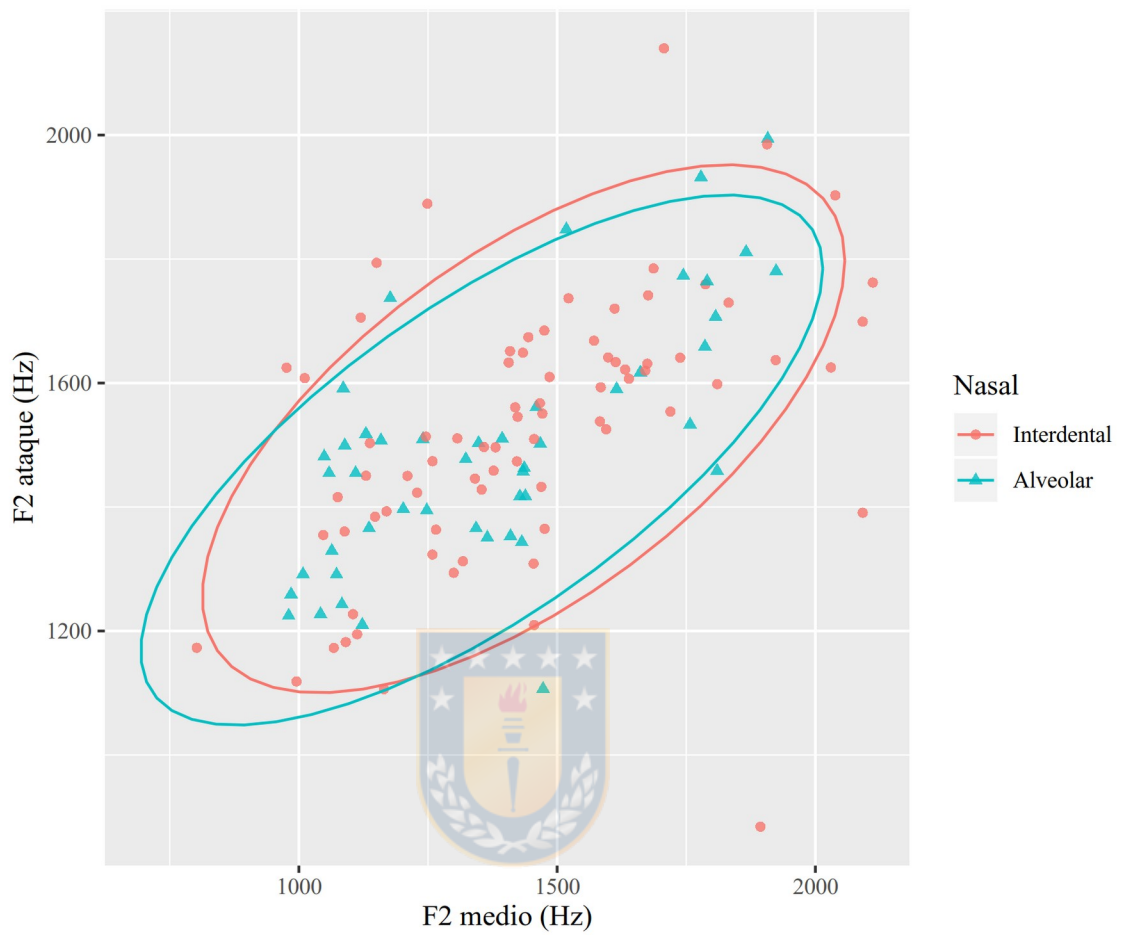
**Figura 36.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de *F2 ataque* de las consonantes oclusivas áfonas interdenciales y alveolares. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de *F2 medio* de las consonantes oclusivas áfonas interdenciales y alveolares.

## b) MANOVA para las consonantes nasales

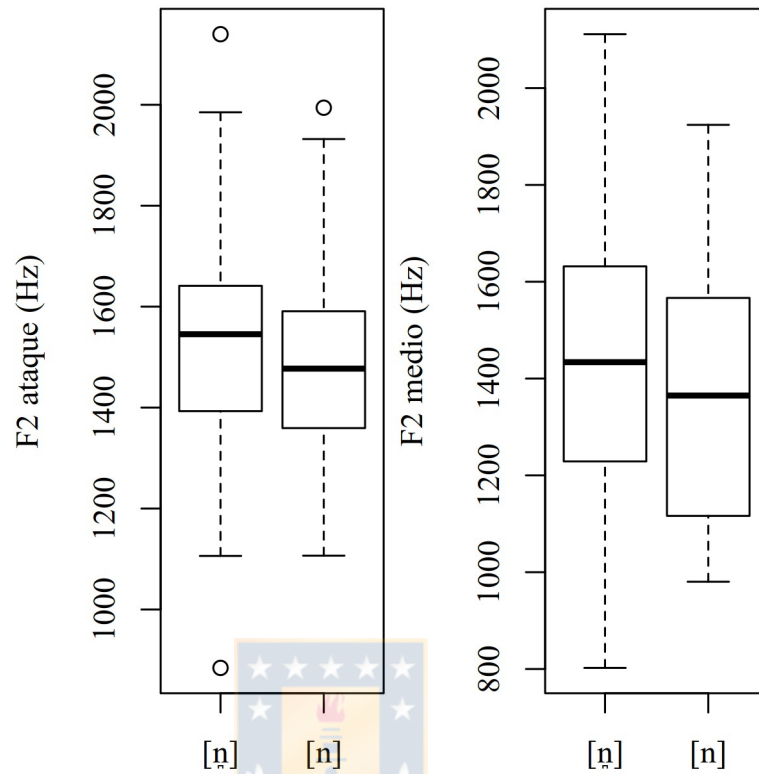
En el caso de estos datos, el análisis de la prueba Shapiro-Wilk para normalidad mostró que no se encuentran normalmente distribuidos multivariadamente ( $W = 0,918, p < 0,001$ ), mientras que la prueba de M de

Box no fue estadísticamente significativa, por lo que es posible asumir que las varianzas sí son homogéneas ( $M^2(3) = 4,889, p = 0,180$ ). Dado que los datos no presentan normalidad multivariada, en este análisis también será necesario realizar una prueba confirmatoria. La prueba MANOVA que tuvo como variables independientes a *consonante nasal* (interdental, alveolar) y *vocal* (/a, e, ə, o/) mostró que existe un efecto principal de *vocal* en las variables dependientes *F2 ataque* y *F2 medio*,  $V = 0,439, F(6, 236) = 11,1, p < 0,001$ , pero no un efecto principal de la variable *consonante nasal*,  $V = 0,023, F(2, 117) = 1,4, p = 0,26$ . En sintonía con estos resultados, el valor del Pillai score sugiere un alto grado de superposición entre las distribuciones. La MANOVA robusta, finalmente, confirmó la ausencia de un efecto de *consonante nasal*,  $H(2) = 0,030, p = 0,985$ . En la Figura 37, se pueden observar los valores de *F2 ataque* y *F2 medio* para las consonantes involucradas en los análisis. La Figura 38 contiene gráficos de cajas con los valores de *F2 ataque* y *F2 medio* de las consonantes nasales interdental y nasales alveolares.





**Figura 37.** Gráfico de puntos para los valores de *F2 ataque* y *F2 medio* para las instancias de consonantes nasales interdental y alveolares. Las elipses muestran intervalos de confianza para cada distribución.



**Figura 38.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de *F2 ataque* de las consonantes nasales interdental y alveolares. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de *F2 medio* de las consonantes nasales interdental y alveolares.

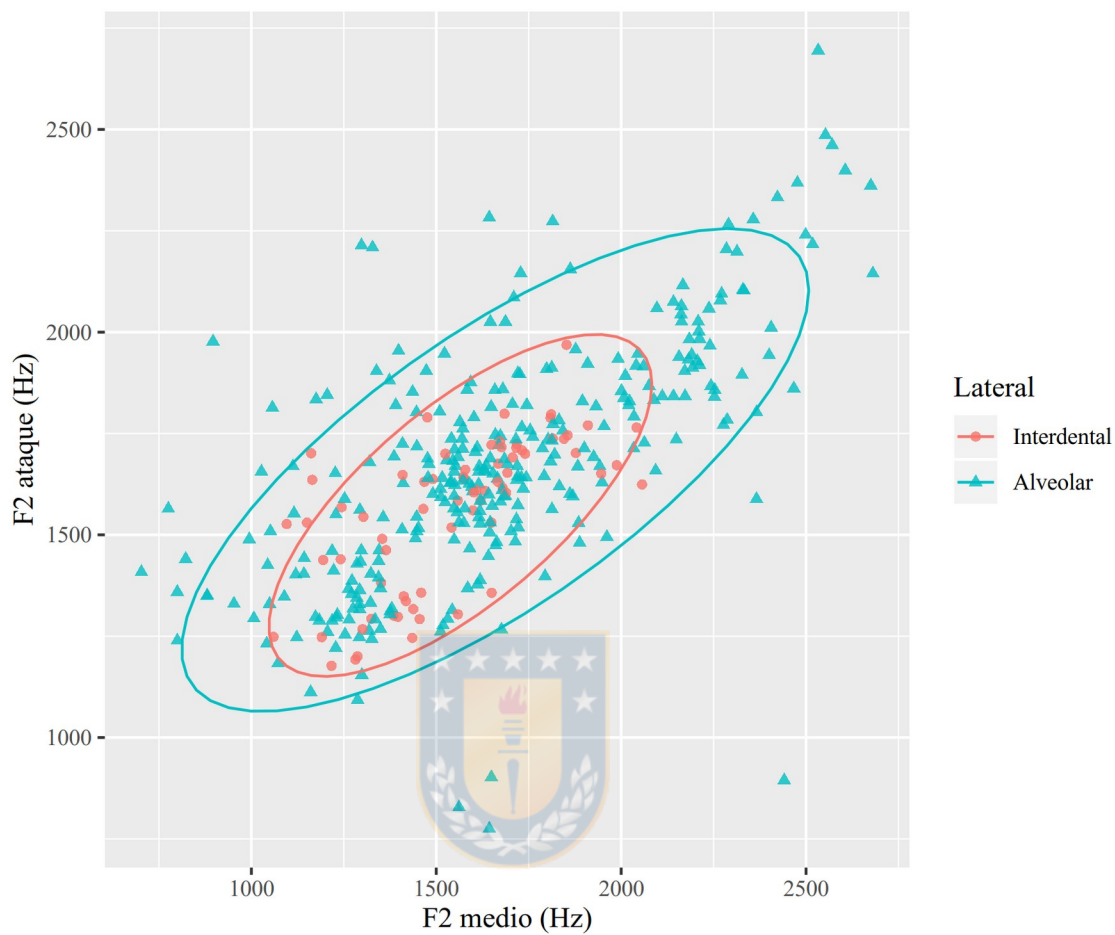
### c) MANOVA para las consonantes laterales

En los datos para esta MANOVA, la prueba de Shapiro-Wilk resultó ser estadísticamente significativa, por lo que no es posible asumir que los datos presentan normalidad multivariada ( $W = 0,961$ ,  $p < 0,001$ ). Lo mismo

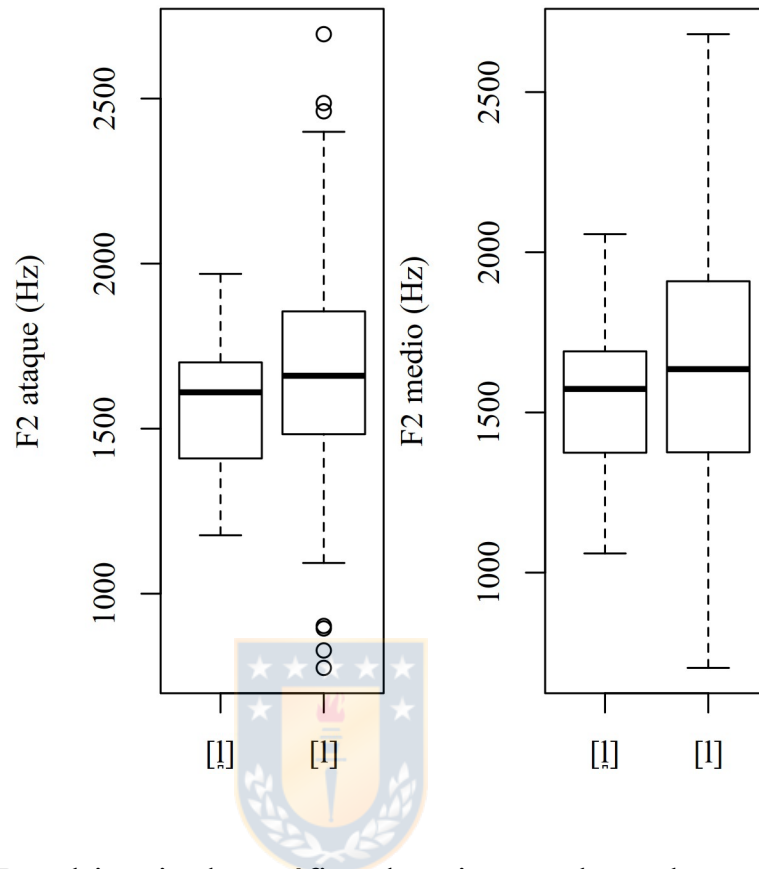
ocurrió con los resultados de la prueba de M de Box, ya que fueron estadísticamente significativos, lo que indica que los datos no presentan una covarianza homogénea,  $M^2(3) = 43,135, p < 0,001$ . La prueba MANOVA que tuvo como variables independientes a *consonante lateral* (interdental, alveolar) y *vocal* (/a, e, ə, i, o, u/) fue aplicada a las variables dependientes *F2 ataque* y *F2 medio*. Los resultados de esta prueba mostraron que existe un efecto estadísticamente significativo de *consonante lateral*,  $V = 0,052, F(2, 359) = 9,8, p < 0,001$ , y *vocal*  $V = 0,597, F(10, 720) = 30,6, p < 0,001$ . En el caso del efecto estadísticamente significativo de la variable *consonante lateral*, el valor del Pillai score sugiere una superposición menor que la observada para las consonantes oclusivas áfonas y nasales. Ahora bien, la realización de la MANOVA “robusta” no confirmó el efecto principal de *consonante lateral* sobre los valores de F2,  $H(2) = 0,154, p = 0,926$ .

Con la finalidad de profundizar en la naturaleza del efecto estadísticamente significativo de *consonante lateral* en *F2 ataque* y *F2 medio* por separado, se realizaron análisis *post hoc* a través de la prueba *t* de tipo Welch para dos

muestras (luego de la comprobación de las asunciones de esta prueba). La *prueba t* aplicada a los valores de *F2 ataque* de la consonante lateral interdental ( $n = 71$ ,  $\bar{x} = 1.558,55$ ,  $\sigma = 184,45$ ) y de la consonante lateral alveolar ( $n = 297$ ,  $\bar{x} = 1.673,91$ ,  $\sigma = 293,87$ ) reveló que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes  $t(166,25) = 4,157$ ,  $p < 0,001$ . En cuanto al *F2 medio* de las consonantes laterales interdenciales ( $n = 71$ ,  $\bar{x} = 1.545,87$ ,  $\sigma = 237,78$ ) y alveolares ( $n = 297$ ,  $\bar{x} = 1.668,91$ ,  $\sigma = 399,62$ ), el análisis *post hoc* reveló que también existen diferencias estadísticamente significativas  $t(177,33) = 3,369$ ,  $p < 0,001$ . En ambos casos, los valores de F2 fueron más bajos para las consonantes laterales interdenciales en comparación con las consonantes laterales alveolares, como se puede observar en la Figura 39. La Figura 40, contiene los valores de *F2 ataque* y *F2 medio* para las consonantes involucradas en los análisis.



**Figura 39.** Gráfico de puntos para los valores de *F2 ataque* y *F2 medio* para las instancias de consonantes laterales interdental y alveolares. Las elipses muestran intervalos de confianza para cada distribución.



**Figura 40.** Panel izquierdo: gráfico de cajas con los valores de *F2 ataque* de las consonantes laterales interdental y alveolares. Panel derecho: gráfico de cajas con los valores de *F2 medio* de las consonantes laterales interdental y alveolares.

### 5.3.2.2. Análisis de los valores de pendiente, intercepto y $R^2$ ajustado

El siguiente grupo de análisis tiene como objetivo determinar si los parámetros de pendiente, intercepto y  $R^2$  ajustado, extraídos de las *locus equations* (regresiones lineales simples), presentan variabilidad capaz de

diferenciar las consonantes interdental de las alveolares. Para el logro de este objetivo, se llevaron a cabo pruebas de Análisis de Varianza (ANOVA) para cada parámetro por separado; esto es, una ANOVA para pendiente, otra ANOVA para intercepto y una tercera prueba ANOVA para  $R^2$  ajustado, y siempre con *consonante* (interdental o alveolar) como variable independiente .

#### **a) Análisis para intercepto**

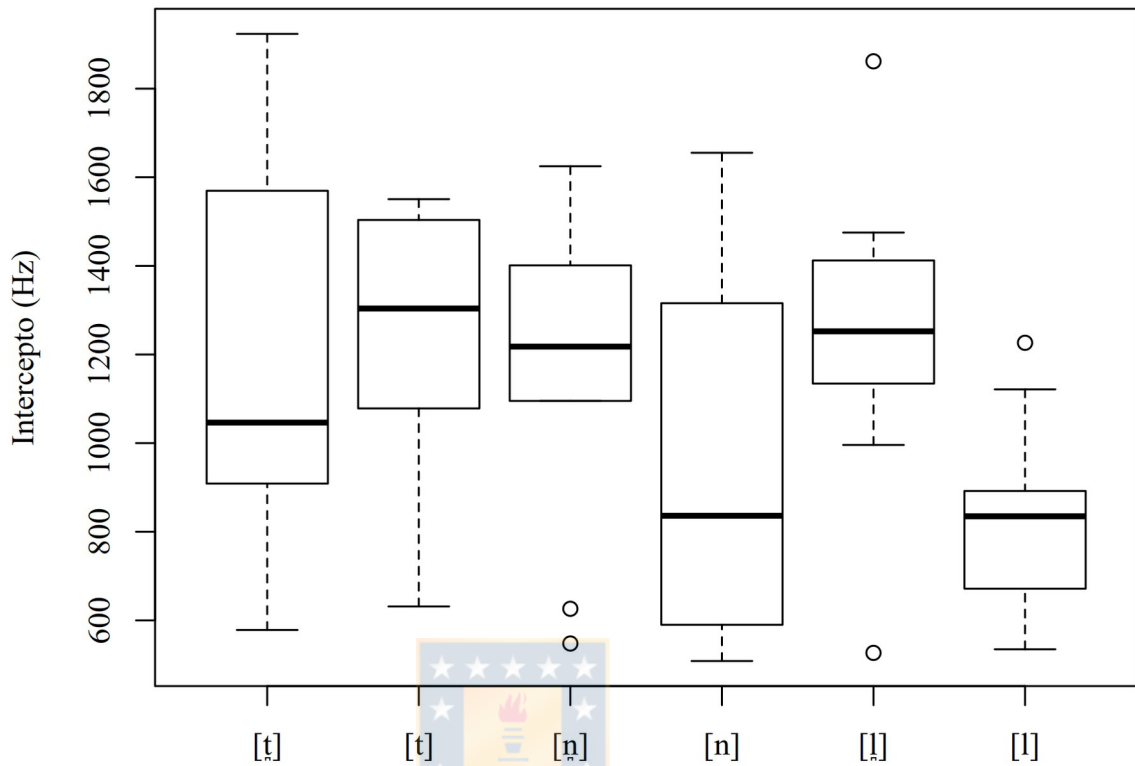
Antes de realizar los análisis estadísticos, se realizó una prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para determinar si los datos de cada consonante estaban normalmente distribuidos. Esta prueba mostró que los datos de /t̪/ ( $W = 0,953, p = 0,7$ ), /t/ ( $W = 0,883, p = 0,14$ ), /n̪/ ( $W = 0,895, p = 0,222$ ), /n/ ( $W = 0,884, p = 0,172$ ), /l̪/ ( $W = 0,952, p = 0,711$ ) y /l/ ( $W = 0,952, p = 0,696$ ) se encuentran normalmente distribuidos, por lo que se utilizó una prueba ANOVA para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el intercepto de las consonantes interdental y alveolares.

Los resultados de la prueba ANOVA que evaluó el efecto de la variable independiente *consonante* en la variable dependiente *intercepto* reveló que el efecto no alcanzó a ser estadísticamente significativo  $F(5, 51) = 1,99, p = 0,096, \eta^2 = 0,163$ . Sin embargo, dado que el *valor p* resultó ser marginalmente significativo se realizaron *pruebas t* para determinar si es que existen diferencias estadísticamente significativas de intercepto entre las consonantes interdental y alveolares por punto de articulación. El análisis *post hoc* realizado entre las consonantes oclusiva interdental ( $n = 193, \bar{x} = 1.164,33, \sigma = 431,86$ ) y oclusiva alveolar ( $n = 116, \bar{x} = 1.211,94, \sigma = 325,83$ ) arrojó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes  $t(16,739) = -0,278, p = 0,784, d = -0.124$ , a pesar de que las consonantes oclusivas alveolares presenten valores más altos de intercepto que las interdental. En cuanto a las consonantes nasal interdental ( $n = 77, \bar{x} = 1.160,39, \sigma = 359,13$ ) y nasal alveolar ( $n = 47, \bar{x} = 952,85, \sigma = 428,7$ ), los resultados de la *prueba t* mostraron que la consonante alveolar presenta un intercepto más bajo que la interdental, pero que esta diferencia no es estadísticamente significativa  $t(15,523) = 1,113, p = 0,283, d = 0,525$ . Por último, el análisis *post hoc* de las consonantes



lateral interdental ( $n = 71$ ,  $\bar{x} = 1.248,56$ ,  $\sigma = 363,75$ ) y lateral alveolar ( $n = 297$ ,  $\bar{x} = 835,24$ ,  $\sigma = 217,86$ ) reveló que sí existen diferencias estadísticamente significativas  $t(12,812) = 2,964$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 1,40$ . La consonante lateral interdental presentó un intercepto en frecuencias más altas que la consonante lateral alveolar. Los datos involucrados en este análisis pueden ser visualizados en la Figura 41.





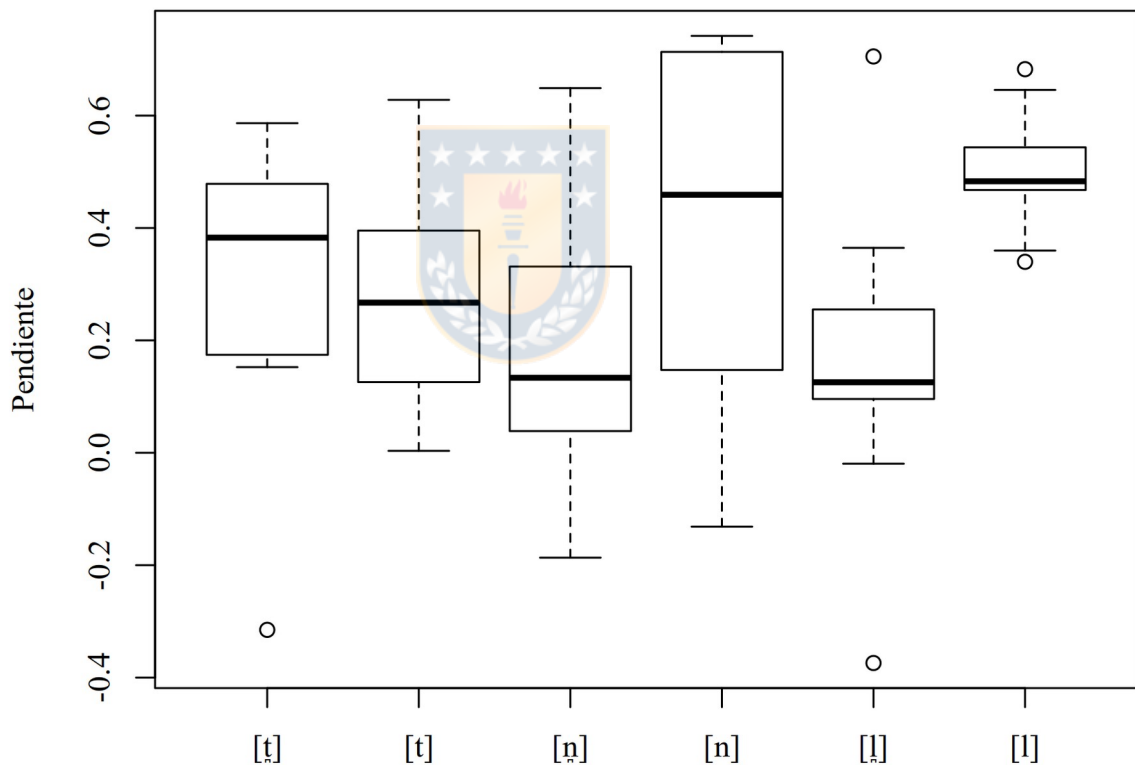
**Figura 41.** Gráfico de cajas que contiene los valores del intercepto de las consonantes interdental y alveolares en los modos articulatorios oclusivo áfono, nasal y lateral.

### b) Análisis para pendiente

Al igual que en la prueba anterior, se realizaron análisis para determinar si los datos de la pendiente de cada consonante se encontraban normalmente distribuidos. Se aplicaron pruebas de Shapiro-Wilk, las que mostraron que

las consonantes /t̪/ ( $W = 0,859, p = 0,075$ ), /t/ ( $W = 0,978, p = 0,954$ ), /n̪/ ( $W = 0,929, p = 0,476$ ), /n/ ( $W = 0,903, p = 0,272$ ), /l̪/ ( $W = 0,948, p = 0,666$ ) y /l/ ( $W = 0,931, p = 0,461$ ) se encuentran normalmente distribuidas, por lo que es posible utilizar pruebas estadísticas paramétricas. La prueba ANOVA reveló que la variable independiente *consonante* no presenta un efecto estadísticamente significativo en la variable *pendiente*  $F(5, 51) = 2,262, p = 0,062, \eta^2 = 0,182$ . En este caso, al igual que con el intercepto, el valor  $p$  resultó ser marginalmente significativo, por lo que se realizaron análisis *post hoc*. La prueba  $t$  aplicada a las consonantes /t̪/ ( $n = 193, \bar{x} = 0,31, \sigma = 0,26$ ) y /t/ ( $n = 116, \bar{x} = 0,28, \sigma = 0,19$ ) determinó que entre ambas pendientes no existen diferencias estadísticamente significativas  $t(16,532) = 0,34, p < 0,738, d = 0,152$ . En cuanto a las consonantes nasal interdental ( $n = 77, \bar{x} = 0,22, \sigma = 0,28$ ) y nasal alveolar ( $n = 47, \bar{x} = 0,4, \sigma = 0,33$ ) tampoco existen diferencias estadísticamente significativas  $t(15,563) = -1,276, p = 0,221, d = -0,602$ . En ambos casos, las pendientes de las consonantes alveolares fueron más altas que las pendientes de las consonantes interdental. En cuanto a las consonantes lateral interdental ( $n = 65, \bar{x} = 0,16, \sigma = 0,29$ ) y lateral alveolar ( $n = 297, \bar{x} = 0,5, \sigma = 0,11$ ), los resultados

de la *prueba t* mostraron que sí existen diferencias estadísticamente significativas, siendo la consonante lateral interdental la que presenta una pendiente más baja que la consonante alveolar  $t(9,963) = -3,274, p < 0,01, d = -1,57$ . En la Figura 42, se presentan los valores de la pendiente de cada consonante.

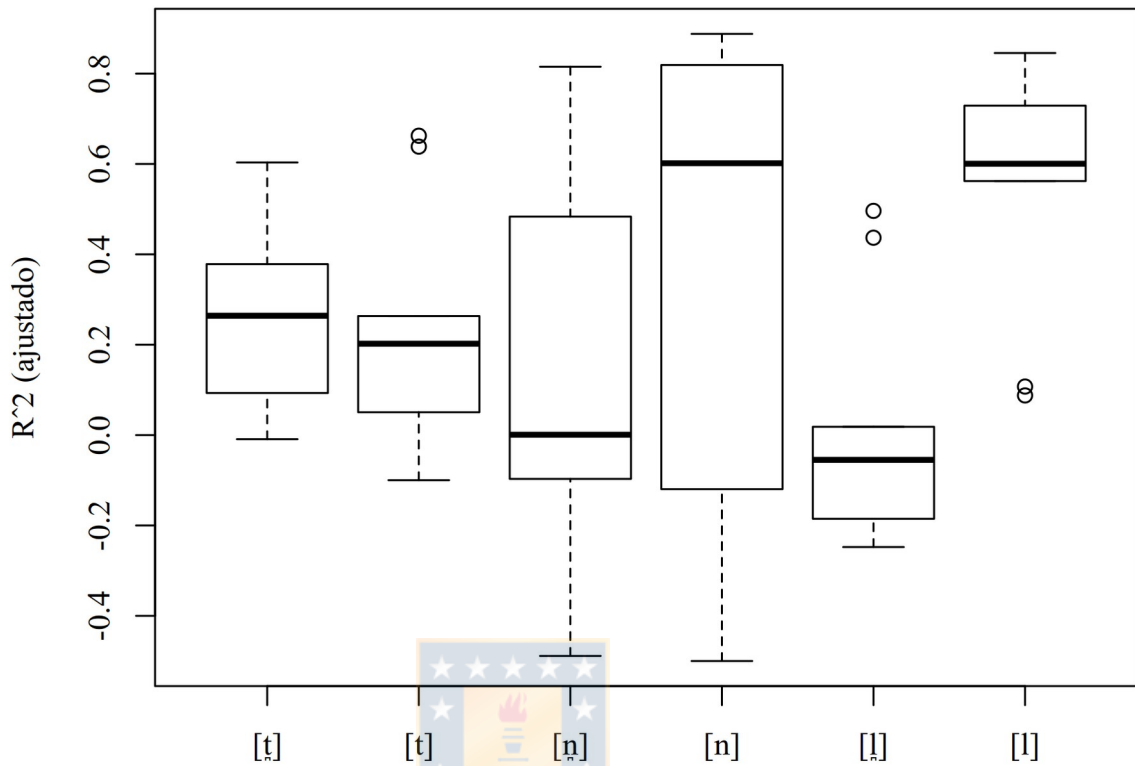


**Figura 42.** Gráfico de cajas con los valores de la pendiente de las consonantes interdental y alveolares en los modos articulatorios oclusivo áfono, nasal y lateral.

### c) Análisis para el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$ )

La prueba de Shapiro-Wilk mostró que los datos de /t̥/ ( $W = 0,962$ ,  $p = 0,811$ ), /t/ ( $W = 0,893$ ,  $p = 0,183$ ), /n̥/ ( $W = 0,94$ ,  $p = 0,582$ ) y /n/ ( $W = 0,86$ ,  $p = 0,095$ ) se encontraban normalmente distribuidos. Sin embargo, los datos de /l̥/ ( $W = 0,828$ ,  $p < 0,05$ ) y /l/ ( $W = 0,833$ ,  $p < 0,05$ ) no estaban normalmente distribuidos y, por lo tanto, a diferencia de los análisis previos, en este caso se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas cuando fue necesario. La prueba de suma de rangos de Kruskal-Wallis, que midió el efecto de *consonante* en la variable dependiente *coeficiente de determinación ajustado*, mostró que existe un efecto principal estadísticamente significativo de *consonante* en  $R^2$ ,  $H(5) = 12,358$ ,  $p < 0,05$ . La prueba *post hoc* realizada para las consonantes oclusiva interdental ( $n = 193$ ,  $\bar{x} = 0,26$ ,  $\sigma = 0,2$ ) y oclusiva alveolar ( $n = 116$ ,  $\bar{x} = 0,22$ ,  $\sigma = 0,26$ ) arrojó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas consonantes  $t(16,981) = 0,422$ ,  $p = 0,678$ ,  $d = 0,189$ . La prueba *t* aplicada a las consonantes nasales interdentales ( $n = 77$ ,  $\bar{x} = 0,18$ ,  $\sigma = 0,43$ ) y alveolares ( $n = 47$ ,  $\bar{x} = 0,33$ ,  $\sigma = 0,55$ ) mostró que tampoco existen

diferencias estadísticamente significativas  $t(15,159) = -0,611, p = 0,55, d = -0,288$ . En el caso de las consonantes oclusivas áfonas, la consonante interdental presentó un valor de  $R^2$  levemente mayor que la consonante alveolar, pero en el caso de las consonantes nasales ocurrió lo contrario, es decir, las consonantes alveolares presentaron un valor más alto de  $R^2$  que las interdental. Dado que los datos de /l̥/ y /l/ no se encontraban normalmente distribuidos, se utilizó la Prueba de suma de rangos de Wilcoxon. Los resultados de esta prueba determinaron que entre la consonante lateral interdental ( $n = 71, \bar{x} = 0,02, \sigma = 0,27$ ) y la consonante lateral alveolar ( $n = 297, \bar{x} = 0,56, \sigma = 0,26$ ) existen diferencias estadísticamente significativas ( $W = 4, p < 0,001, r = 0,768$ ), tal que la consonante alveolar presenta un  $R^2$  mayor que el de la consonante interdental. La Figura 43 contiene los gráficos del Coeficiente de determinación ajustado ( $R^2$ ) para cada consonante.



**Figura 43.** Gráfico de cajas con los valores de  $R^2$  para las consonantes interdental y alveolares en los modos articulatorios oclusivo áfono, nasal y lateral.

### 5.3.2.3. Síntesis de resultados

Los resultados de las pruebas MANOVA aplicadas a los valores de  $F2$  ataque y  $F2$  medio revelaron que solamente existe un efecto estadísticamente significativo de *consonante lateral* en ambas variables

dependientes, mientras que los análisis *post hoc* mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas entre las consonantes laterales interdentes y alveolares tanto en los valores de *F2 ataque* como en los de *F2 medio*. En cuanto a las pruebas ANOVA realizadas para conocer el efecto de la variable *consonante* en las variables dependientes *intercepto*, *pendiente* y  $R^2$ , los análisis *post hoc* mostraron que estas tres mediciones permiten diferenciar las consonantes laterales interdentes de las alveolares, pero no las consonantes interdentes y alveolares en los modos oclusivo áfono y nasal.



#### 5.4. DISCUSIÓN

En este apartado se discutirán, primeramente, los resultados de las mediciones de *F2 ataque* y *F2 medio* y se compararán con los obtenidos por Fasola *et al.* (2015) y por Figueroa *et al.* (2019), quienes realizaron estas mediciones para el mismo contraste en otras variantes del mapudungun. Posteriormente, se discutirán los resultados de la *pendiente*, *intercepto* y  $R^2$  *ajustado* y se contrastarán con los precedentes de investigación que han



obtenido estas mediciones para otros contrastes coronales en otras lenguas. Finalmente, se establecerán las semejanzas y diferencias con los resultados del estudio de Salamanca *et al.* (2017), quienes utilizaron una metodología diferente y concluyeron que este contraste se mantiene vigente en Alto Biobío.

De acuerdo con Fasola *et al.* (2015), en el caso del Mapudungun, los valores más bajos de *F2 ataque* caracterizan y diferencian a las consonantes interdentes en comparación con las consonantes alveolares en todos los modos articulatorios, es decir, oclusivo áfono, nasal y lateral. Sin embargo, en este estudio, solamente las consonantes laterales interdentes ( $\bar{x} = 1.558,55$ ) presentaron valores más bajos que sus contrapartes alveolares ( $\bar{x} = 1.673,91$ ) con significatividad estadística. En el trabajo de Figueroa *et al.* (2019) las consonantes laterales interdentes también presentaron un *F2* más bajo en *F2 ataque* que las alveolares y estas diferencias fueron estadísticamente significativas. Así, en los tres estudios, las *locus equations* han permitido distinguir entre interdentes y alveolares en el modo lateral. En cuanto a las consonantes oclusivas áfonas, en el presente estudio ocurre

lo contrario que en los datos de Fasola *et al.* (2015), ya que *F2 ataque* es más bajo en las alveolares ( $\bar{x} = 1.584,02$ ) que en las interdentes ( $\bar{x} = 1.616,26$ ), lo que también ocurre en el trabajo de Figueroa *et al.* (2019), en este último estudio las diferencias fueron estadísticamente significativas a diferencia del nuestro. En el modo nasal, en esta investigación, los valores de *F2 ataque* fueron levemente más altos en las interdentes ( $\bar{x} = 1.525,23$ ) que en las alveolares ( $\bar{x} = 1.495,42$ ), mientras que en Figueroa *et al.* (2019) los valores de ambas consonantes nasales fueron prácticamente iguales y tampoco presentaron diferencias estadísticamente significativas.

A partir del cálculo de las *locus equations* fue posible obtener los valores de la *pendiente*, el *intercepto* y  $R^2$ . De acuerdo con Sussman *et al.* (1991), tanto la *pendiente* como el *intercepto* son mejores clasificadores del punto articulatorio que los valores de F2 en ataque y en medio de la vocal siguiente, en particular, en la distinción entre oclusivas bilabiales, alveolares y velares sonoras. Los resultados de las pruebas estadísticas realizadas aquí indicaron que la *pendiente* solamente fue capaz de diferenciar las consonantes interdentes de las alveolares en el modo lateral

–lo mismo ocurre con el intercepto y con  $R^2$ – sin embargo, estos parámetros no fueron suficientes para distinguir interdental de alveolares en los modos oclusivo áfono y nasal. De acuerdo con Tabain y Butcher (1999), quienes analizaron las pendientes e interceptos de consonantes oclusivas en distintos puntos articulatorios, las pendientes e interceptos no son efectivos para distinguir entre consonantes dentales, postdentales y alveolares, pero sí para distinguir estas consonantes como conjunto, esto es, todas ellas como parte de las consonantes coronales y en oposición a las consonantes labiales y velares. Sin embargo, Sussman *et al.* (1993) reportaron que tanto las consonantes dentales y dentales retroflejas del urdú, como las consonantes dentales y dentales faríngeas del árabe cairene se pueden diferenciar mediante el intercepto. Por otra parte, Yeou (1997) reportó que tanto el intercepto como la pendiente sí permiten diferenciar las consonantes coronales /ð/, /d/, /s/ y /t/ de las consonantes coronales faríngeas /ð<sup>ʕ</sup>/, /d<sup>ʕ</sup>/, /s<sup>ʕ</sup>/ y /t<sup>ʕ</sup>/ del árabe marroquí, que se caracterizan por tener una pendiente baja, lo que es un indicador de que presentan un mayor grado de resistencia coarticulatoria. En el caso de este estudio, la pendiente más baja corresponde a la consonante lateral interdental ( $\bar{x} = 0,16$ ), es decir, esta

consonante presentaría una mayor resistencia coarticulatoria y, por lo tanto, se ve menos afectada por la vocal siguiente que la consonante lateral alveolar ( $\bar{x} = 0,5$ ), lo mismo ocurre con la nasal interdental ( $\bar{x} = 0,22$ ) que presenta mayor resistencia articulatoria que la nasal alveolar (0,4), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Al igual que en el estudio de Tabain y Butcher (1999), las pendientes e interceptos no resultaron ser efectivos para diferenciar las consonantes coronales en su conjunto; en este estudio en particular, las consonantes interdentes de las alveolares, ya que solo se detectaron diferencias estadísticamente significativas para el modo lateral, resultados que son coherentes con los datos de F2 en ataque y F2 en el medio de la vocal.

A partir de estos resultados, es posible realizar algunas inferencias respecto de la vigencia que pueda tener o no el contraste interdental-alveolar en Alto Biobío. En el caso de Fasola *et al.* (2015), con base en las producciones de un hablante, indican que las *locus equations* servirían para diferenciar interdentes de alveolares en todos los modos articulatorios. Figueroa *et al.* (2019) explican que en el caso de las consonantes nasales es posible que por

las características del modo de articulación no haya sido posible diferenciar interdental de alveolar en sus datos. Para este mismo modo articulatorio, pero en la lengua tshivenda, Lee *et al.* (2018) realizaron grabaciones de video y, efectivamente, las consonantes nasales interdental ocurrieron, pero de los 4 hablantes, 2 de ellos mostraron diferencias más notorias entre interdental y alveolar en términos de *locus equations*. Por otra parte, Figueroa *et al.* (2019) también mencionan que la falta de contraste entre las consonantes nasales puede deberse a que en la zona de Toltén y Mariquina el contraste se está perdiendo y lo atribuyen a la influencia que podría ejercer el español en el mapudungun. Si se considera este último aspecto, en los datos reportados en la presente investigación, el contraste interdental-alveolar en Alto Biobío solamente ocurriría entre las consonantes laterales; sin embargo, Salamanca *et al.* (2017) reportan que en Alto Biobío el contraste interdental versus alveolar está vigente en todos los modos articulatorios. De acuerdo con sus datos, la consonante lateral interdental es la que presenta una mayor cantidad de realizaciones alveolares en comparación con la nasal interdental y oclusiva interdental, asunto que coincide con lo reportado por Mena y Salamanca (2018),

quienes indican que el fonema lateral interdental constituye uno de los fonemas que presenta más transferencias del español (40%). Sin embargo, el análisis acústico y estadístico realizado en el presente estudio indicaría que este contraste es el que se mantiene vigente en Alto Biobío.

Ante la discrepancia entre los resultados acústicos y estadísticos de esta investigación y los expuestos por Salamanca *et al.* (2017), es importante considerar que las *locus equations* se obtuvieron solamente cuando después de la consonante en cuestión ocurrió una vocal, por lo que los resultados presentados aquí sobre diferencias entre interdental y alveolares se limitan a este contexto. Sin embargo, tanto /ɲ/ como /l/ pueden ocurrir en coda silábica y en posición final de palabra como, por ejemplo, en [pɯɲ] ‘noche’, [aɲ.ˈtə] ‘sol, día’ y [t̪a.ˈpəɻ] ‘hoja’. Así las cosas, existen al menos tres interpretaciones para los resultados de este trabajo: (a) efectivamente, para Alto Biobío, solo existe un contraste interdental-alveolar para las consonantes laterales; (b) las mediciones utilizadas en este estudio no fueron capaces de capturar las diferencias del contraste para los modos oclusivo áfono y nasal, en el caso de que efectivamente existan; o (c) los

datos son inherentemente incompletos, dado que dependen de que las unidades segmentales consonánticas se encuentren en posición de ataque silábico, a pesar de que el contraste también puede existir en posición silábica codal. Dado los precedentes de investigación para este tema, y los resultados aquí expuestos, consideramos que estas mediciones no fueron capaces de capturar las diferencias del contraste interdental-alveolar en los modos oclusivo áfono y nasal, ya que las grabaciones de video complementarias a las transcripciones fonéticas y fonológicas mostraron que, efectivamente, las realizaciones interdentales fueron producidas en esos modos articulatorios.

## 5.5. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

Esta investigación tuvo como objetivo determinar si los valores de  $F2$  ataque y  $F2$  medio, y los parámetros de *pendiente*, *intercepto* y  $R^2$ , obtenidos de las *locus equations* son capaces de distinguir el contraste interdental-alveolar en las consonantes oclusivas áfonas, nasales y laterales del mapudungun hablado en Alto Biobío. Los resultados mostraron que

estas mediciones solamente fueron capaces de distinguir las consonantes interdentes de las alveolares cuando son laterales, lo que no necesariamente quiere decir que el contraste interdental versus alveolar no esté vigente en los otros modos articulatorios. Por lo tanto, las proyecciones de este trabajo son: (a) realizar estudios de percepción para determinar si los hablantes de mapudungun distinguen auditivamente este contraste en todos los modos articulatorios; (b) extraer una versión de los parámetros de las *locus equations* para el contexto vocal consonante (VC), para establecer si es posible diferenciar interdentes de alveolares en los modos nasal y lateral cuando se encuentran en coda silábica o en posición final de palabra; y (c) evaluar el efecto que pueden tener los métodos de normalización de valores formánticos en los valores de *F2 inicio* y *F2 medio* para descartar que las diferencias detectadas entre las consonantes se deban a diferencias anatómicas entre hablantes de sexo femenino y masculino.



## 6. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES GENERALES

En esta sección final, se realizará una conclusión general con base en todas las discusiones y conclusiones realizadas en cada estudio. El objetivo de esta tesis fue implementar métodos de fonética acústica y estadística inferencial para aplicarlos en la resolución de las controversias fonético-fonológicas del mapudungun hablado en Alto Biobío, así como evaluar su rendimiento en el despliegue de este propósito. El primer capítulo estuvo dedicado a las consonantes fricativas labiodental e interdental sonoras y áfonas. Como fue mencionado, la sonoridad de estas consonantes se ha atribuido a diferencias dialectales; de acuerdo con este estudio, en Alto Biobío las consonantes sonoras siguen siendo mayoritarias. Sin embargo, además de entregar información genérica de la ocurrencia de estos segmentos, también se decidió profundizar en la naturaleza acústica de estas consonantes. Tradicionalmente, las consonantes fricativas que se han estudiado desde esta perspectiva corresponden al inglés y, en particular, el foco ha sido la distinción de las sibilantes [s] y [ʃ]. Como se puede evidenciar en la sección 2.1.2., últimamente, se ha incorporado el estudio

acústico de las consonantes fricativas en otras lenguas. En el caso del mapudungun, no se había realizado ninguna investigación similar, que tuviera como objetivo conocer qué es lo que diferencia las fricativas labiodentales de las interdentes, dada su proximidad articulatoria, ni tampoco las variantes sonoras y áfonas de las mismas. Los resultados indicaron que los momentos espectrales, la duración, la amplitud absoluta y la amplitud normalizada permiten diferenciar entre las fricativas sonoras y áfonas; mientras que la varianza, la duración y la amplitud normalizada permiten distinguir las consonantes labiodentales de las interdentes. Sin embargo, la capacidad que la varianza y la duración absoluta muestran para distinguir entre las consonantes sonoras y áfonas se restringe a las consonantes labiodentales cuando se considera la interacción entre sonoridad con el punto de articulación y sexo del participante. Por lo tanto, dentro de las proyecciones de este estudio señalamos la importancia de realizar un trabajo similar en otras localidades de habla mapuche para conocer si las consonantes fricativas presentan un comportamiento acústico diferente dependiendo de si ocupan un lugar contrastivo en la lengua y, además, considerar otras mediciones acústicas que permitan distinguir

mejor estas consonantes. Este estudio contribuye al conocimiento del mapudungun, pero también a la gran cantidad de investigaciones que buscan conocer cuáles son los correlatos acústicos que permiten diferenciar unos sonidos de otros en términos de punto articulatorio y sonoridad en las lenguas del mundo.

El Estudio 2 de esta tesis estuvo dedicado al sistema vocálico del mapudungun, específicamente, a la sexta vocal y su alofonía. Por primera vez, en un estudio de este tipo, se incorporaron distintas variables con las que la literatura había asociado la aparición de [ə] y de [u], es decir, las variables *acento*, *posición en la palabra* y *contexto fonético*. Un primer análisis exploratorio mediante la función *k-means*, no apoyó la hipótesis de dos alófonos para /ə/. En el caso de los Modelos Lineales Mixtos, estos análisis indicaron que el único contexto en el que [u] ocurre es cuando la vocal es acentuada y sigue a una pausa. Además, se detectó que [ə] ocupa un espacio poco definido y que puede ser mejor identificado como central. Por otra parte, los análisis del traslape del fonema /ə/ con los otros fonemas vocálicos del mapudungun indicaron que la mayor cantidad de traslape se

produce con /e/. A partir de esa evidencia, se realizó una discusión sobre la posibilidad de que este cambio fuera internamente motivado, es decir, como un cambio del sistema intralingüístico, o externamente motivado por la influencia del español, el cual carece de este sonido. De manera especulativa, nos inclinamos por un cambio de fusión por aproximación, pero externamente motivado por la influencia del español. Sin embargo, es claro que para tener una idea mejor del tipo de cambio es importante considerar aspectos diacrónicos y la utilización de tareas de elicitación conducentes a explorar un tipo de cambio en curso. Ambos aspectos, además de la necesidad de realizar estudios similares con análisis acústicos y estadísticos en otras variantes del mapudungun y en otros grupos etarios constituyen las proyecciones de este estudio.

Las consonantes retroflejas no habían sido foco en los estudios previos del mapudungun. El primer acercamiento que se realizó en esta investigación fue descriptivo, porque consideramos que era necesario indicar cuáles son los alófonos de los fonemas /ɲ/ y /t͡ʃ/, el contexto de aparición de los mismos y su frecuencia, además de contrastarlos con otras variedades de la zona

pehuenche. En la actualidad, en Alto Biobío, el fonema /ɲ/ presenta los alófonos [ɲ], [ɲʲ], [z̲]; y el fonema /t͡ʂ/, los alófonos [t͡ʂ] y [t]. Esta localidad se distingue de las otras comunidades del cordón cordillerano pehuenche porque es la que presenta más realizaciones [ɲʲ], mientras que en los otros sectores, e incluso en el habla de escolares de la misma localidad, [z̲] es mayoritaria. Pensamos que es posible que exista un incipiente proceso de debilitamiento de /ɲ/ desde [z̲] > [ɲ] > [ɲʲ] > Ø y que este fenómeno puede que dependa de la zona dialectal, ya que en huilliche el fonema /ɲ/ también experimenta un proceso de cambio caracterizado por el ensordecimiento de este fonema e, incluso, la alternancia con [ʃ]. Por esta razón, consideramos que las consonantes retroflejas aportan información dialectal valiosa, tanto en las localidades pehuenche, como en otras zonas dialectales, por lo que sería importante realizar más estudios focalizados en ellas. En cuanto a la segunda parte del estudio de las consonantes retroflejas, decidimos determinar qué es lo que diferencia acústicamente a la consonante africada retrofleja áfona /t͡ʂ/ de la africada alveopalatal áfona /t͡ʃ/ para entender cómo funciona la retroflexión en mapudungun y, así, sintonizar con los estudios que se han realizado en otras lenguas, tanto mayoritarias como minoritarias,

que buscan resolver las claves acústicas que diferencian a los sonidos coronales. En este caso, evaluamos F2 y F3 tanto en la transición CV como VC y los resultados mostraron que, a diferencia de la gran mayoría de los estudios, F3 no permite distinguir las consonantes retroflejas de las no retroflejas en mapudungun. En cambio, es F2, en todos los contextos, el formante que, a pesar de la variabilidad que se ha reportado, en mapudungun permite diferenciar a ambos sonidos. De esta manera, proyectamos que sería interesante analizar si F2 también distingue la consonante aproximante retrofleja /ɻ/ de la consonante aproximante palatal sonora /j/, a pesar de que esta última consonante no es coronal.

El contraste interdental-alveolar ha sido uno de los temas más abordados en la fonología segmental del mapudungun. Recientemente, se han incorporado herramientas acústicas y estadísticas para conocer qué claves acústicas permiten distinguir entre ambas consonantes y si estas claves permiten determinar la vigencia del contraste en una determinada zona de habla mapuche. En este estudio, los resultados indicaron que a partir de las *locus equations* solamente es posible distinguir interdentales de alveolares

cuando el modo de articulación es lateral; en el caso de las oclusivas áfonas y nasales, los resultados de F2 ataque y F2 medio, la pendiente, el intercepto y  $R^2$  no fueron capaces de distinguir interdental de alveolar. Estos resultados podrían revelar, por una parte, que las *locus equations* no son lo suficientemente informativas y, por ende, no permiten distinguir interdental de alveolar en mapudungun, pero también podrían indicar que en Alto Biobío solamente ocurre el contraste cuando las consonantes son laterales. En la discusión, se planteó la necesidad de diferenciar entre la medición acústica como correlato del contraste interdental-alveolar y la vigencia del mismo. En este estudio en particular, las grabaciones de video complementarias a las transcripciones fonéticas y fonológicas mostraron que, efectivamente, las realizaciones interdental fueron producidas en los modos oclusivo áfono y nasal. Por lo tanto, consideramos que sería importante realizar estudios de percepción para saber si los hablantes de mapudungun perciben auditivamente este contraste; además, sería interesante explorar otras mediciones que permitan distinguir este contraste en todos los modos articulatorios y en todos los contextos fonéticos.

Como conclusiones finales es posible indicar que es necesario incorporar herramientas de fonética acústica y estadística inferencial en el estudio del mapudungun y en cualquier lengua minoritaria, porque de esta manera se obtiene un respaldo lo suficientemente robusto para decir qué es lo que está ocurriendo con los sonidos y, sobre todo, en el caso de estas lenguas, realizar estudios objetivos que permitan su documentación y replicación en trabajos posteriores. Reconocemos que los estudios descriptivos previos han aportado todo el conocimiento actual que se tiene de la fonética y fonología de la lengua mapuche, pero también consideramos que es necesario dar un paso más allá para poder realizar investigaciones que dialoguen con aquellas que se realizan en otras latitudes y aportar al conocimiento de la fonética y fonología de las lenguas en general.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adank, P., Smits, R., y van Hout, R. (2004). A comparison of vowel normalization procedures for language variation research. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 3099–3107.
- Allen, J. S., Miller, J. L., y DeSteno, D. (2003). Individual talker differences in voice-onset-time. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(1), 544-552.
- Alvar, M., Moreno, F., y Ueda, H. (1997). La sexta vocal del mapuche. *Thesaurus*, 52, 183-189.
- Álvarez-Santullano, P. (1986). Descripción fonemática del Huilliche: estudio comparativo. *Alpha*, 2, 45-50.
- Álvarez-Santullano, P. Risco, E. y Forno, A. (2016). Descripción fonético-fonológica del sistema consonántico del mapuche hablado en territorio huilliche en los albores del siglo XXI: a propósito de la noción de continuum. *RLA. Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*, 54, 101-12
- Andersen, R. W. (1982). Determining the linguistic attributes of language attrition. *The loss of language skills*, 83, 118.
- Ashby, M., y Maidment, J. (2005). *Introducing phonetic science*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Babel, M. (2008). The phonetic and phonological effects of moribundity. *University of Pennsylvania Working Papers in Linguistics*, 14(2), 5.
- Baković, E. J. (1994). Strong onsets and Spanish fortition. *MIT Working Papers in Linguistics*, 23, 21–39.
- Behrens, S. J., y Blumstein, S. E. (1988a). Acoustic characteristics of English voiceless fricatives: A descriptive analysis. *Journal of Phonetics*, 16(3), 295-298.
- Behrens, S. J., y Blumstein, S. E. (1988b). On the role of the amplitude of the fricative noise in the perception of place of articulation in voiceless fricative consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(3), 861-867.
- Bengoa, J. (2004). *La memoria olvidada. Historia de los pueblos indígenas de Chile*. Santiago: Cuadernos Bicentenario.
- Bengoa, J. (2011). Los mapuches: historia, cultura y conflicto. *Cahiers des Amériques latines*, 68, 89-107.
- Bhat, D. N. S. (1973). Retroflexion: an areal feature. *Working Papers on Language Universals*, 13, 27-67.
- Bladon, R. A. W., y Al-Bamerni, A. (1976). Coarticulation resistance in English/l. *Journal of Phonetics*, 4(2), 137-150.

- Boersma, P., y Weenink, D. (2018). Praat: doing phonetics by computer [programa de computador]. Recuperado de <http://www.praat.org>.
- Box, G. E. (1949). A general distribution theory for a class of likelihood criteria. *Biometrika*, 36(3/4), 317-346.
- Bray, J. H., Maxwell, S. E., y Maxwell, S. E. (1985). *Multivariate analysis of variance* (No. 54). Sage publications.
- Bullock, B. E., y Gerfen, C. (2004). Frenchville French: A case study in phonological attrition. *International Journal of Bilingualism*, 8(3), 303-320.
- Bundgaard-Nielsen, R. L., Baker, B. J., Kroos, C. H., Harvey, M., y Best, C. T. (2015). Discrimination of multiple coronal stop contrasts in Wubuy (Australia): A natural referent consonant account. *PLoS One*, 10(12), e0142054.
- Burquest, D. (2001). *Phonological Analysis: A functional approach*. Dallas: SIL International.
- Campbell, L., y Muntzel, M. C. (1989). The structural consequences of language death. En N. C. Dorian (Ed.), *Investigating obsolescence: Studies in language contraction and death*, 181-196. Cambridge: Cambridge University Press.
- Casella, G., y Berger, R. L. (2002). *Statistical inference* (Vol. 2). Pacific Grove, CA: Duxbury.

- Catalán, R. (2012). *Estudio fonético acústico de las vocales del mapudungun*. Tesis de Magister. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Chappell, W. (2016). On the social perception of intervocalic /s/ voicing in Costa Rican Spanish. *Language Variation and Change*, 28(3), 357-378.
- Cho, T., y Ladefoged, P. (1999). Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of phonetics*, 27(2), 207-229.
- Choi, K., y Marden, J. (1997). An approach to multivariate rank tests in multivariate analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 92(440), 1581-1590.
- Choo, W. (1999). The relationship between perceptual and physical space of fricatives. Comunicación presentada en *14th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS 99)*, San Francisco, U.S.A.
- Content, A., Kearns, R. K., y Frauenfelder, U. H. (2001). Boundaries versus onsets in syllabic segmentation. *Journal of Memory and Language*, 45(2), 177-199.
- Croese, R. (1980). Estudio dialectológico del mapuche. *Estudios Filológicos*, 15, 7-38.
- Croese, R. (1991). Evidencias léxicas y gramaticales para una posible filiación del mapudungun con la macrofamilia arawaka. *Revista Latinoamericana de Estudios Etnolingüísticos*, 6, 283-296.

- Cutler, A., y Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 14(1), 113.
- Czaplicki, B., Żygis, M., Pape, D., y Jesus, L. (2016). Acoustic evidence of new sibilants in the pronunciation of young Polish women. *Poznan Studies in Contemporary Linguistics*, 52(1), 1-42.
- Dart, S., y Nihalani, P. (1999). The articulation of Malayalam coronal stops and nasals. *Journal of the International Phonetic Association*, 29(2), 129-142.
- De Looze, C., y Hirst, D. (2008). Detecting changes in key and range for the automatic modelling and coding of intonation. Comunicación presentada en *International Conference on Speech Prosody*, Campinas, Brasil.
- Dunn, J. C. (1974). Well-separated clusters and optimal fuzzy partitions. *Journal of Cybernetics*, 4(1), 95-104.
- Echeverría, M. (1964). Descripción fonológica del mapuche actual. *Boletín de Filología de la Universidad de Chile*, XVI, 13-19.
- Everett, C. (2008). Locus equation analysis as a tool for linguistic fieldwork. *Language Documentation & Conservation*, 2(2), 185-211.
- Fabricius, A. H., Watt, D., y Johnson, D. E. (2009). A comparison of three speaker-intrinsic vowel formant frequency normalization algorithms for sociophonetics. *Language Variation and Change*, 21(3), 413-435.

- Fasola, C., Painequeo, H., Lee, S., y Perkins, J. (2015). Acoustic properties of the dental vs. alveolar contrast in Mapudungun. Comunicación presentada en *18th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS 2015)*, Glasgow, UK.
- Field, A., Miles, J., y Field, Z. (2012). *Discovering statistics using R*. Sage publications.
- Figueroa, M., y Kim, Y. (en prensa). Measuring Consonants. En R. Knight y J. Setter (Eds.), *Cambridge Handbook of Phonetic Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Figueroa, M., Salamanca, G., Painequeo, H., Márquez, C. y Bertín, A. (2019). Evidencia del contraste interdental/alveolar en el mapudungun hablado en la costa: un estudio acústico-estadístico. *Onomázein*, 44, 191-216.
- Flege, J. E., Schirru, C., MacKay, I. R. (2003). Interaction between the native and second language phonetic subsystems. *Speech communication*, 40(4), 467-491.
- Forrest, K., Weismer, G., Milenkovic, P., y Dougall, R. N. (1988). Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: preliminary data. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(1), 115-123.
- Fougeron, C. (2001). Articulatory properties of initial segments in several prosodic constituents in French. *Journal of phonetics*, 29(2), 109-135.

- Fowler, C. A. (1994). Invariants, specifiers, cues: An investigation of locus equations as information for place of articulation. *Perception & Psychophysics*, 55(6), 597-610.
- Fox, R. A., Flege, J. E., y Munro, M. J. (1995). The perception of English and Spanish vowels by native English and Spanish listeners: A multidimensional scaling analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(4), 2540-2551.
- Fox, J., Friendly, M., y Monettea, G. (2018). heplots: Visualizing Tests in Multivariate Linear Models. R package version 1.3-5. URL <https://CRAN.R-project.org/package=heplots>
- Fox, J., y Weisberg, S. (2011). *An R companion to applied regression*. (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Fuentes, D., y Salamanca, G. (2016). ¿Los fonemas /v/ y /ð/ presentan alófonos aproximantes en el Chedungun hablado en el Alto Bío-Bío?: Evidencias desde una perspectiva acústica. *Literatura y Lingüística*, 33, 267-288
- Fujimura, O. (1990). Methods and goals of speech production research. *Language and Speech*, 33(3), 195-258.
- Gordon, M. (2013). Investigating chain shifts and mergers, en J. K. Chambers y N. Schilling (Eds.), *The handbook of language variation and change*, 203-219. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

- Gordon, M., Barthmaier, P., y Sands, K. (2002). A cross-linguistic acoustic study of voiceless fricatives. *Journal of the International Phonetic Association*, 32(2), 141-174.
- Graetzer, S., Fletcher, J., y Hajek, J. (2015). Locus equations and coarticulation in three Australian languages. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(2), 806-821.
- Greenberg, J. (1963). *Universals of Language*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Greenberg, J. (1966). *Language Universals*. The Hague: Mouton.
- Gundermann, H., Canihuan, J., Clavería, A., y Faúndez, C. (2009). Permanencia y desplazamiento, hipótesis acerca de la vitalidad del mapuzugun. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 47(1), 37-60.
- Hamann, S. R. (2003). *The phonetics and phonology of retroflexes*. Tesis de Doctorado. Utrecht, the Netherlands: LOT Press.
- Hamann, S. (2004). Retroflex fricatives in Slavic languages. *Journal of the International Phonetic Association*, 34(1), 53-67.
- Hamann, S., y Fuchs, S. (2010). Retroflexion of voiced stops: data from Dhao, Thulung, Afar and German. *Language and speech*, 53(2), 181-216.



- Hamilton, P. (1996) *Phonetic constraints and markedness in the phonotactics of Australian Aboriginal languages*. Toronto: University of Toronto.
- Hartigan, J. A., y Wong, M. A. (1979). A K-means clustering algorithm, algorithm. *Applied Statistics*, 28, 100-108.
- Hay, J., Warren, P., y Drager, K. (2006). Factors influencing speech perception in the context of a merger-in-progress. *Journal of phonetics*, 34(4), 458-484.
- Hedrick, M., y Ohde, R. (1993). Effect of relative amplitude of frication on perception of place of articulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 94(4), 2005-2026.
- Henríquez, M. (2016). Vitalidad de la fonología segmental del Mapudungun de escolares Mapuches de Tirúa. *Nueva Revista del Pacífico*, 64, 27-66.
- Henríquez, M. (2017). Aproximaciones a la fonología del chedungun: un estudio exploratorio en niños pewenches del Alto Bío-Bío. *Nueva Revista del Pacífico*, 66, 99-114.
- Henríquez, M., y Fuentes, D. (2018). Realizaciones de los fonemas  $/tʃ/$  y  $/tʂ/$  en el chedungun hablado por niños bilingües del Alto Biobío: un análisis espectrográfico. *Literatura y Lingüística*, 37, 253-272.

- Henríquez, M., y Salamanca, G. (2012). Rasgos prominentes de la fonología segmental del chedungun hablado por escolares del Alto Bío-Bío. *Alpha*, 34, 153-171.
- Henríquez, M., y Salamanca, G. (2015). Vitalidad de la fonología segmental del chedungun hablado por escolares del Alto BioBío. *Alpha*, 41, 207-231.
- Herold, R. (1990). *Mechanisms of merger: The implementation and distribution of the low back merger in Eastern Pennsylvania*. Tesis de Doctorado. University of Pennsylvania, Pennsylvania.
- Holmes, J. (1996). Losing voice: is final /z/ devoicing a feature of Maori English? *World Englishes*, 15(2), 193-205.
- Hussain, Q., Proctor, M., Harvey, M., y Demuth, K. (2017). Acoustic characteristics of Punjabi retroflex and dental stops. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(6), 4522-4542.
- Iverson, P., Hazan, V., y Bannister, K. (2005). Phonetic training with acoustic cue manipulations: A comparison of methods for teaching English /r/-/l/ to Japanese adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(5), 3267-3278.
- Iverson, P., y Kuhl, P. K. (1995). Mapping the perceptual magnet effect for speech using signal detection theory and multidimensional scaling. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(1), 553-562.

- Jannedy, S., y Weirich, M. (2017). Spectral moments vs discrete cosine transformation coefficients: Evaluation of acoustic measures distinguishing two merging German fricatives. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(1), 395-405.
- Jesus, L., y Shadle, C. (2002). A parametric study of the spectral characteristics of European Portuguese fricatives. *Journal of Phonetics*, 30(3), 437-464.
- Johnson, K. (2012). *Acoustic and auditory phonetics*. Singapore: Wiley-Blackwell.
- Johnson, D. E. (2015). Quantifying overlap with Bhattacharyya's affinity (and other measures!). Comunicación presentada en *44th conference on New Ways of Analyzing Variation*, Toronto, Canada.
- Jongman, A., Wayland, R., y Wong, S. (2000). Acoustic characteristics of English fricatives. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(3), 1252-1263.
- Key, M. R. (1978). Araucanian genetic relationships. *International Journal of American Linguistics*, 44(4), 280-293.
- Krull, D. (1988). *Acoustic properties as predictors of perceptual responses: A study of Swedish voiced stops*. Tesis de Doctorado. University of Stockholm, Stockholm.

- Krull, D. (1989). Second formant locus patterns and consonant-vowel coarticulation in spontaneous speech. *Phonetic Experimental Research at the Institute of Linguistics, University of Stockholm*, 10, 87-108.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., y Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26.
- Labov, W. (1999). *Principles of Linguistic Change: Internal Factors*. Malden, Mass.: Blackwell Publishing.
- Ladefoged, P. (1968). *A phonetic study of West African languages: An auditory-instrumental survey* (No. 1). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ladefoged, P., y Bhaskararao, P. (1983). Non-quantal aspects of consonant production: A study of retroflex consonants. *Journal of phonetics*, 11(3), 291-302.
- Ladefoged, P., y Johnson, K. (2010). *A Course in Phonetics*. Wadsworth: Cengage Learning.
- Ladefoged, P., y Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages* (Vol. 1012). Oxford: Blackwell.
- Lagos, D. (1981). El estrato fónico del mapudungu(n). *Nueva Revista del Pacífico*, 19/20, 42-66.

- Lagos, D. (2001). “La Lengua Mapuche”, en Ch. Clairis, A. M. Guerra, D. Lagos, A. Riffo, C. Villalón (Eds.), *Fonologías de las Lenguas Indígenas de Chile: Aymara, Pascuense, Mapuche, Qawasqar y Yagan*. Valparaíso: Universidad de Playa Ancha, 224-267.
- Lee, S. J., Tshithuke, S., y Suzuki, M. (2018). An acoustic study of dental vs. alveolar contrast in Tshivenda nasals. Comunicación presentada en *The 156th Linguistics Society of Japan*, Tokio, Japón.
- Lenz, R. (1895). Estudios araucanos. *Anales de la Universidad de Chile*, XC–XCVIII.
- Lewis, P., G. Simons y C. Fennig (Eds.), *Ethnologue: Languages of the World, Nineteenth Edition*. Dallas: SIL International, 2016. Versión en línea: <http://www.ethnologue.com>
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., y Licata, L. (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.
- Lindblom, B. (1963). *On vowel reduction*. Report No. 29. Sweden: Speech Transmission Laboratory, The Royal Institute of Technology.
- Maddieson, I., y Disner, S. F. (1984). *Patterns of sounds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Martínez Celdrán, E. (1998). *Análisis espectrográfico de los sonidos del habla*. Barcelona: Ariel.

- Mena, D., y Salamanca, G. (2018). Transferencias fonético-fonológicas del español en el mapudungún hablado por la población adulta de Alto Biobío, Octava Región, Chile. *Literatura y Lingüística*, 37, 237-251.
- Miotti, R. (2005). Análisis acústico-uditiva del vocalismo mapuche. Aspecti temporale e timbrico. *RLA: Revista de lingüística teórica y aplicada*, 43(1), 45-65.
- Mohamad, I. B., y Usman, D. (2013). Standardization and its effects on K-means clustering algorithm. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(17), 3299-3303.
- Narváez, F. (2019). *Variación fonético-fonológica en el chedungun hablado por escolares bilingües del Alto Bío-Bío: el caso de los fonemas fricativos /ð/ y /v/ y africados /tʃ/ y /tʂ/*. Tesis de Magister. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción.
- Nearey, T. M. (1977). *Phonetic feature systems for vowels*. Tesis de Doctorado. University of Alberta, Alberta. [Reimpreso en 1978, the Indiana University Linguistics Club].
- Nearey, T. M., y Shammass, S. E. (1987). Formant transitions as partly distinctive invariant properties in the identification of voiced stops. *Canadian Acoustics*, 15(4), 17-24.
- Nirgianaki, E. (2014). Acoustic characteristics of Greek fricatives. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(5), 2964-2976.

- Nissen, S., y Fox, R. (2005). Acoustic and spectral characteristics of young children's fricative productions: A developmental perspective. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(4), 2570-2578.
- Olate Vinet, A., Cisternas, C., Wittig, F., y Flores, J. (2017). Los misioneros capuchinos bávaros y sus ideologías lingüísticas sobre la lengua mapuche. *Nueva Revista del Pacífico*, 67, 130-156.
- Painequeo, H. (2014). *El estatus fonológico de los segmentos (inter)dentales [t̪], [l̪], [ɲ], y el fono alveopalatal fricativo [ʃ] en el sistema fonológico de la lengua mapuche del sector Budi, de la región de La Araucanía, Chile*. Tesis de Doctorado. Universidad de Concepción, Concepción.
- Pérez, C., y Salamanca, G. (2017). El mapuche hablado en Curarrehue: fonemas segmentales, fonotaxis y comparación con otras variedades. *Literatura y Lingüística*, 35, 313-334.
- Pike, K. (1947). *Phonemics: A Technique for Reducing Languages to Writing*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- R Core Team (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reetz, H., y Jongman, A. (2011). *Phonetics: Transcription, production, acoustics, and perception*. Chichester: Wiley-Blackwell.

- Richards, P., y Gardner, J. A. (2013). Still seeking recognition: Mapuche demands, state violence, and discrimination in democratic Chile. *Latin American and Caribbean Ethnic Studies*, 8(3), 255-279.
- Román, D. (2011). *Manual para el análisis fonético acústico*. Santiago: Pfeifler.
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, 20, 53-65.
- Sadowsky, S., Painequeo, H., Salamanca, G., y Avelino, H. (2013). Mapudungun. *Journal of the International Phonetic Association*, 43(1), 87-96.
- Salamanca, G. (1997). Fonología del pehuenche hablado en el Alto Bío Bío. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 35, 113-124.
- Salamanca, G., Aguilar, E., Alvear, K. y Barrientos, K. (2009). Mapuche hablado en Melipeuco: Fonemas segmentales, fonotaxis y comparación con otras variedades. *Logos*, 19(2), 74-95.
- Salamanca, G., Cifuentes, E., y Figueroa, M. (2011). Sistematización de criterios para la determinación de fonos, alófonos y formas básicas de los fonemas del español de Chile: una herramienta para la investigación y la docencia. *Boletín de Filología*, 46(2), 107-133.



- Salamanca, G. y Mena, D. (2017). Re-análisis de aspectos controversiales de la fonología del chedungun hablado en Alto Biobío: el estatus fonético-fonológico del fono fricativo alveopalatal áfono [ʃ]. *Onomázein*, 36, 10-24.
- Salamanca, G., Mena, D., y Henríquez, M. (2015). Frecuencia y distribución de vocales ensordecidas en el habla de 20 escolares pehuenches de 2 comunidades de Alto Bío-Bío (Butalelbun y Cauñicu). *Nueva Revista del Pacífico*, 62, 76-109.
- Salamanca, G., y Quintrileo, E. (2009). El mapuche hablado en Tirúa: Fonemas segmentales, fonotaxis y comparación con otras variedades. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 47(1), 13-35.
- Salamanca, G., Soto-Barba, J., Painequeo H., y Jiménez, M. (2017). Reanálisis de aspectos controversiales de la fonología del chedungun hablado en Alto Biobío: El estatus fonético-fonológico de las interdentales. *Alpha*, 45, 273-289.
- Salas, A. (1976). Esbozo fonológico del mapudungu, lengua de los mapuches o araucanos de Chile central. *Estudios Filológicos*, 11, 143-153.
- Salas, A. (2006). *El mapuche o araucano. Fonología gramática y antología de cuentos*. Santiago: Centro de Estudios Públicos.
- Sánchez, G. (1989). Relatos orales en pehuenche chileno. *Anales de la Universidad de Chile. Estudios en honor de Yolando Pino Saavedra*, 17, 289-360.

- Sánchez, M. y Salamanca, G. (2015). El mapuche hablado en Lonquimay: Fonemas segmentales, fonotaxis y comparación con otras variedades. *Literatura y Lingüística*, 31, 295-334.
- Smeets, I. (1989). *A Mapuche Grammar*. Tesis de Doctorado. Rijksuniversiteit te Leiden, Leiden.
- Smeets, I. (2008). *A grammar of Mapuche*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Soto-Barba, J., Lara, I., y Salamanca, G. (2016). Descripción fonético-acústica de la sexta vocal en el chedungun hablado en Alto Bío-Bío. *Onomázein*, 34, 229-241.
- Spinu, L., y Lilley, J. (2016). A comparison of cepstral coefficients and spectral moments in the classification of Romanian fricatives. *Journal of Phonetics*, 57, 40-58.
- Stark, L. R. (1970). Mayan affinities with Araucanian. *Chicago Linguistics Society*, 6, 57- 69.
- Stevens, K. N., y Blumstein, S. E. (1975). Quantal aspects of consonant production and perception: A study of retroflex stop consonants. *Journal of Phonetics*, 3(4), 215-233.
- Suárez, J. A. (1959). The phonemes of an Araucanian dialect. *International Journal of American Linguistics*, 25(3), 177-181.

- Sussman, H. (1994). The phonological reality of locus equations across manner class distinctions: Preliminary observations. *Phonetica*, 51(1-3), 119-131.
- Sussman, H. M., Hoemeke, K. A., y Ahmed, F. S. (1993). A cross-linguistic investigation of locus equations as a phonetic descriptor for place of articulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 94(3), 1256-1268.
- Sussman, H., McCaffrey, H., y Matthews, S. (1991). An investigation of locus equations as a source of relational invariance for stop place categorization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 90(3), 1309-1325.
- Sussman, H., y Shore, J. (1996). Locus equations as phonetic descriptors of consonantal place of articulation. *Perception & psychophysics*, 58(6), 936-946.
- Tabain, M. (1998). Non-sibilant fricatives in English: Spectral information above 10 kHz. *Phonetica*, 55(3), 107-130.
- Tabain, M., y Butcher, A. (1999). Stop consonants in Yanyuwa and Yindjibarndi: locus equation data. *Journal of Phonetics*, 27(4), 333-357.
- Tabain, M., Butcher, A., Breen, G., y Beare, R. (2016a). An acoustic study of multiple lateral consonants in three Central Australian languages. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(1), 361-372.

- Tabain, M., Butcher, A., Breen, G., y Beare, R. (2016b). An acoustic study of nasal consonants in three Central Australian languages. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(2), 890-903.
- Tabain, M., Butcher, A., Breen, G., y Beare, R. (2020). A formant study of the alveolar versus retroflex contrast in three Central Australian languages: Stop, nasal, and lateral manners of articulation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(4), 2745-2765.
- Thomason, S. G. (2001). *Language contact*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Thomason, S. G., y Kaufman, T. (1988). *Language contact, creolization, and genetic linguistics*. Berkeley: University of California Press.
- Trubetzkoy, N. S. (1958). *Grundztlge der Phonologie*. Gottingen: Vandenhoeck and Ruprecht.
- Trudgill, P., y Foxcroft, T. (1978). On the sociolinguistics of vocalic mergers: Transfer and approximation in East Anglia. *Sociolinguistic Patterns in British English*, 69-79.
- Urrea, P. (2020). *Fonemas segmentales y realizaciones alofónicas del mapudungun hablado en Icalma y configuración de un perfil fonético-fonológico del cordón cordillerano de habla mapuche-pewenche*. Tesis de Magíster. Universidad de Concepción, Concepción.

- Vaissière, J. (1988). Prediction of velum movement from phonological specifications. *Phonetica*, 45(2-4), 122-139.
- Villasenor Alva, J. A., y Estrada, E. G. (2009). A generalization of Shapiro–Wilk's test for multivariate normality. *Communications in Statistics—Theory and Methods*, 38(11), 1870-1883.
- Weinreich, U. (1968). *Language in contact: Findings and Problems*. The Hague-Paris: Mouton.
- Yeou, M. (1997). Locus equations and the degree of coarticulation of Arabic consonants. *Phonetica*, 54(3-4), 187-202.
- Zúñiga, F. (2006). *Mapudungun: el habla mapuche: introducción a la lengua mapuche, con notas comparativas y un CD*. Santiago: Centro de Estudios Públicos.
- Zúñiga, F. (2007). Mapudunguwelaymi am?"¿Acaso ya no hablas mapudungun?": acerca del estado actual de la lengua mapuche. *Estudios públicos*, 105, 9-24.
- Zúñiga, F. (2017). Mapudungun. En M. Fortescue, M. Mithune y N. Evans (Eds.), *The Oxford handbook of polysynthesis*, 696–712. Oxford: Oxford University Press.

Zúñiga, F. y Olate, A. (2017). El estado de la lengua mapuche, diez años después. En I. Aninat, V. Figueroa y R. González (Eds.), *El pueblo mapuche en el siglo XXI: Propuestas para un nuevo entendimiento entre culturas en Chile*, 342–374. Santiago: Centro de Estudios Públicos.

