

**Métodos experimentales
en la investigación del
debilitamiento
consonántico en español:
captura de movimiento y
ecografía 2D**

Karolina Broś
Universidad de Varsovia
charla GRESIB, 22.03.2024



Resumen de los datos previos

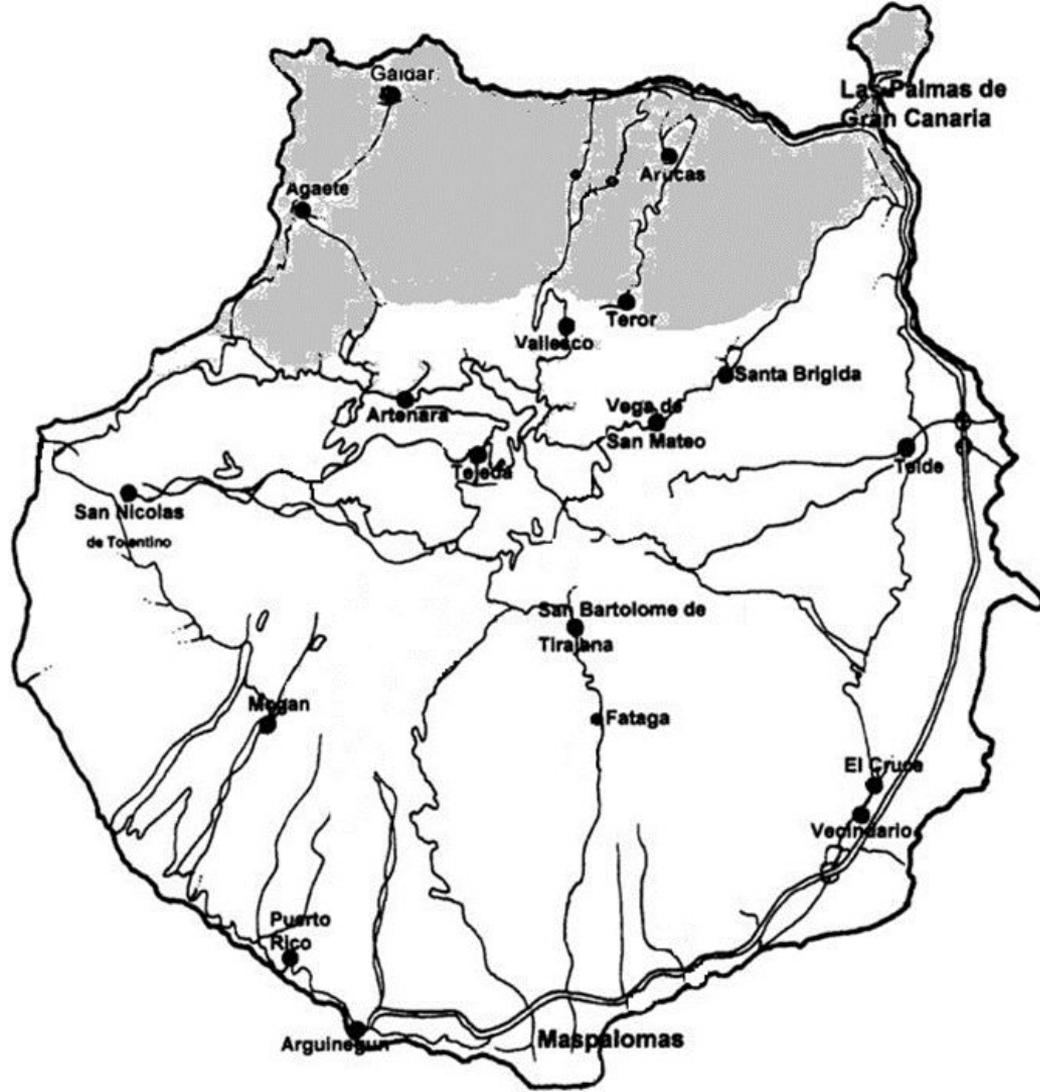
- Tema de interés: debilitamiento consonántico en español
- Enfoque: dialecto canario
- Apertura relativa de las consonantes

Resumen de los datos previos

- /b d g/ se debilitan en posición intervocálica y tras consonantes no nasales en español (una regla alofónica, Harris 1969, Mascaró 1984)
- estudios fonéticos sobre diferentes dialectos de español aportan datos contradictorios
- debilitamiento limitado o bloqueado, especialmente tras /s/ (Amastae 1989, Eddington 2011)

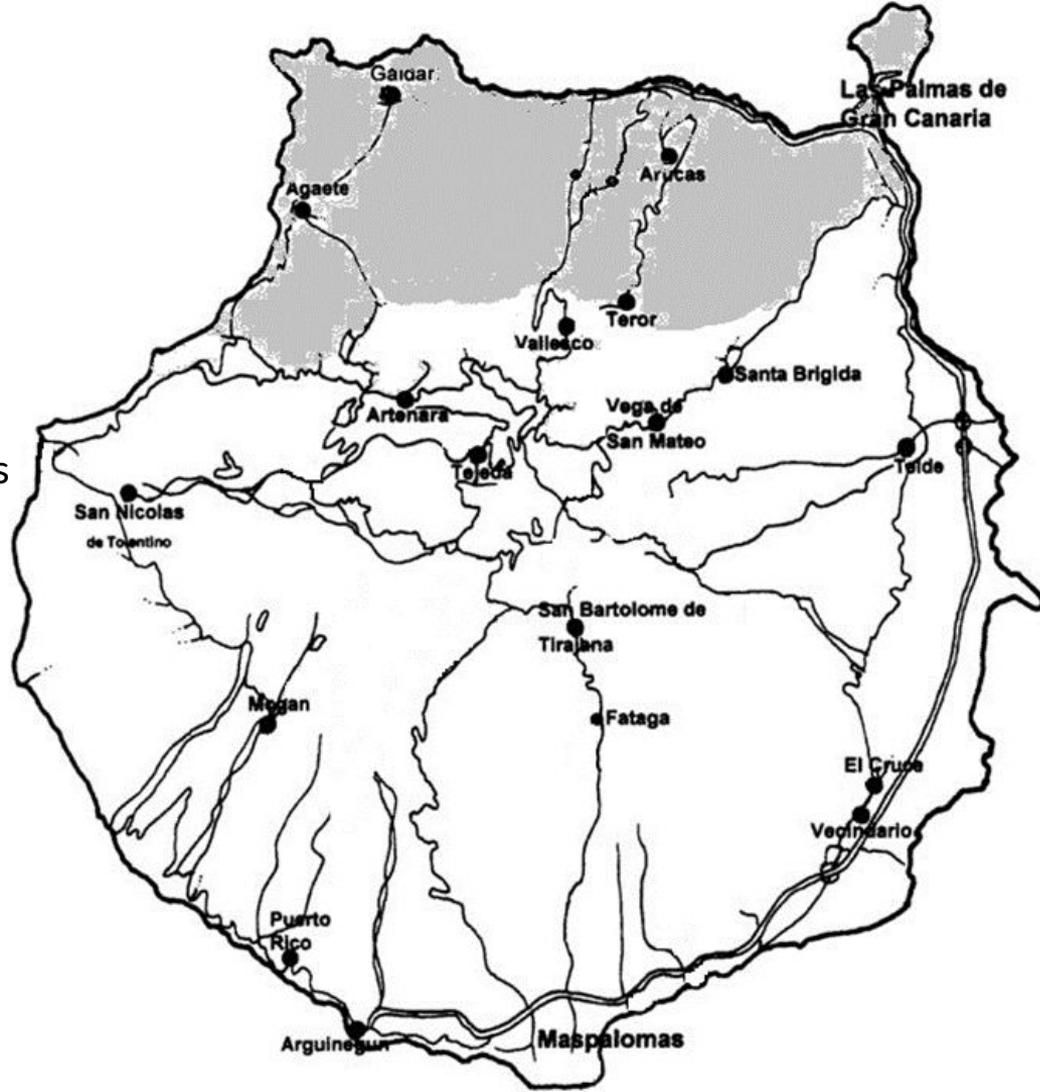
El español hablado en Gran Canaria

- tanto /p t k/ como /b d g/ se debilitan
- /b d g/ se realizan como aproximantes o se suprimen postvocálicamente
- /p t k/ se sonorizan o se vuelven aproximantes postvocálicamente
- /tʃ/ tb se sonoriza en posición postvocálica



El español hablado en Gran Canaria

- Elisiones consonánticas generalizadas en el dialecto
- ¿Qué ocurre con /b d g/ tras consonantes que no sean nasales o /l/?
- Efecto de bloqueo de aproximantización en posición postvocálica derivada: *la vaca* vs *las vacas*
- El porcentaje de formas debilitadas en contextos postvocálicos derivados es más bajo



Ejemplos

UR	Example	Majority realization	Other realizations
/p/	<i>la paciencia</i> 'the patience'	[la.ɓa.'sjen.sja]	[la.pa.'sjen.sja], [la.ba.'sjen.sja], [la.βa.'sjen.sja]
/p/	<i>Las Palmas</i>	[la.'palmah]	[la.'ɓalmah], [la.'balmah]
/b/	<i>la barrera</i> 'the wall'	[la.βa.'re.ra]	[la.βa.'re.ra], [la:.'re.ra]
/b/	<i>las vacas</i> 'the cows'	[la.'ba.kah]	[la.'βa.kah]

Solo que la /s/ no siempre se suprime

Condicionamiento fonológico

	/p/	/t/	/k/	/b/	/d/	/g/
post-deletion	391	642	410	186	472	46
voiceless stop	88.2%	93.8%	72.0%	0.5%	0.4%	4.3%
voiced stop	7.9%	5.3%	11.7%	62.9%	68.4%	37.0%
approximant	3.8%	0.9%	16.3%	36.6%	31.1%	58.7%

84.7% vs 15.3%

56.1% vs 42.1%

postvocalic	1769	2225	3177	1902	1854	594
voiceless stop	48.5%	54.7%	39.3%	0.0%	0.3%	0.2%
voiced stop	37.9%	35.9%	28.5%	3.4%	7.5%	4.7%
approximant	13.6%	9.4%	32.3%	96.6%	92.2%	95.1%

47.5% vs 52.5%

5.2% vs 94.6%

Captura de vídeo (motion capture)

trabajo conjunto:

*Karolina Broś (k.bros@uw.edu.pl) &
Peter A. Krause (peter.krause@csuci.edu)*

Universidad de Varsovia & CSU Channel Islands

1ª pregunta

DEBILITAMIENTO EN CONTEXTOS DE ELISIÓN CONSONÁNTICA

Las consecuencias de la elisión opcional de la /s/

Las opciones de formas singulares y plurales:

- | | | | |
|---------------------|-------------|--------------------|-----------------------------|
| 1. <i>la vaca</i> | /la#baka/ | UR VCV | debilitamiento de /b/ |
| 2. <i>las vacas</i> | /las#bakas/ | elisión de /s/ | (sin) debilitamiento de /b/ |
| 3. <i>las vacas</i> | /las#bakas/ | sin elisión de /s/ | ¿debilitamiento de /b/? |

Hay una diferencia entre 2 y 3?

¿Containment [la no supresión total]?

- ❑ Si la lenición se bloquea tanto después de una /s/ suprimida como después de una /s/ retenida: evidencia contra el debilitamiento postconsonántico en el dialecto
- ❑ Si el mismo tipo de bloqueo: evidencia a favor de la no supresión / no pronunciación de la /s/

2ª pregunta

DEBILITAMIENTO EN CONTEXTOS PROSÓDICOS MÁS ALLÁ DE LA PALABRA

El acento léxico y el foco

- ❑ Estudios previos demuestran la importancia del acento léxico: más debilitamiento en sílabas no acentuadas

Un método nuevo

Motion capture:

- ❑ grabaciones de vídeo con cámara de internet para la exploración del movimiento de los labios
- ❑ 16 hablantes de Gran Canaria de entre 24 y 55 años
- ❑ se incluyeron las labiales /p b/ y sus realizaciones fonéticas ([p b̞ b̝ β β̞]), 376 frases con 560 palabras clave
- ❑ condiciones: supresión (VsCV), no supresión (VCV), S, US, SF
- ❑ las vocales a la izquierda y a la derecha eran siempre /a/

Ejemplos de frases usadas en el estudio

La **barrera** estaba mal colocada y el portero no veía. US /b/

La **banda** de música empezó el concierto con la **bamba**. S /b/, SF /b/

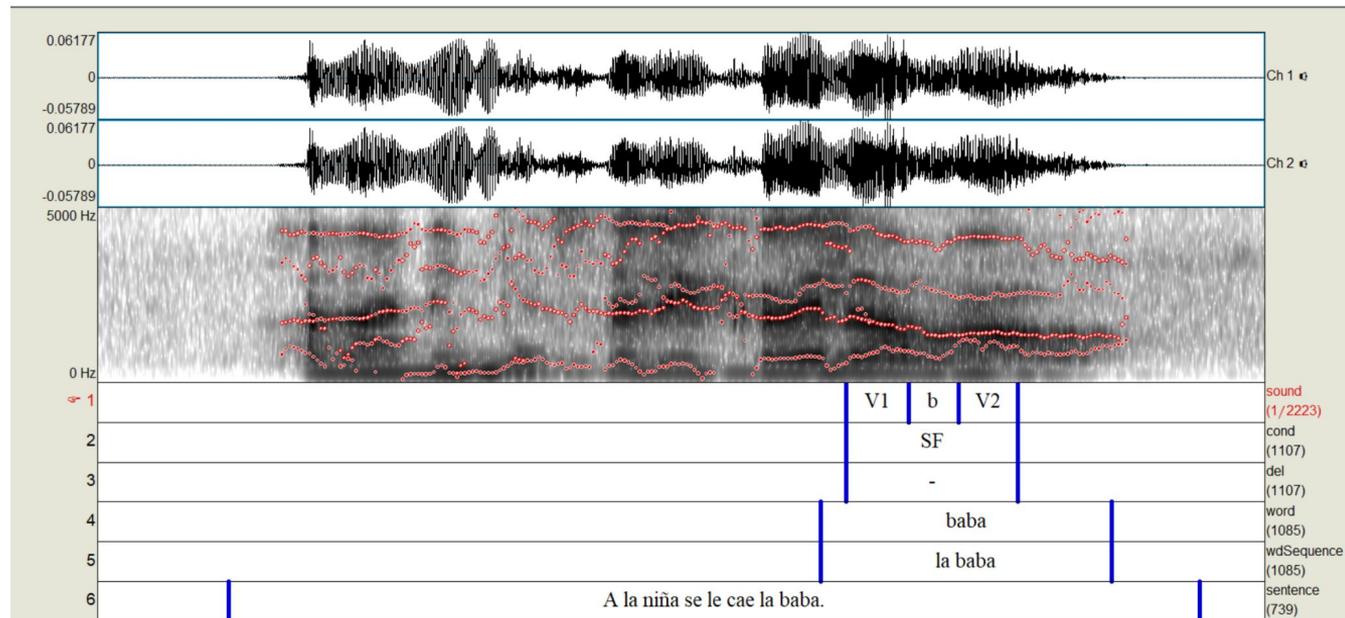
La **paciencia** de esa mujer me tenía impresionado. US /p/

La **vaca** de Juan cuesta **mucho pasta**. S /b/, SF /p/

Las **Vacas Locas** es una banda de música de Tenerife. DEL /b/

Extracción de datos y análisis del vídeo

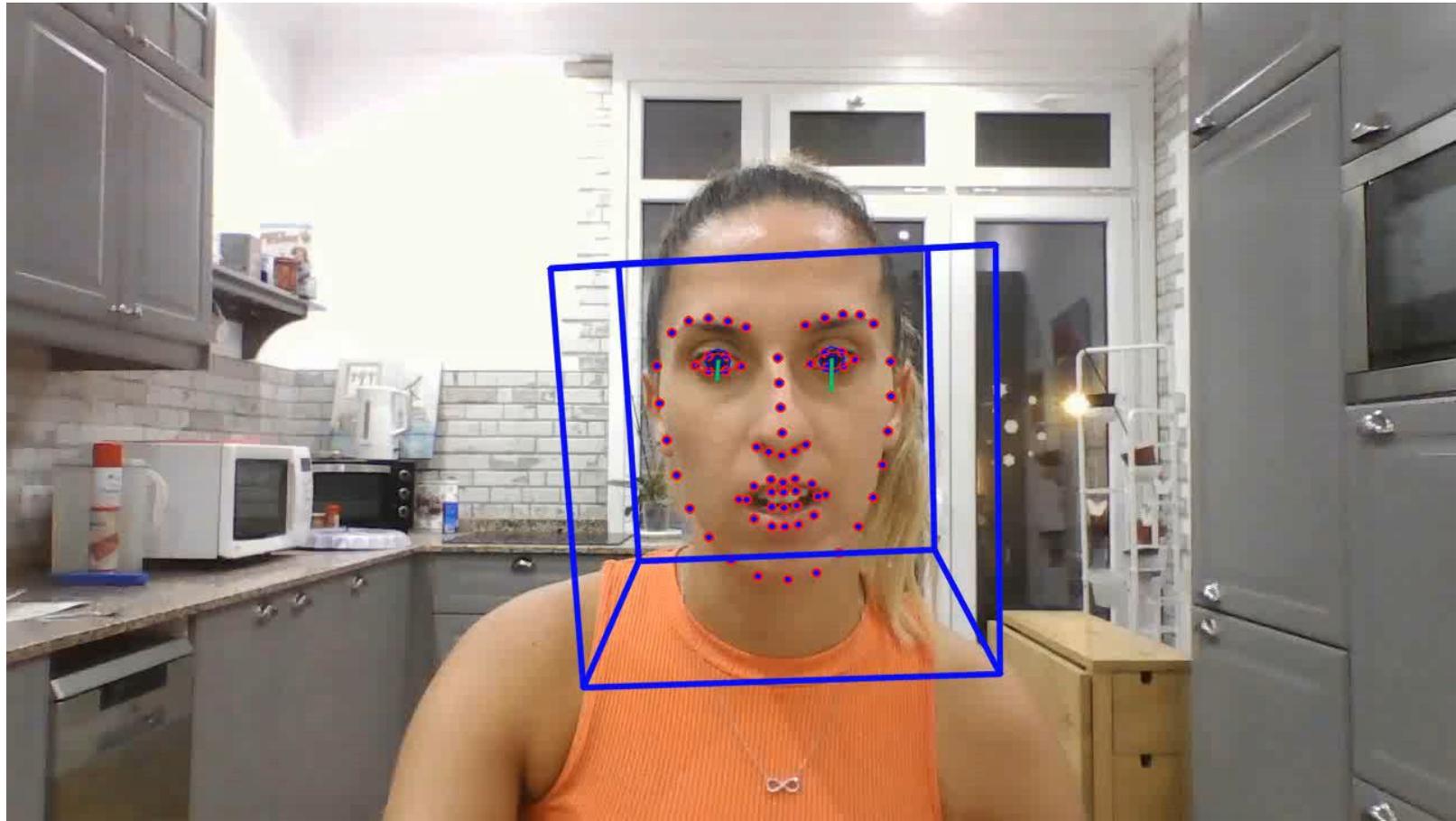
Las marcas temporales de las palabras objetivo y sus secuencias de segmentos VCV críticos se anotaron en Praat TextGrids



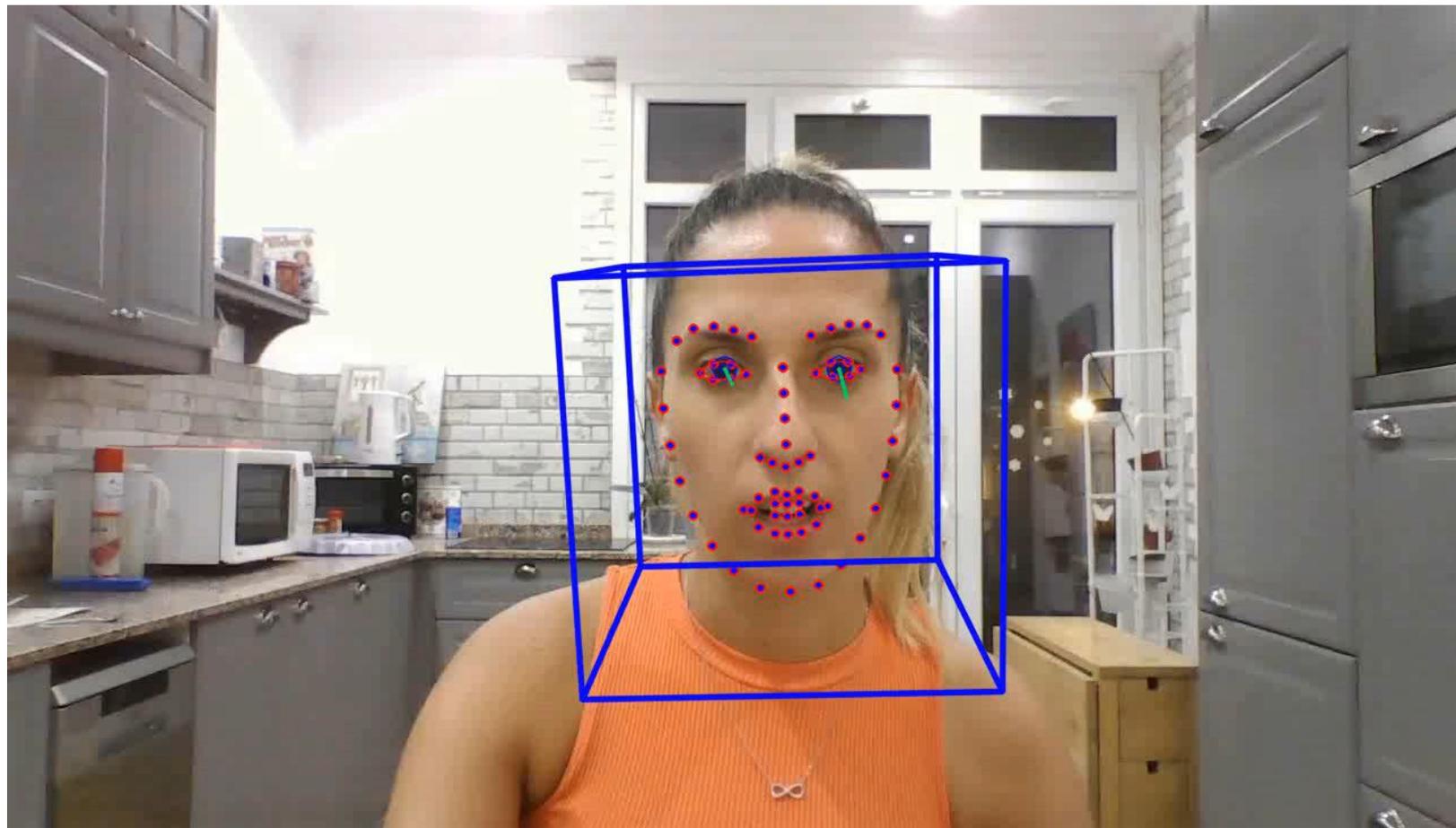
Extracción de datos y análisis del vídeo

- ❑ Un script personalizado de Python utilizó estas marcas temporales como base para dividir el vídeo de cada participante en segmentos que contenían solo las secuencias VCV o VsCV
- ❑ A continuación, cada segmento de vídeo se procesó mediante la utilidad de seguimiento facial OpenFace 2.0 (Baltrušaitis et al., 2018) - véanse los siguientes ejemplos

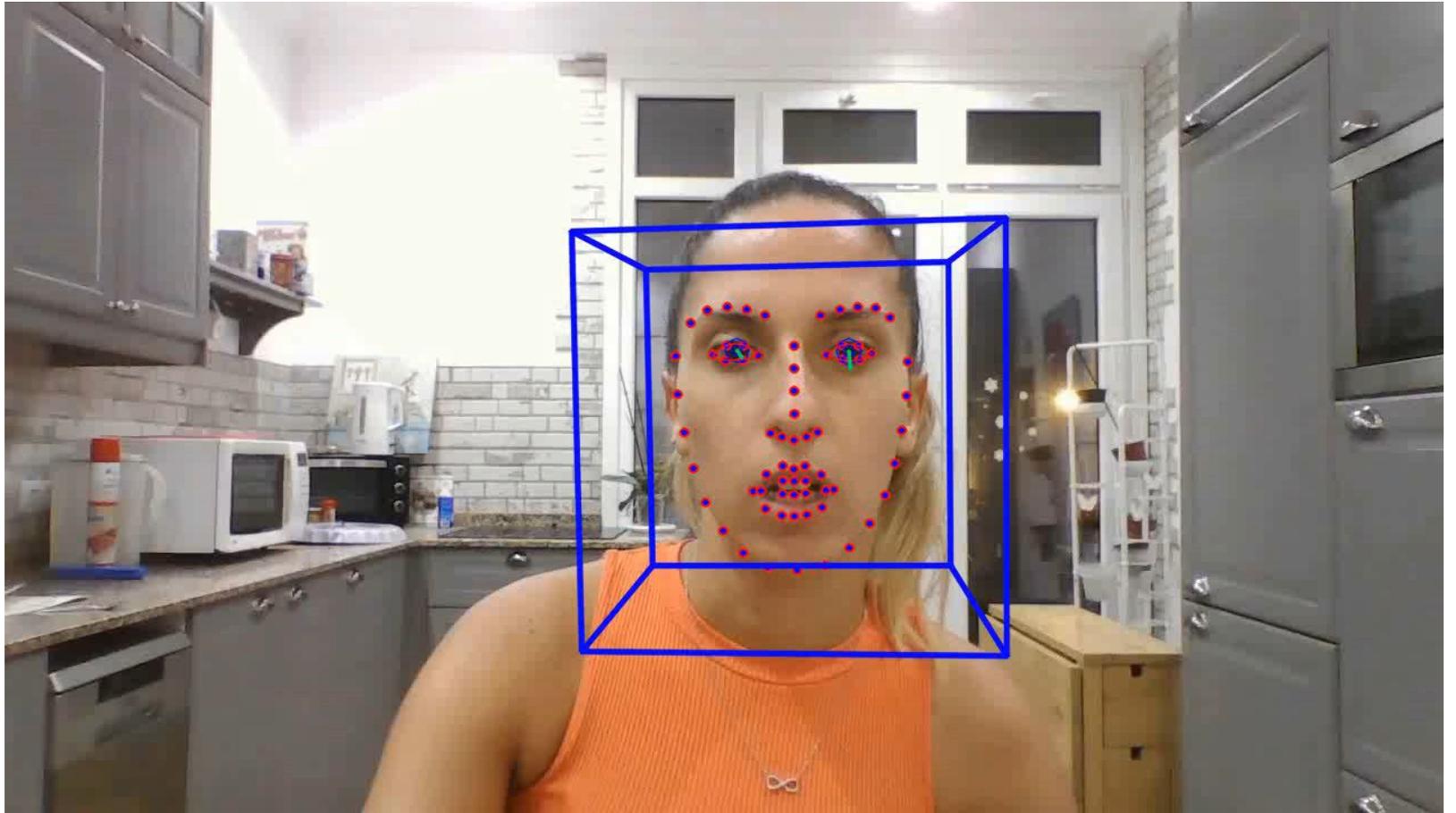
Ejemplo: /apa/ *la página*



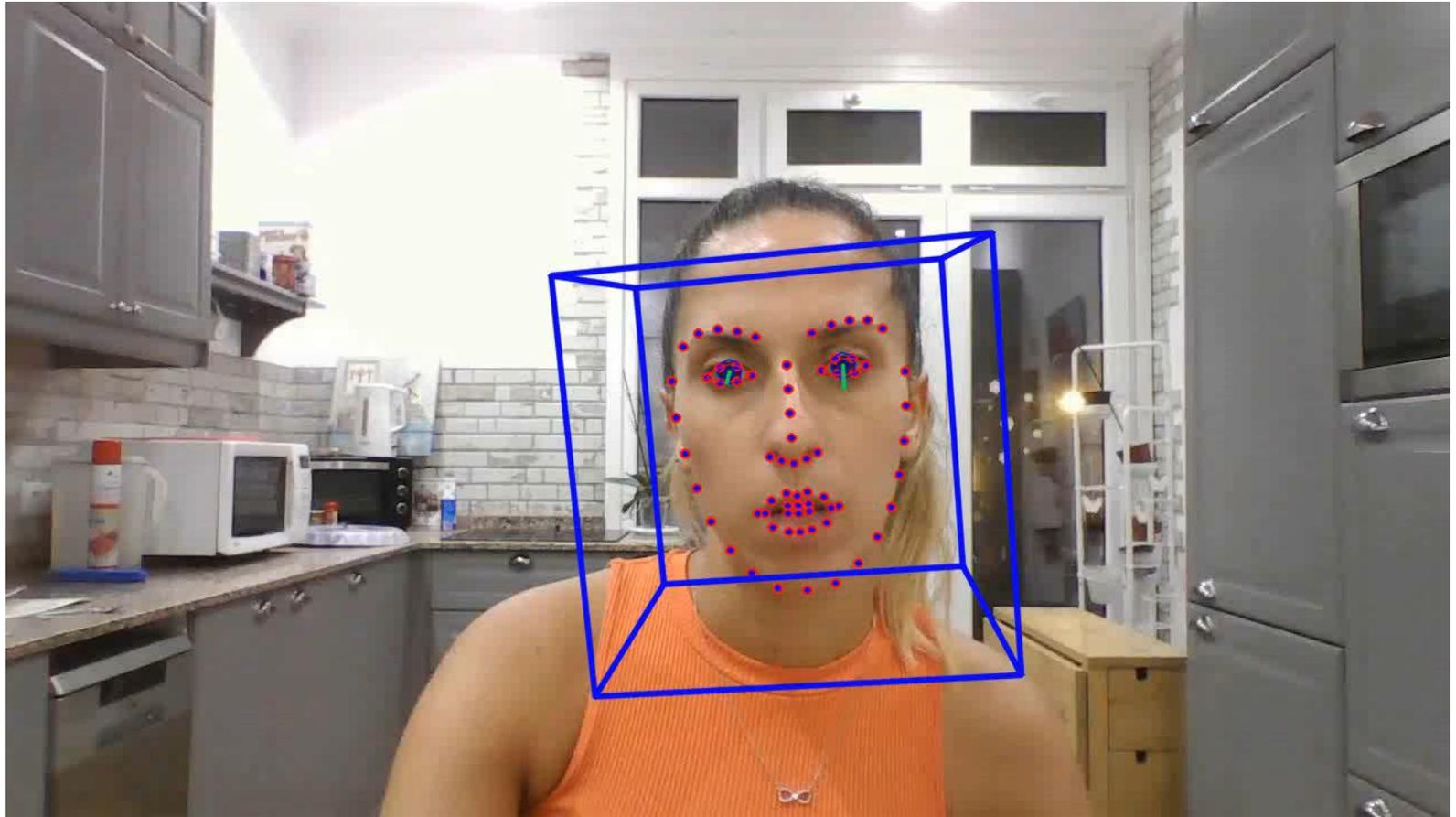
Ejemplo: /aba/ *la vaca*



Ejemplo: /a(s)ba/ *las vacas*

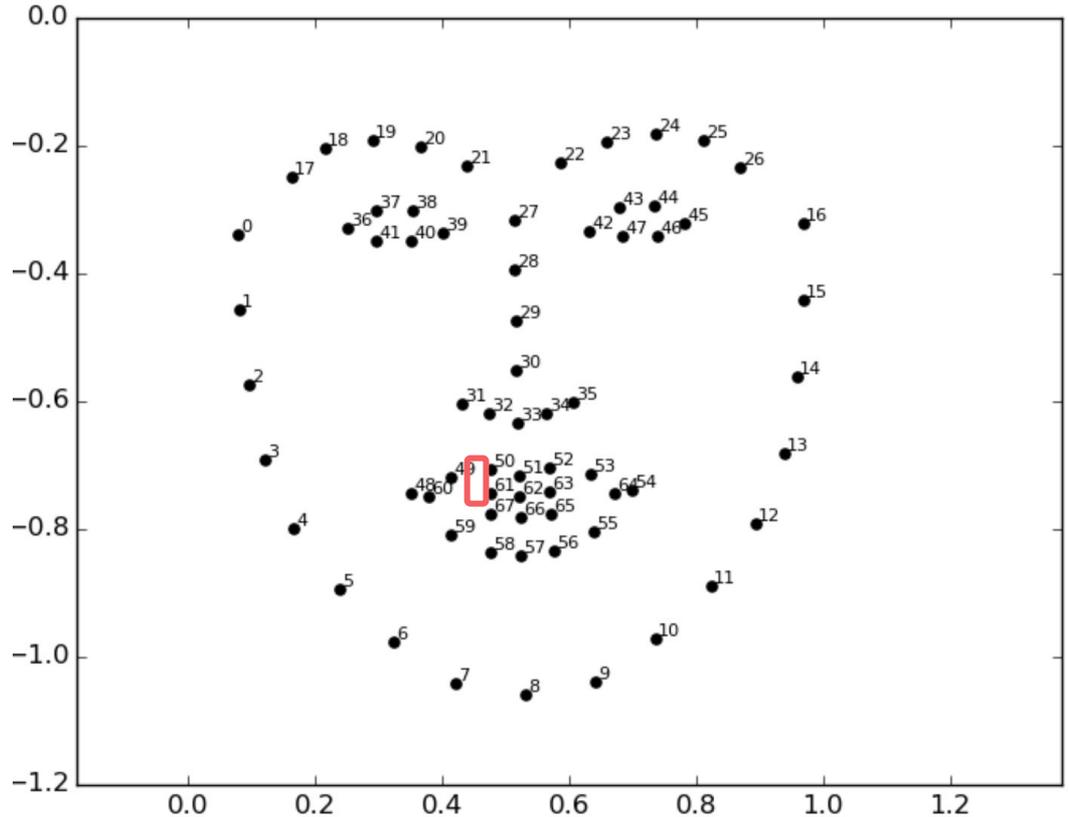


Ejemplo: /asba/ *más baja*

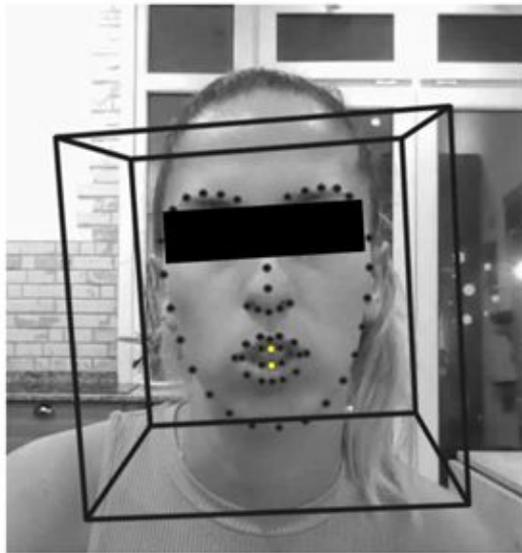


Extracción de datos y análisis de las capturas vídeo

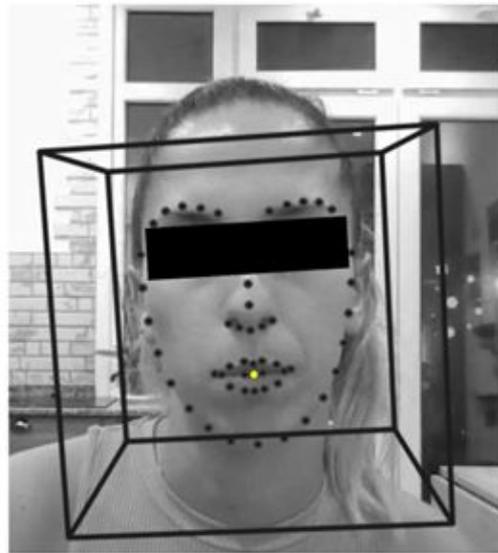
- ❑ Para cada fotograma de cada vídeo, un script Python personalizado determinó la apertura vertical de los labios
- ❑ la distancia euclidiana aquí



Extracción de datos: apertura de los labios



/a/



/p/

Parámetros clave

- ❑ Apertura labial vertical calculada como la distancia euclidiana entre el labio superior y el inferior
- ❑ Trayectoria de la apertura vertical de los labios, normalizada a 11 pasos temporales mediante interpolación lineal
- ❑ Diferencia de intensidad (intensidad máxima V1 – intensidad mínima C)

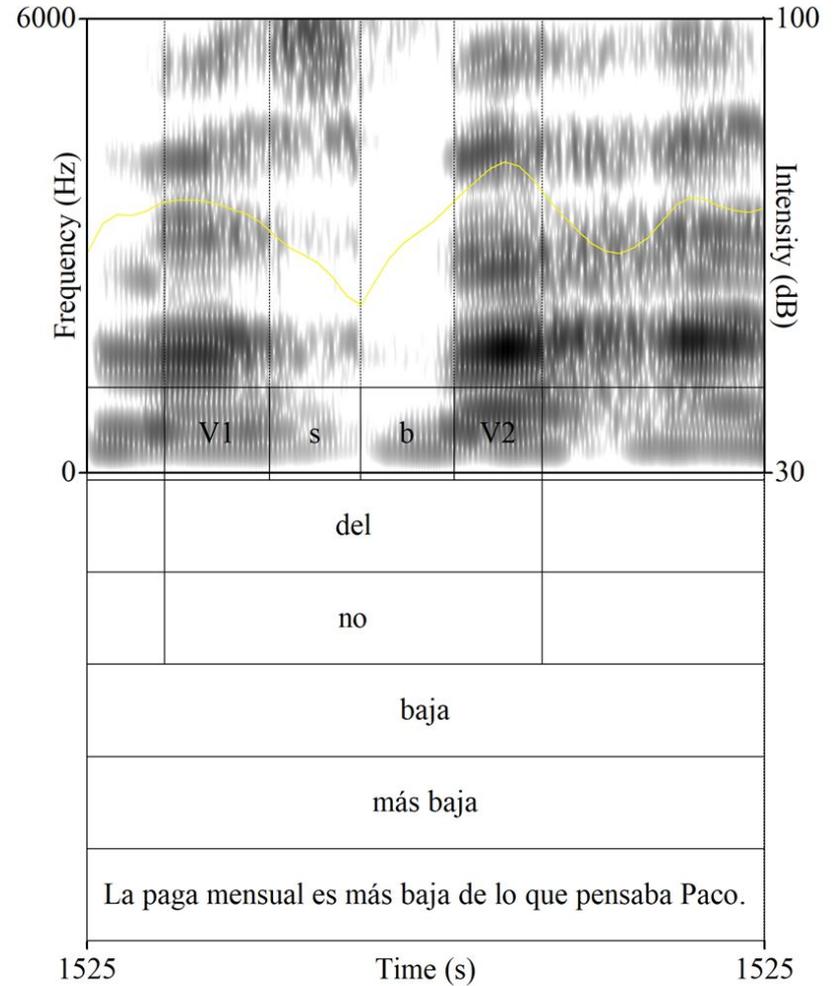
La idea principal

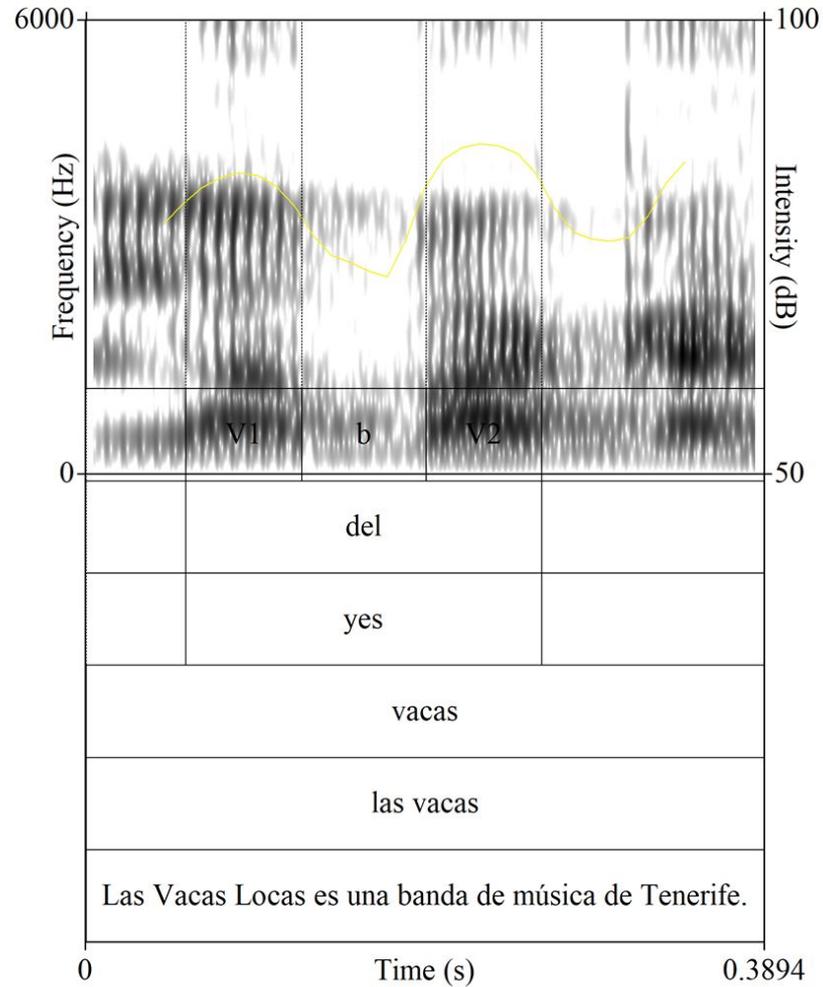
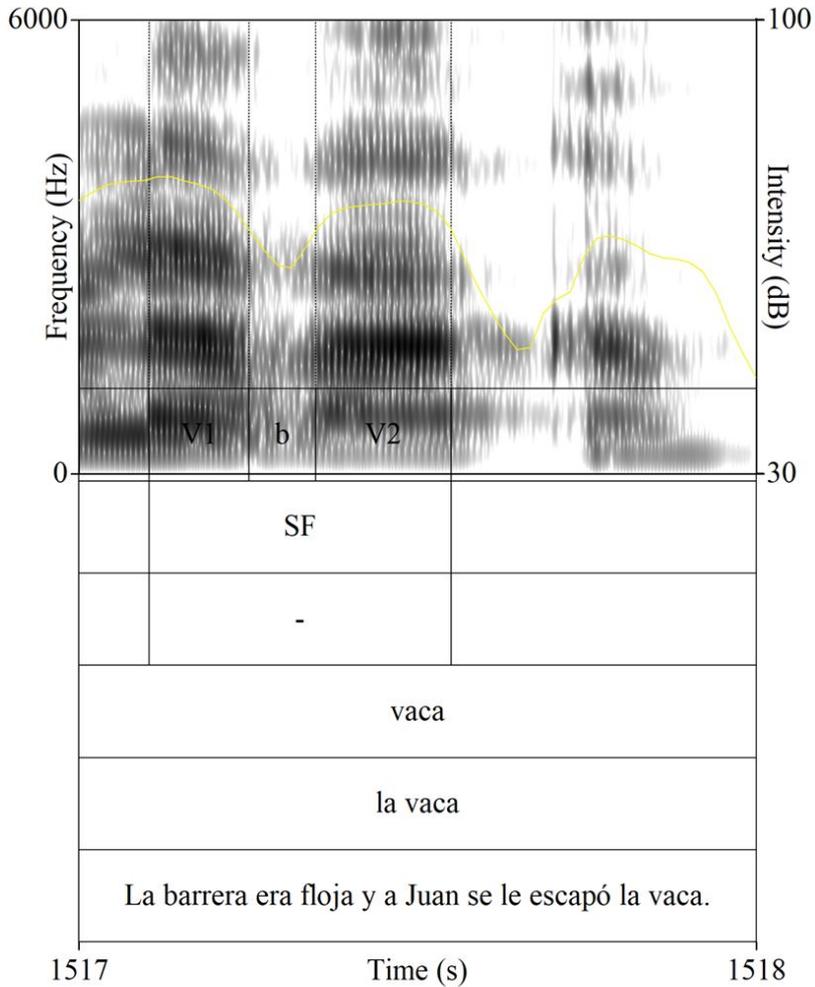
- ❑ utilizar la apertura labial durante el cierre de la consonante como indicador del grado de lenición
- ❑ comparar esas mediciones con los parámetros acústicos

Hipótesis

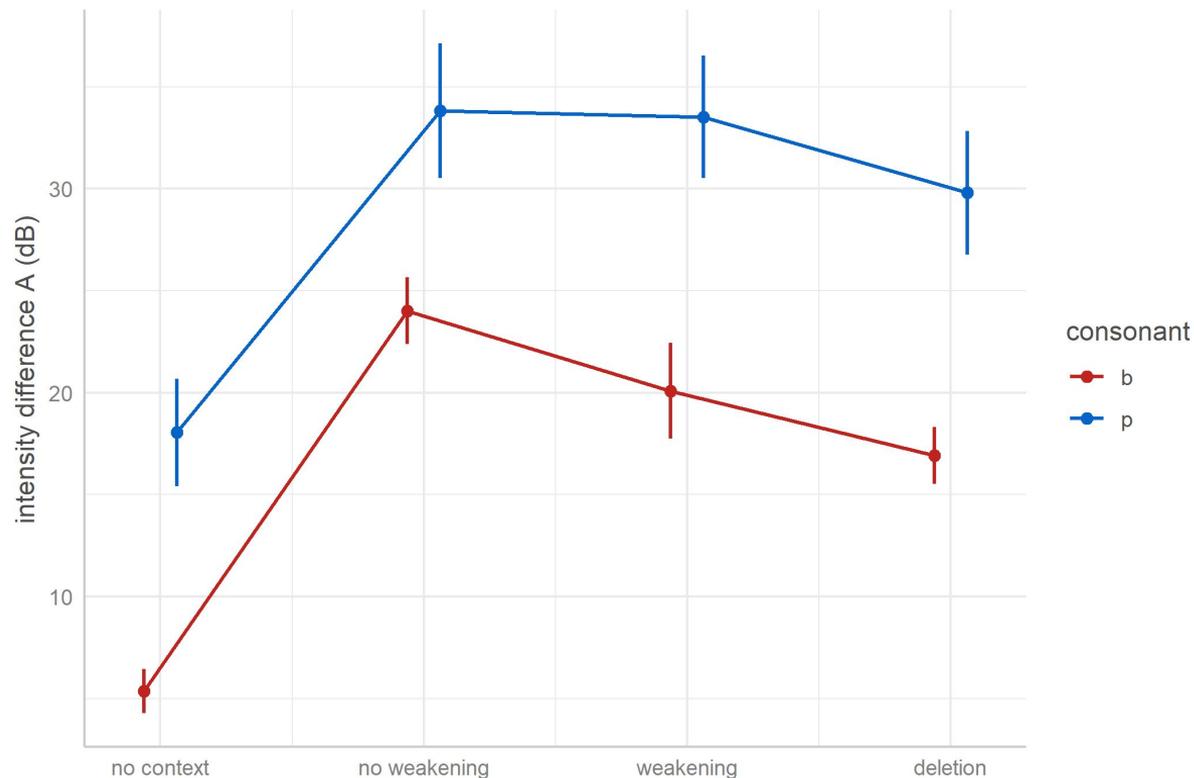
- ❑ más lenición en contextos VCV que VsCV
- ❑ los hablantes nativos mantienen la /s/ en forma de [h] o la suprimen en VsCV
- ❑ la /s/ suprimida bloquea opacamente la lenición tanto en /p/ como en /b/

Pronunciaciones





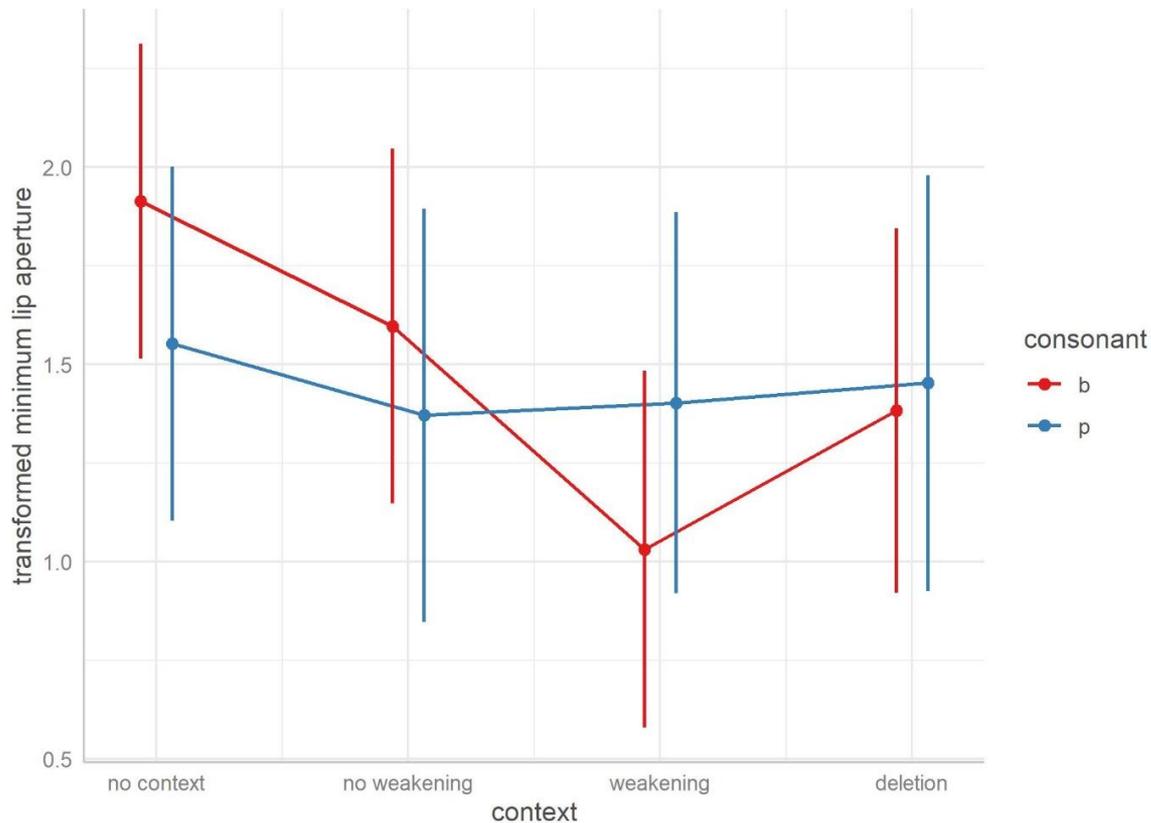
Resultados: parámetros acústicos



Interacción entre consonante y la pronunciación de la/s/ en la predicción de la intensidad relativa.

La diferencia entre /s/ retenida y suprimida es significativa en /b/ pero no en /p/.

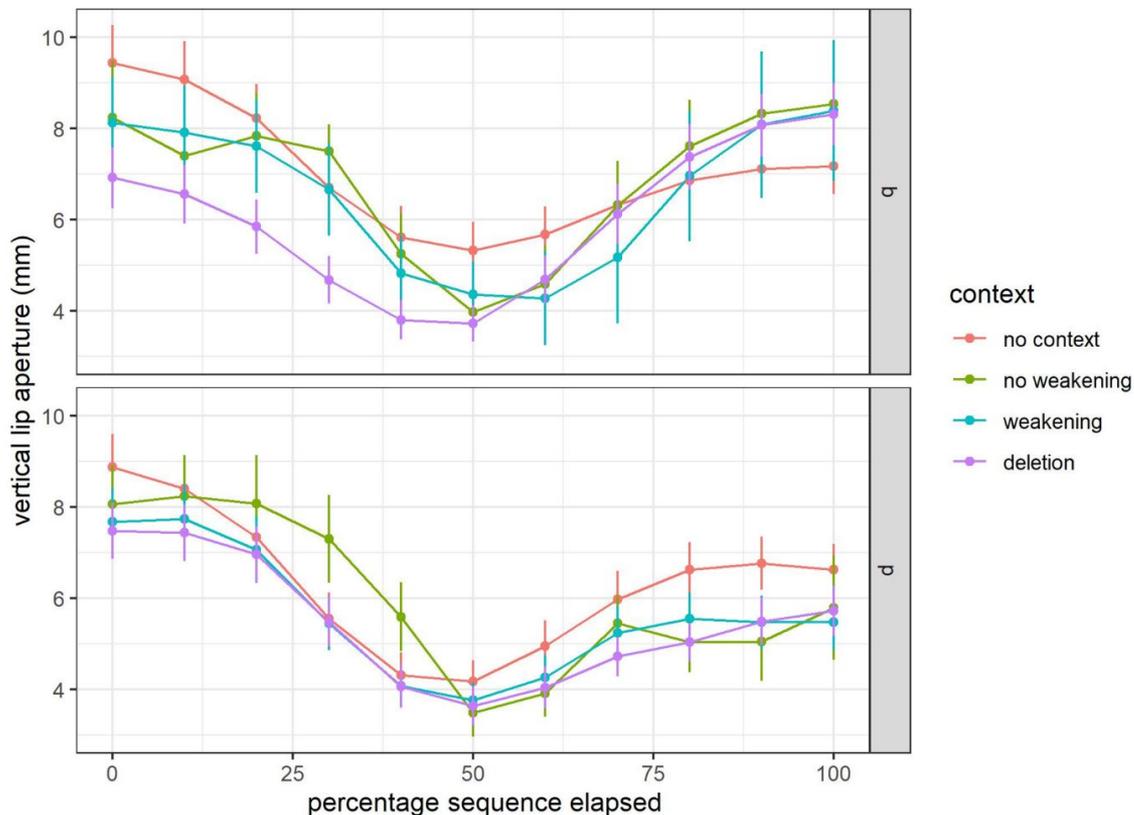
Resultados: articulación



No hay diferencias significativas entre la /s/ retenida y la suprimida.

No hay efectos en la /p/

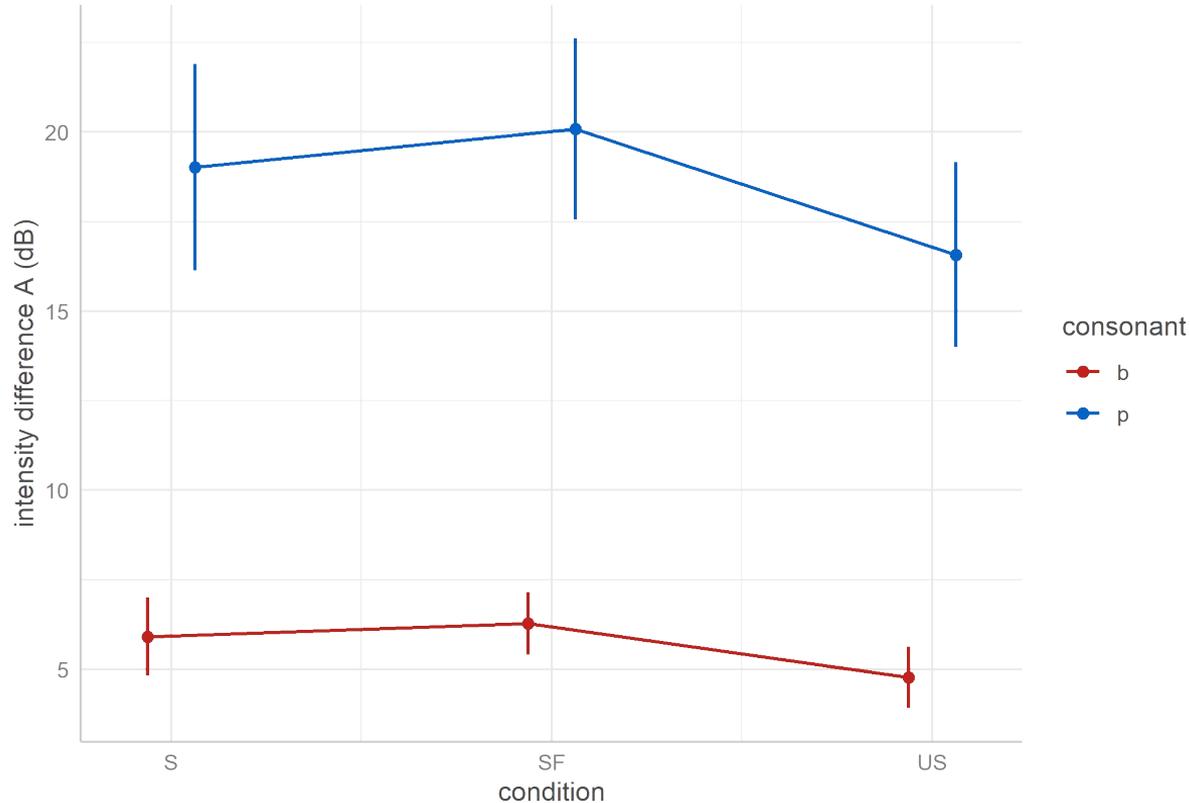
Resultados: apertura labial (media)



Trayectorias verticales de la apertura labial (medios brutos normalizados en 11 pasos temporales).

La apertura labial mínima es igual tras la /s/ retenida y tras la /s/ eliminada, aunque el punto de partida y el momento de la bajada sí son diferentes.

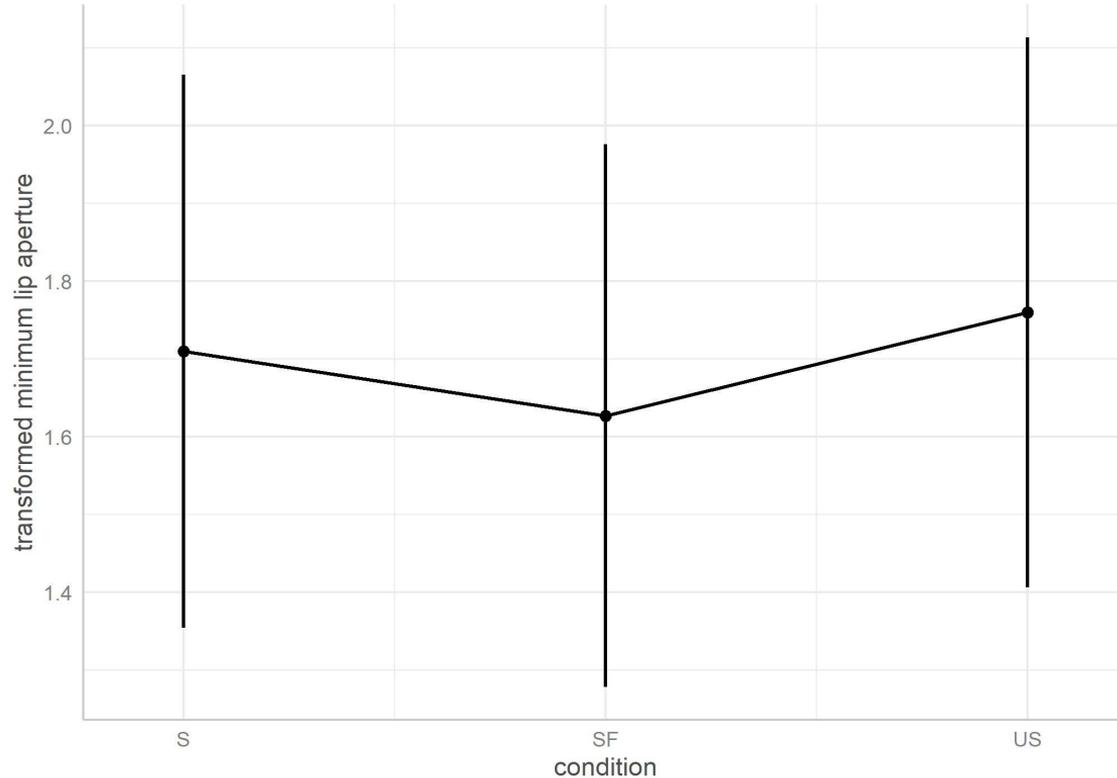
Resultados 2: parámetros acústicos



No hay diferencias significativas entre la posición acentuada y el foco.

Solo hay diferencias entre la posición acentuada y no acentuada.

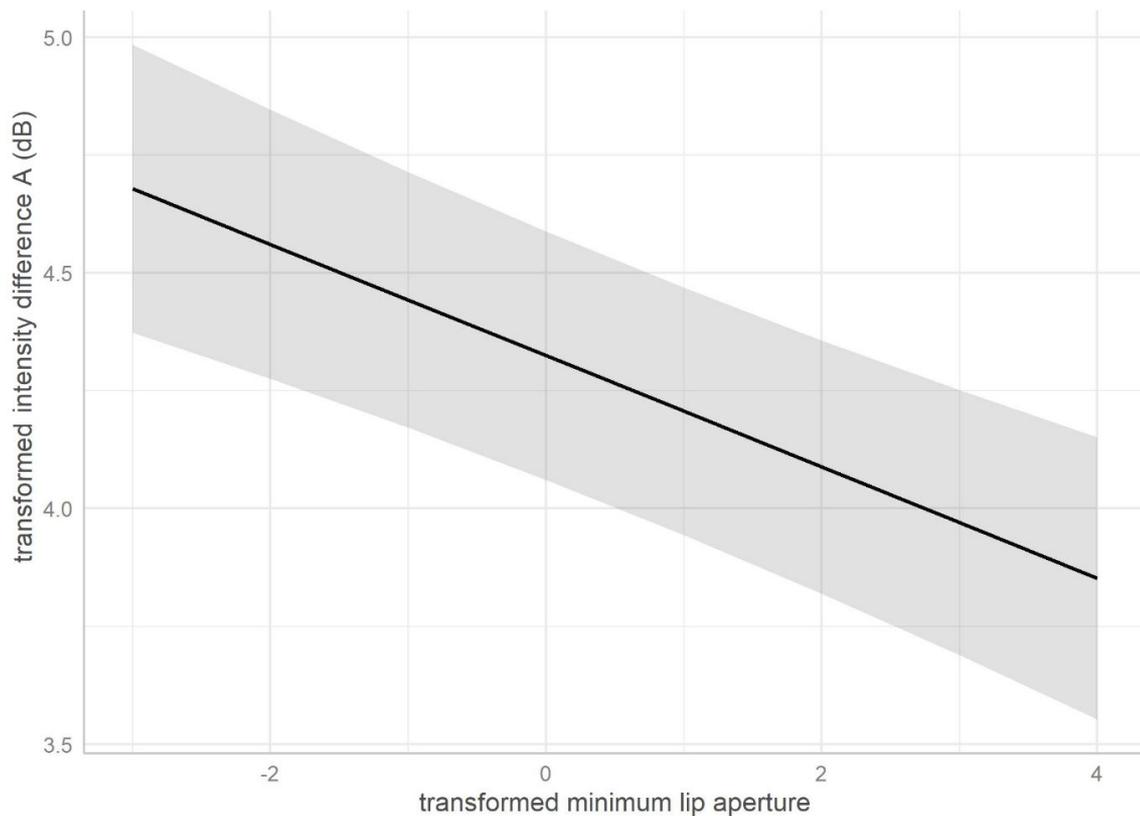
Resultados 2: articulación



No hay diferencias entre sonidos.

Hay una diferencia de la apertura labial en el foco comparando con el no foco

Resultados 3: compatibilidad de los métodos



Una correlación mediana-fuerte entre los parámetros de apertura labial y la diferencia de intensidad

Interpretación de los resultados

- ❑ los datos articulatorios son compatibles con la acústica: más lenición en VCV subyacente comparado con los contextos VsCV
- ❑ las secuencias derivadas [VCV] se comportan como [VsCV] (como si nunca hubiera habido elisión)
- ❑ no hay debilitamiento de las oclusivas después de /s/ en esta variedad del español

Interpretación de los resultados

- ❑ no supresión o no pronunciación de la consonante (Prince & Smolensky 1993, Goldrick 1998, van Oostendorp 2006)
- ❑ el nodo raíz de la consonante sigue ahí fonológicamente, de ahí la ausencia de debilitamiento

Interpretación de los resultados

- ❑ no supresión o no pronunciación de la consonante (Prince & Smolensky 1993, Goldrick 1998, van Oostendorp 2006)
- ❑ el nodo raíz de la consonante sigue ahí fonológicamente, de ahí la ausencia de debilitamiento

¿CÓMO?

- ❑ un gesto consonántico puede estar presente a pesar de que el sonido no sea audible -- enmascaramiento gestual
- ❑ dos gestos de dos niveles diferentes pueden a veces enmascarse mutuamente, dando lugar a una supresión aparente (Browman & Goldstein 1990)

Interpretación de los resultados

	a)	b)	c)
Surface structure	V C V	V h C V	V [] C V
	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓ ↑ ↑↓ ↑↓
Underlying representation	V C V	V s C V	V s C V

Conclusiones

Los datos:

- ❑ confirman el efecto de bloqueo de la supresión de la /s/
- ❑ muestran que no hay debilitamiento de las oclusivas después de /s/
- ❑ muestran patrones de lenición diferentes para las consonantes sonoras y las sordas (de acuerdo con las diferencias en el avance de la lenición)
- ❑ muestran un efecto de opacidad: la consonante no se suprime por completo
- ❑ apoyan los enfoques basados en el retenimiento de estructuras fonológicas en la fonética (containment)

Conclusiones

El estudio

proporciona una forma novedosa y rentable de explorar la fonética y la fonología de la lenición consonántica

Ecografía 2D (movimiento de la lengua)

trabajo conjunto:

*Karolina Broś (k.bros@uw.edu.pl) &
Małgorzata Ćavar (mcavar@indiana.edu)*

Universidad de Varsovia & University of Indiana (Bloomington)

El estudio

- estudios canarios sobre la *ch*: palatal adherente, con periodo de fricción más corto, se parece a una oclusiva palatal más bien que africada prepalatal (variante peninsular)
- mi estudio del 2016: la pronunciación adherente puede ser un efecto secundario del proceso de la sonorización

El estudio

- un estudio comparativo de las palatales canarias y peninsulares
- inspirado por estudios previos sobre el debilitamiento de la africada palatal

El estudio - detalles

- 6 hablantes canarios y 6 hablantes peninsulares
- grabaciones de ultrasonidos (ecografía) 2D y datos audio sincronizados
- los hablantes leyeron frases con palabras que contenían [tʃ], p.ej. *cheques*, [dʒ], p.ej. *gallina* y [j], p.ej. *hierbas* (las demás palatales servían de control)
- 3 repeticiones, 3 contextos: pausa, vocal [a e o u], consonante [r] o [s]
- 47 frases x 3 repeticiones = 141 frases por participante, 168 sonidos clave por participante x 5 muestras (5 puntos equidistantes a lo largo del sonido)

Algunos ejemplos

chaquetas de deporte

En la tienda no pueden faltar...

Repite: En la tienda no pueden faltar...

seis estuches de plástico

He comprado...

Repite: He comprado...

llaves de paso

En la tienda no pueden faltar...

Repite: En la tienda no pueden faltar...

un paquete de galletas María

He comprado...

Repite: He comprado...

hierbas de cocina

En la tienda no pueden faltar...

Repite: En la tienda no pueden faltar...

cuatro yedras para la casa

He comprado...

Repite: He comprado...

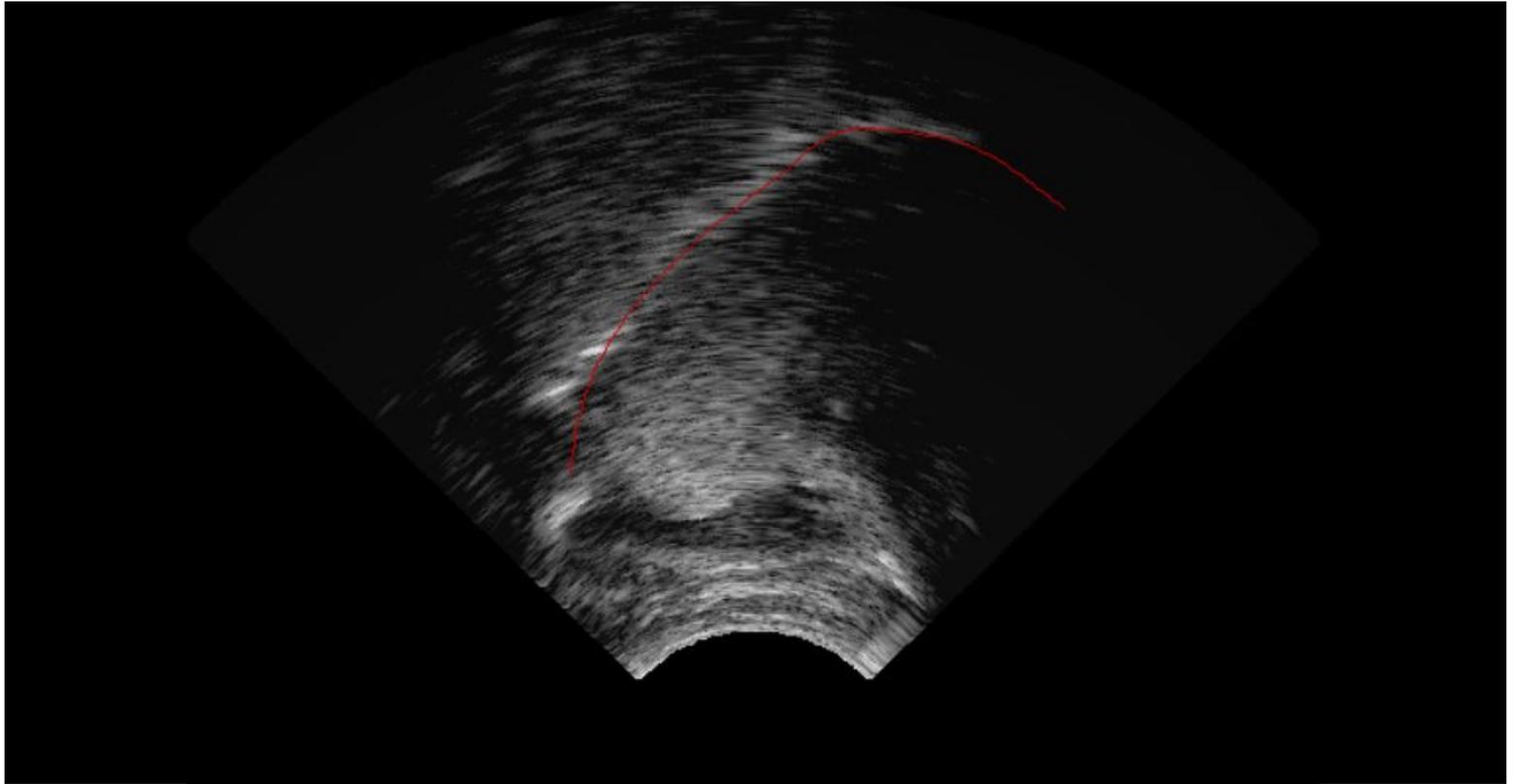
El estudio - detalles

- los datos se recogieron en el verano de 2022 en Varsovia (Polonia).
- se utilizó el sistema de ultrasonidos MicroSpeech de Articulate Instruments Ltd (Edimburgo, Reino Unido).
- se utilizó una sonda de ultrasonidos sujeta por un auricular de estabilización.
- la sincronización del ultrasonido y de la señal de audio se controló mediante el software Articulate Assistant Advanced (AAA).
- los datos se extrajeron manualmente; la forma de la lengua en cada grabación se dibujó mediante el algoritmo DeepLabCut (cf. Wrench & Balch-Tomes 2022)

Imagen del experimento



Imagen de la lengua

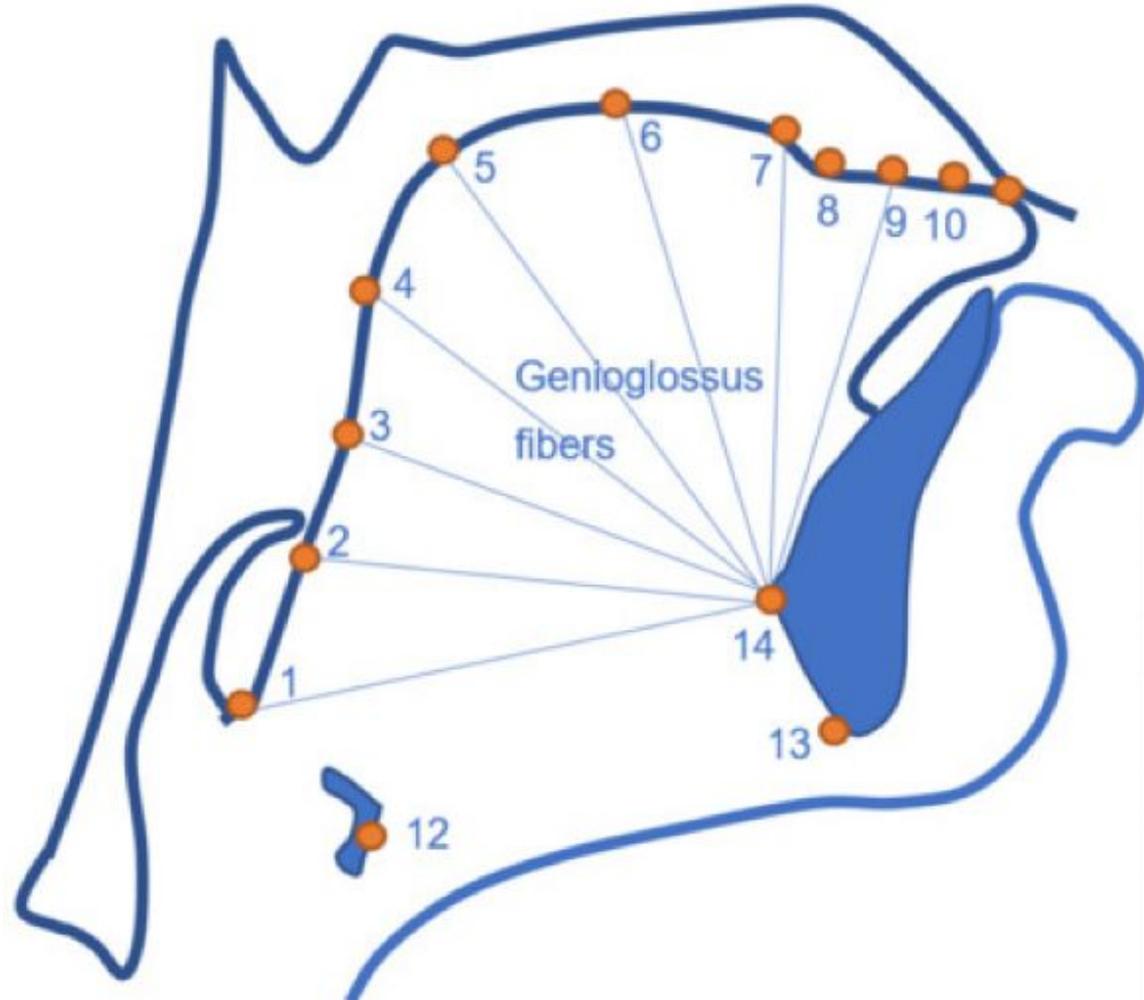


Nuestros propósitos y expectativas

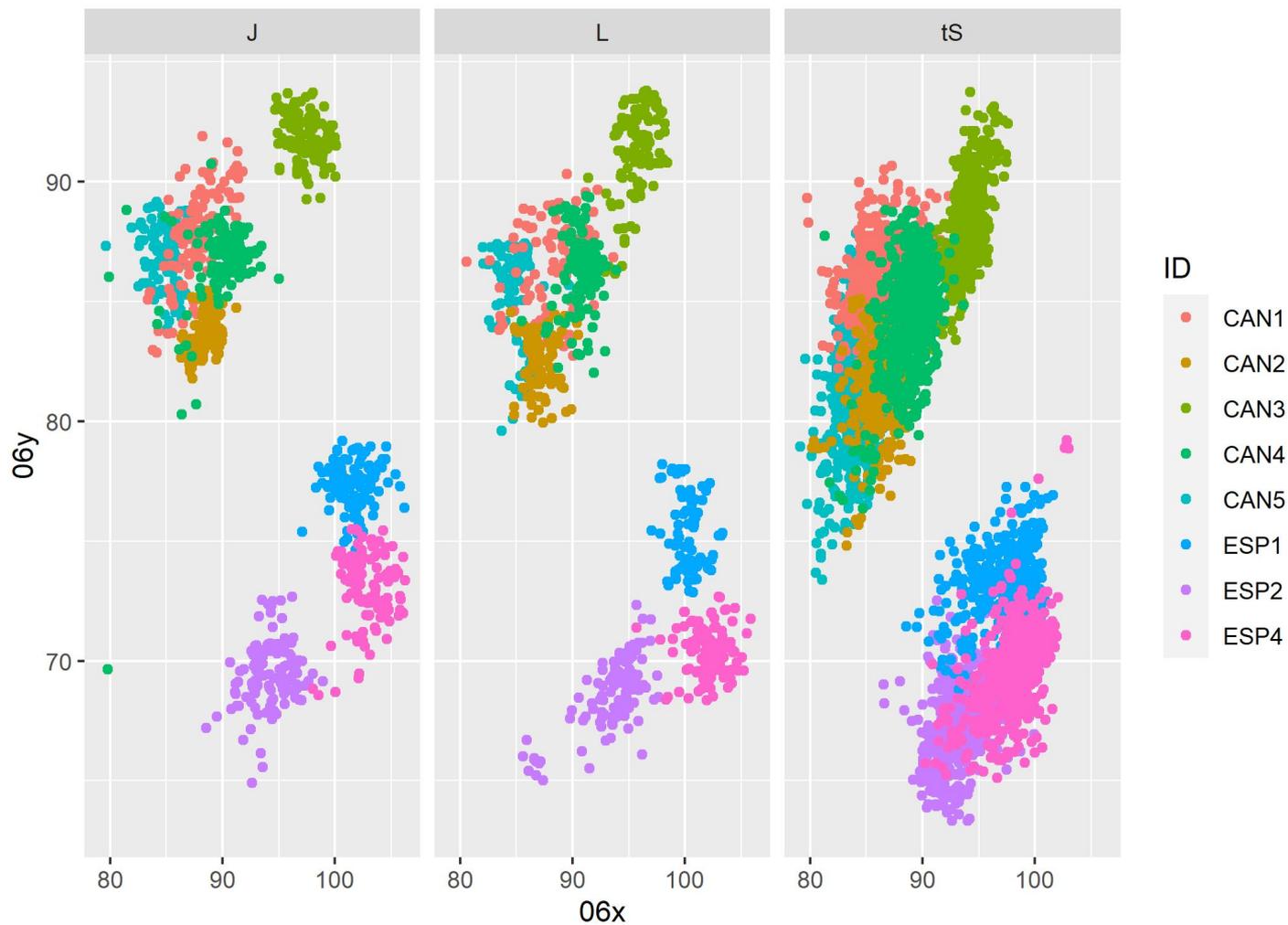
- ❖ una diferencia entre la *ch* canaria y la peninsular en términos de la elevación de la lengua + su posición horizontal (lo que corroboraría la tesis de una *ch* adherente)
- ❖ una diferencia entre la *ch* canaria y la peninsular en posición posvocálica dado el debilitamiento por sonorización y la pérdida paulatina de la fricación (siguiendo los resultados del estudio acústico)
- ❖ posible efecto del acento (más debilitamiento en posición no acentuada) y posición prosódica (más debilitamiento dentro que a través de la palabra)
- ❖ posible efecto de la vocal precedente o siguiente
- ❖ posible efecto de la repetición (pronunciación de la frase en aislamiento, leyendo de la pantalla vs. de la memoria)

El cómo estudiarlo

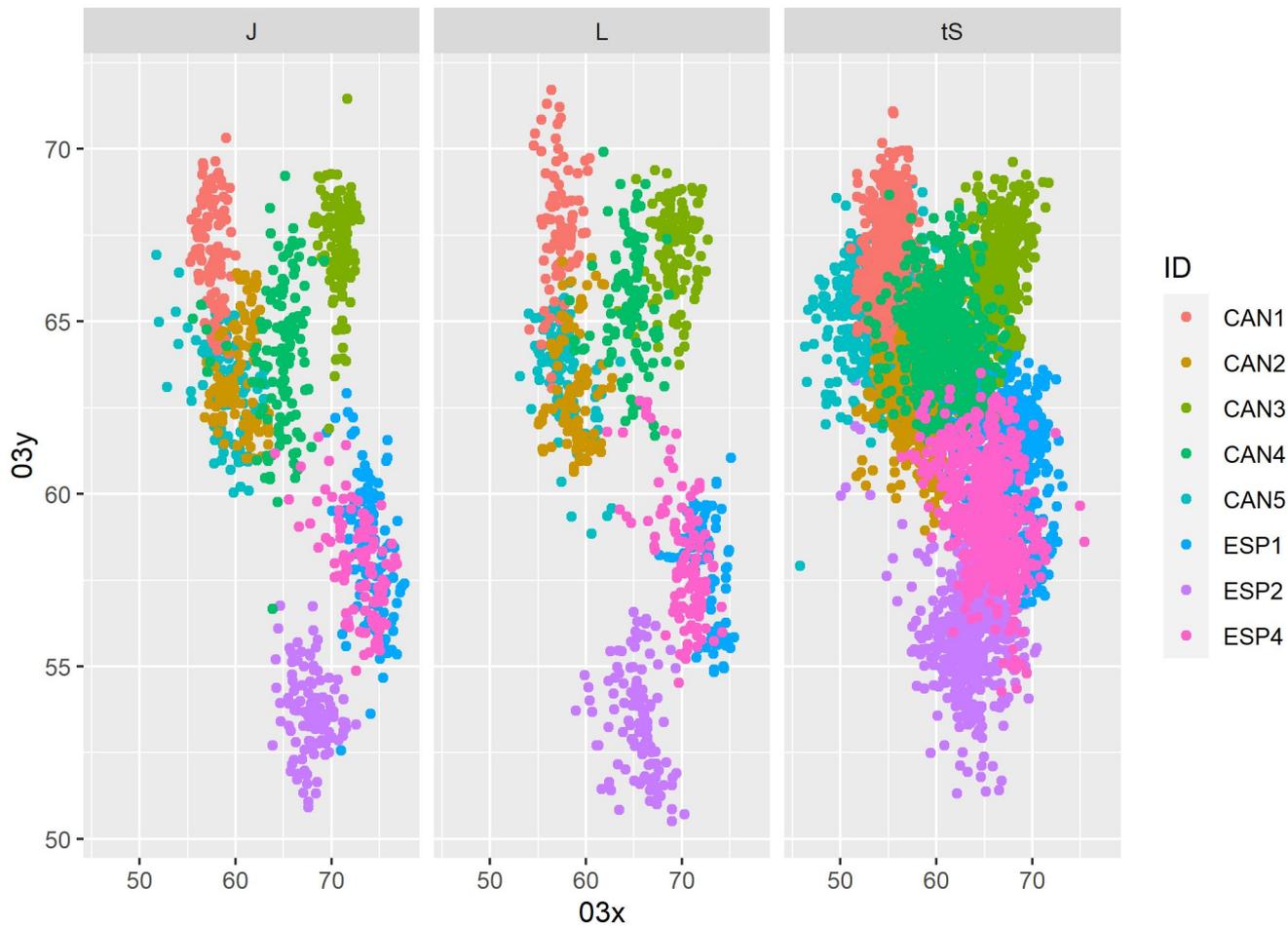
Anatomía de la lengua. 1 vallécua, 2, 3, 4 raíz de la lengua, 5, 6, 7 dorso, 8, 9 lámina, 10,11 punta, 12 hueso hioides, 12 mandíbula, 14 tendón del geniogloso. (Imagen adaptada de Wrench y Balch-Tomes 2022, licencia Creative Commons Attribution (CC BY)).



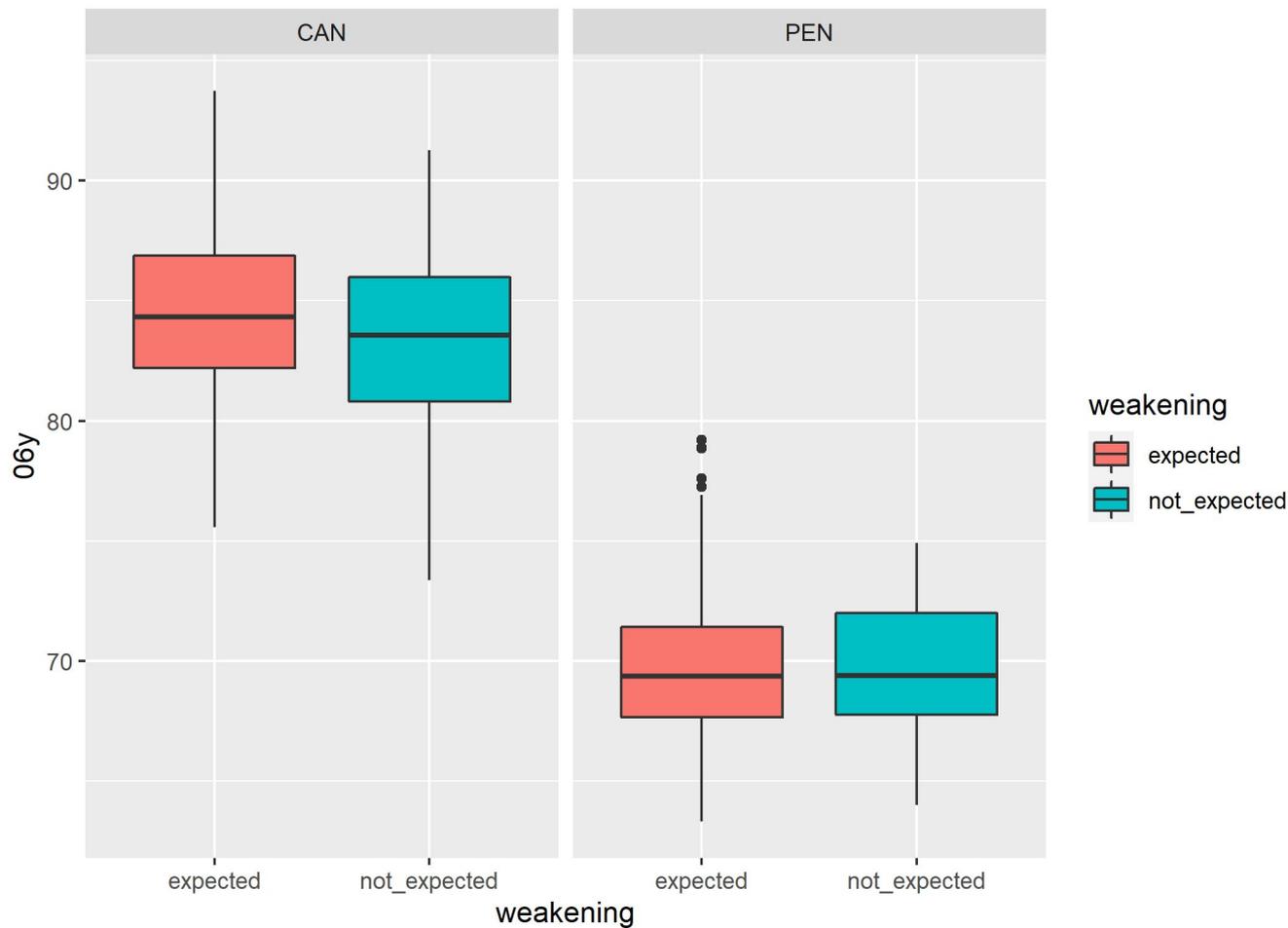
Resultados (muy) preliminares



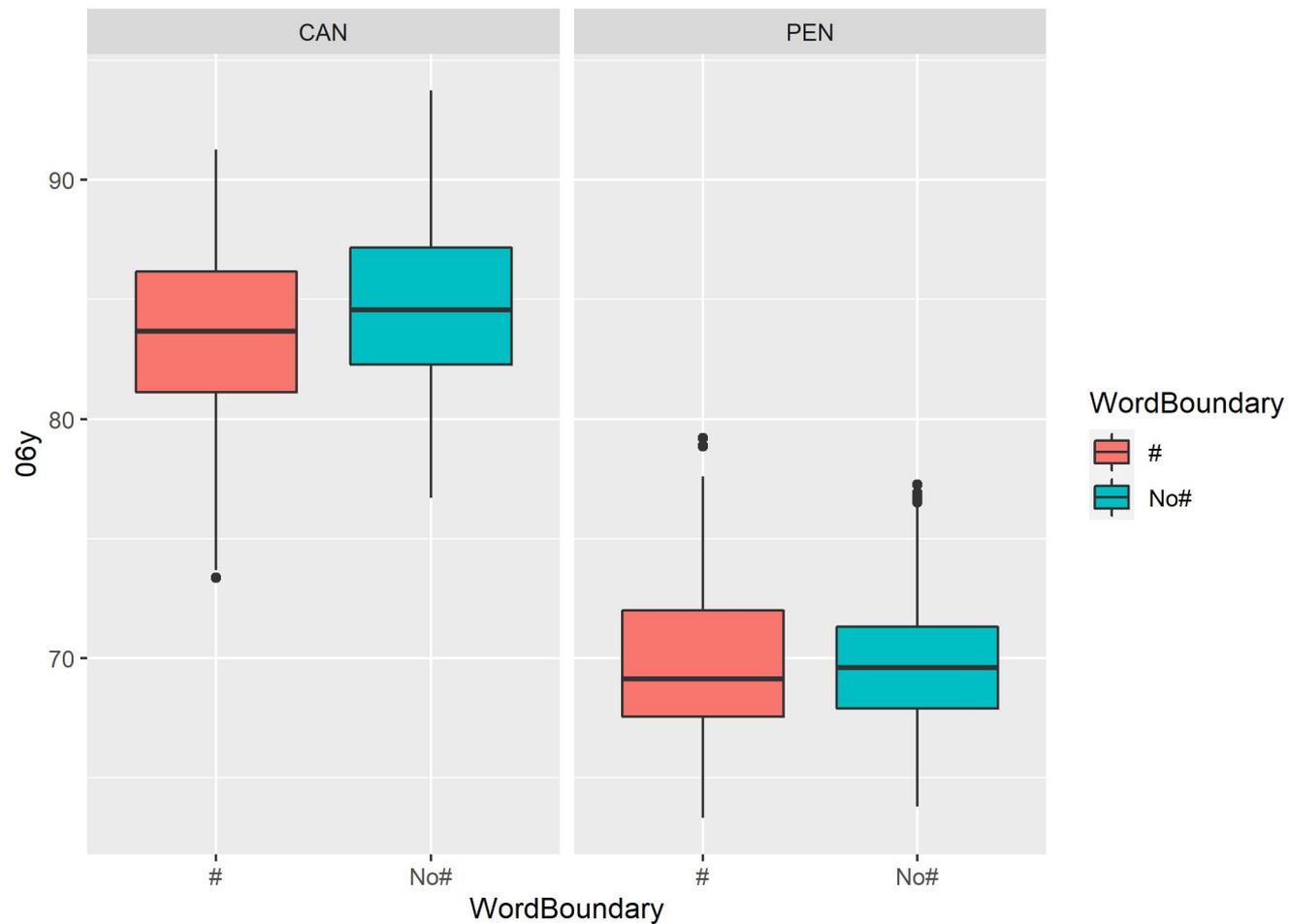
Resultados (muy) preliminares



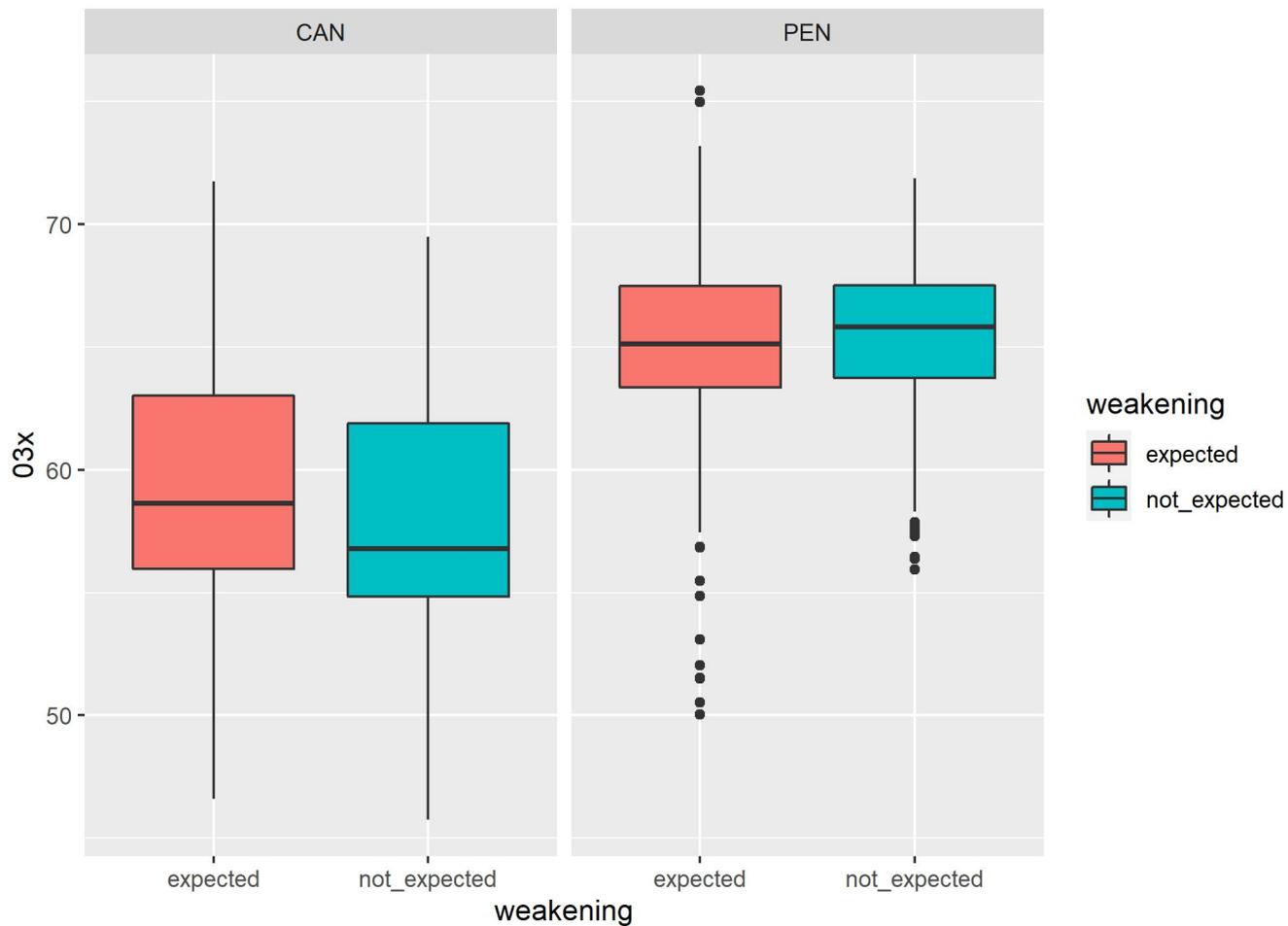
Resultados (muy) preliminares



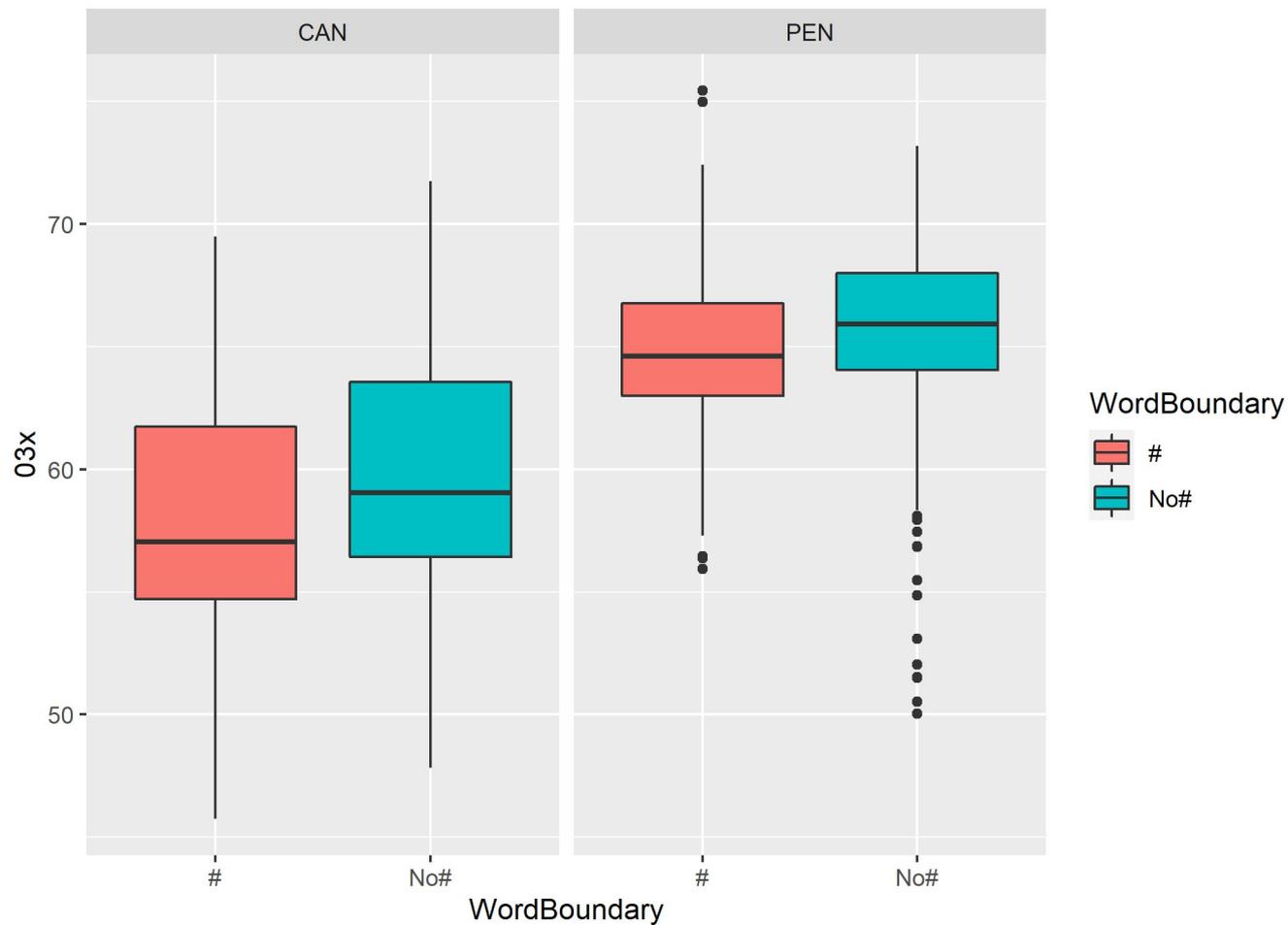
Resultados (muy) preliminares



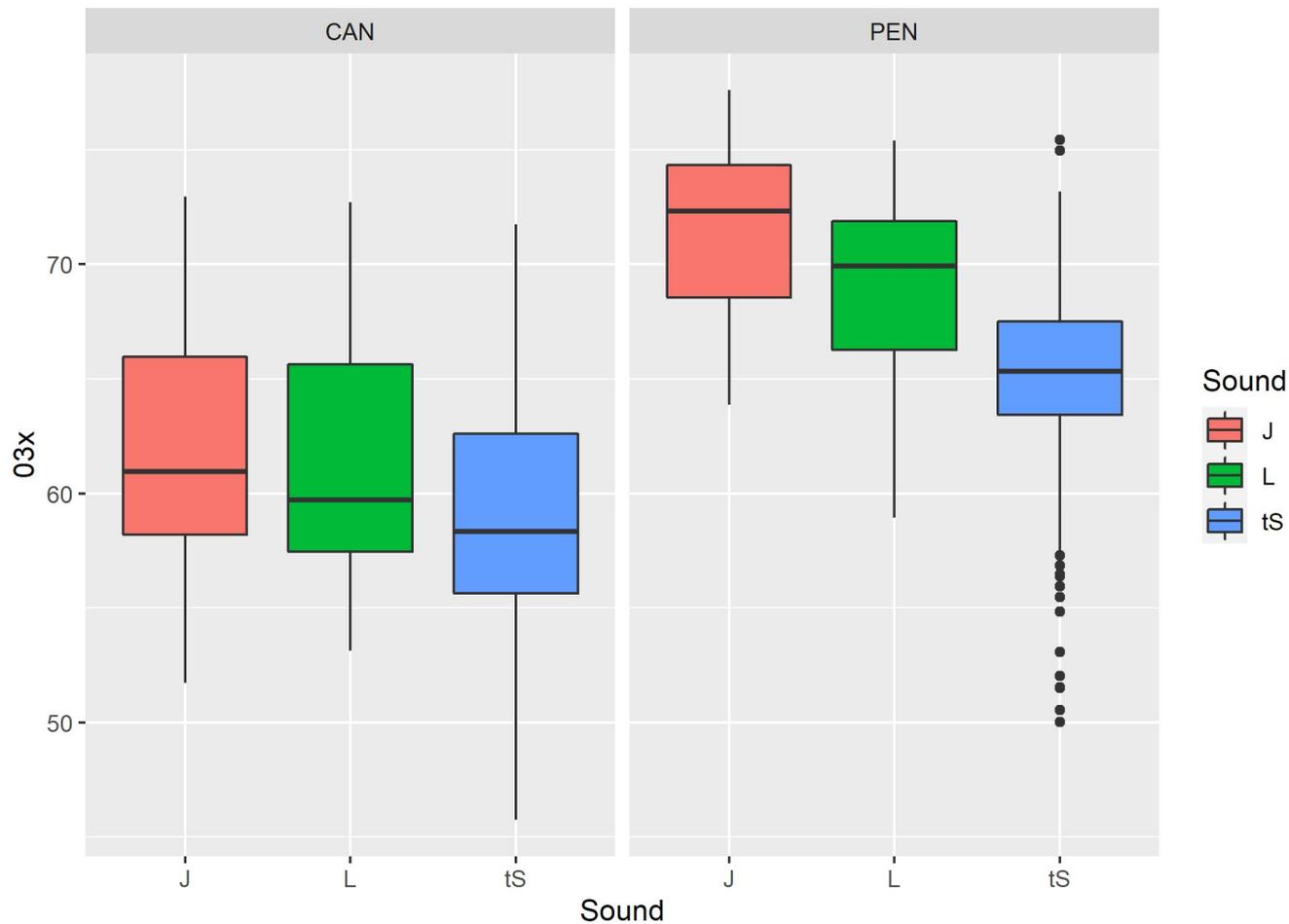
Resultados (muy) preliminares



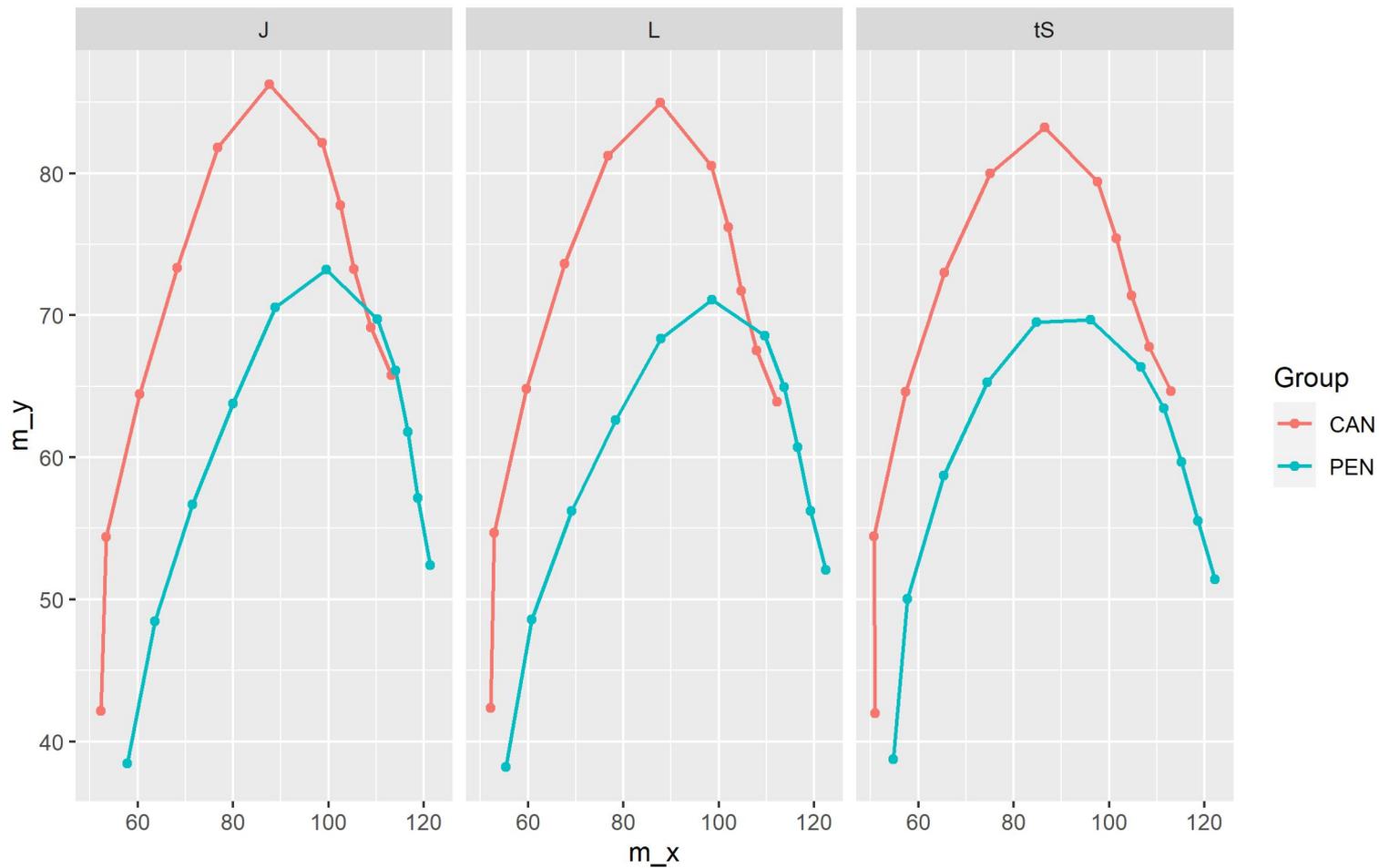
Resultados (muy) preliminares



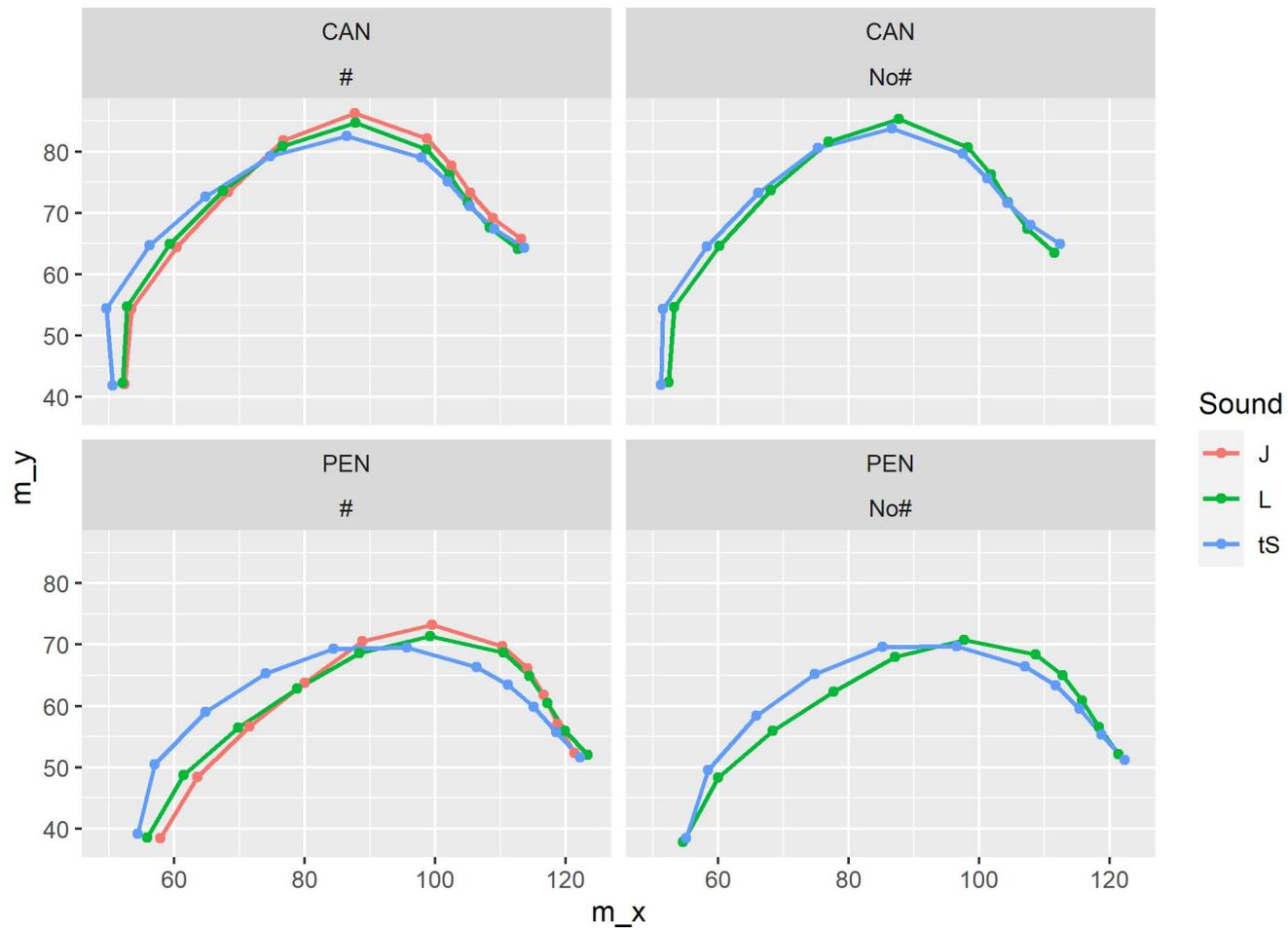
Resultados (muy) preliminares



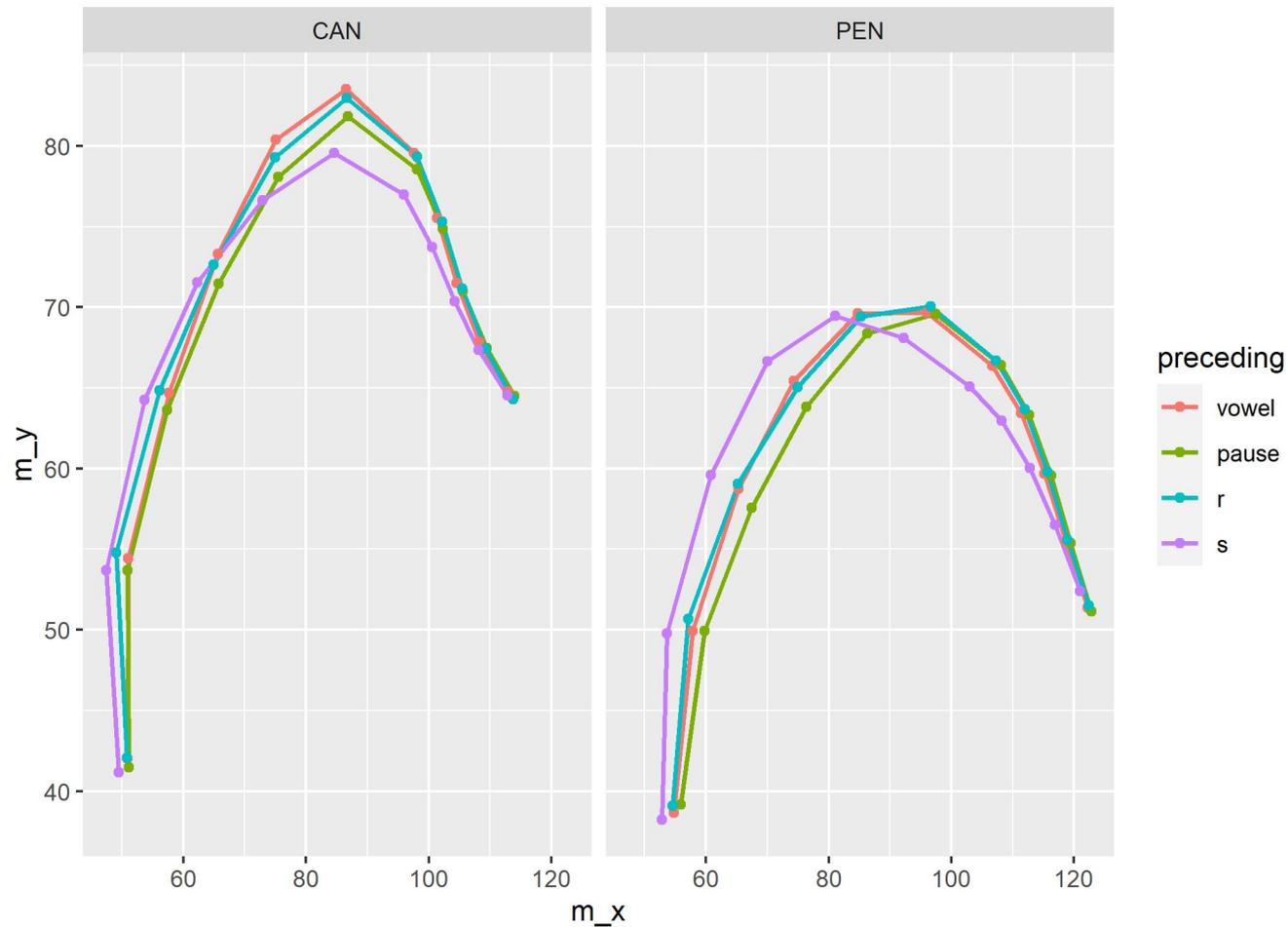
Trayectorias



Trayectorias



Trayectorias



Conclusiones

- Este es probablemente el primer estudio fonético articulatorio de este tipo sobre el español de Canarias.
- Hasta ahora, sólo se han hecho estudios acústicos, que dan sólo una indicación indirecta de la articulación.
- Los datos ecográficos muestran el movimiento de la lengua durante la producción de sonidos, nos indican qué partes de la lengua se mueven y cuándo, demostrándonos la mecánica de los procesos de lenición

Conclusiones generales

- Yo buscando material y triangulación de datos para sacar la verdad verdadera del habla 😊

¡Gracias!

Esta presentación y los artículos citados se pueden descargar desde la página
www.karolinabros.eu

Possible analysis

*C]Coda: consonants are banned in coda position

*V [-cont, -voice]: voiceless non-continuants are banned after vowels

IDENT(voice): input value of the feature voice must be preserved in the output

Failed evaluation of pensar tonterías ‘thinking about silly things’

/pensar tonterias/	*V [-cont, -v]	*C]CODA	IDENT (voice)	MAX (Seg)
a. pen.sár.ton.te.rí.a		*!		
☹ b. pen.sá.ton.te.rí.a	*!			*
c. pen.sá.don.te.rí.a			*	*

Containment – revision of constraint formulations

PARSE- $\varphi(\alpha)$: The morphological element must be incorporated into the phonological structure. (No deletion.)

PARSE- $\mu(\alpha)$: The phonological element must be incorporated into the morphological structure. (No insertion.)

Containment – revision of constraint formulations

- ❑ ***V [-cont, -voice]:** voiceless non-continuants are not pronounced after vowels
- ❑ **IDENT(voice):** the input value of the feature voice must be pronounced in the output
- ❑ **MAXSeg = RECIPROCITY(Rt):** the input root node must be incorporated in the output structure (projected = pronounced)

Reanalysis

Successful evaluation of pensar tonterías ‘thinking about silly things’

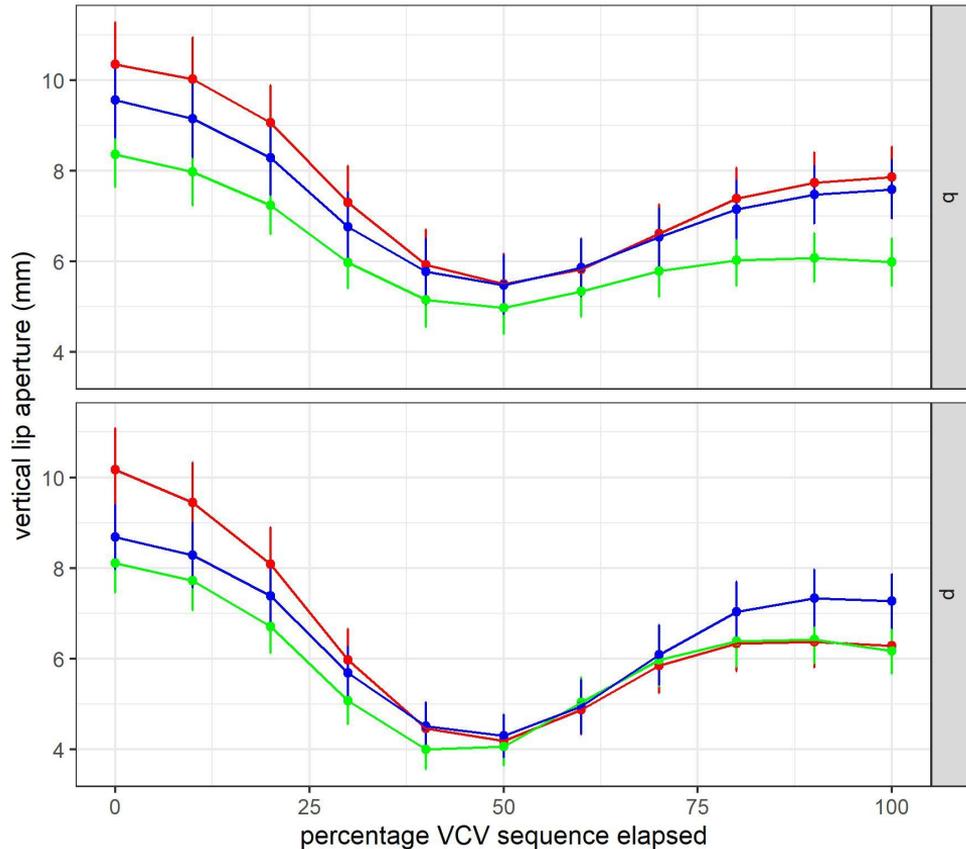
/pensar tonterías/	*V [-cont,-v]	*C]CODA	IDENT (voice)	MAX (Seg)
a. pen.sa[r _{pp}].ton.te.rí.a[s _{pu}]		*!		*
b. pen.sa[r _{pu}].don.te.ría[s _{pu}]			*!	**
 c. pen.sa[r _{pu}].ton.te.rí.a[s _{pu}]				**

Reanalysis – *la(s) vaca(s)*

/la baka/	*V[-cont]	*C]Coda	Ident(cont)	Max(seg)
a. la.baka	*!			
→ b. la.βaka			*	

/las bakas/	*V[-cont]	*C]Coda	Ident(cont)	Max(seg)
a. la[s _{pu}].βaka[s _{pu}]			*!	**
→ b. la[s _{pu}].ba.ka[s _{pu}]				**
c. la[s _{pp}].βa.ka[s _{pp}]		**	*!	
→ d. la[s _{pp}].ba.ka[s _{pp}]		**		

Resultados: apertura labial (media)

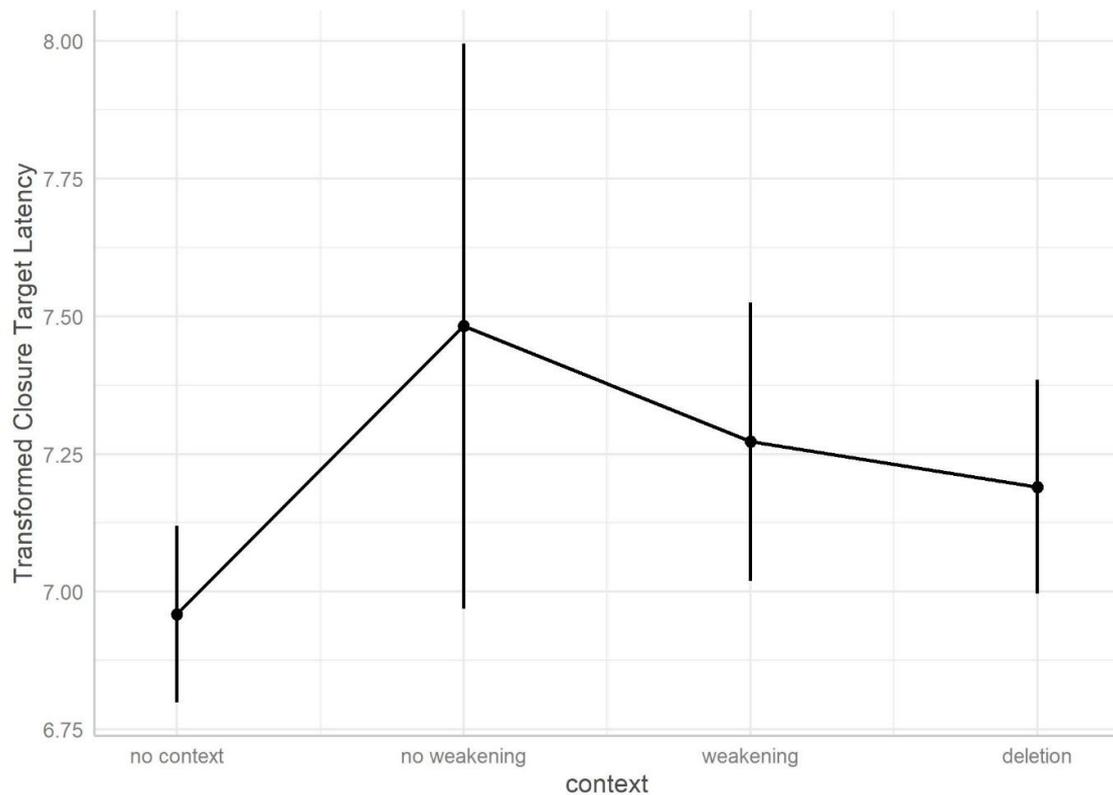


Trayectorias verticales de la apertura labial (medios brutos normalizados en 11 pasos temporales).

condition
- S
- SF
- US

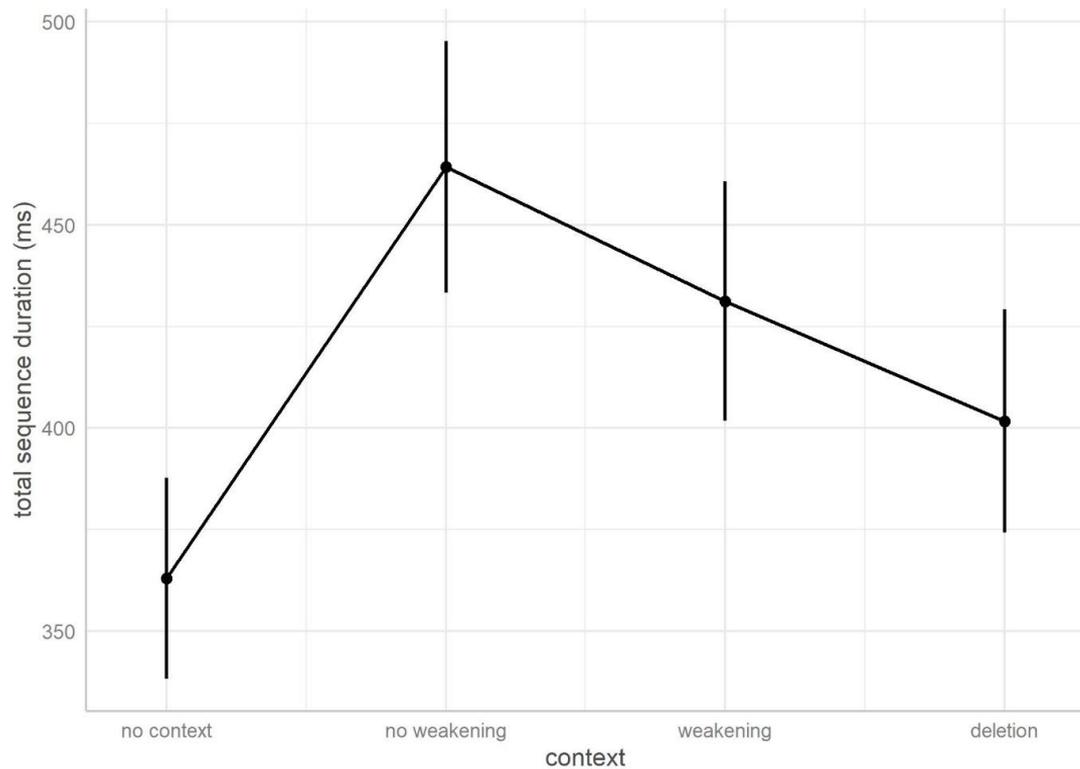
???

Resultados 4: exploración adicional de los datos



Tiempo de cierre bilabial en contextos de supresión de /s/.

Resultados 4: exploración adicional de los datos



Duración total de la secuencia

Cuestiones para resolver en el futuro

- ❑ ¿una categoría intermedia en contextos de supresión?
- ❑ ¿variación > cambio > implicaciones?

El estudio

- Estudios canarios sobre la ch palatal:
- Mi estudio del 2016:

Implicaciones

- Este es probablemente el primer estudio fonético articulatorio de este tipo sobre el español de Canarias.
- Hasta ahora, sólo se han hecho estudios acústicos, que dan sólo una indicación indirecta de la articulación.
- Los datos ecográficos muestran el movimiento de la lengua durante la producción de sonidos, nos indican qué partes de la lengua se mueven y cuándo, demostrándonos la mecánica de los procesos de lenición
- El estudio forma parte de una serie de proyectos que investigan el rol de la raíz de la lengua en la producción del habla.
- Aquí, respondemos a la pregunta de si existe una relación entre la (velocidad de) la lenición y la posición de la raíz de la lengua, su avance relativo o retroceso relativos.