

Desempeño fonético-acústico de vocales en hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson en estadios iniciales

Renato Martínez-Cifuentes¹, Jaime Soto-Barba²

Recibido 2 de diciembre de 2021 / Primera Revisión 26 de enero de 2022 / Aceptado 20 de abril de 2022

Resumen. La articulación de los sonidos lingüísticos consonánticos y vocálicos se afecta en la enfermedad de Parkinson (EP). En el caso de las vocales, esta alteración se manifiesta acústicamente en la estructura formántica y en el área de espacio vocálico. Debido a que no se ha explorado esta temática en Chile, la investigación tuvo por objetivo contrastar el desempeño fonético-acústico de vocales entre hablantes del español chileno con EP inicial y sin la enfermedad. Se efectuó un estudio cuantitativo, cuasiexperimental y correlacional. 15 hablantes con EP ($M=69.6$ años, $DE=7.46$) y 15 sin EP ($M=70.07$ años, $DE=7.75$) leyeron 30 frases que contenían las cinco vocales del español de Chile. Se analizaron los centros de frecuencia y los anchos de banda (B1 y B2) de los formantes vocálicos (F1 y F2), y cinco índices del área de espacio vocálico. Se evidenciaron diferencias en el B2 de /i/ y /u/ entre personas con y sin EP; en el F1 de /e/ y /u/, el F2 de /u/, el B1 de /e/ y el B2 de /o/ entre hombres con y sin EP; y en el B2 de /i/ entre mujeres con y sin EP ($p<.05$). De esta forma, se reporta el desempeño acústico de las vocales en hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson.

Palabras clave: Área de espacio vocálico; Enfermedad de Parkinson; Fonética acústica; Rasgos vocálicos.

[en] Acoustic-phonetic performance of vowels in Chilean Spanish speakers with early Parkinson's disease

Abstract. The articulation of consonant and vowel linguistic sounds is impaired in Parkinson's Disease (PD). In vowels, this alteration manifests, acoustically, in the formant structure and in the vowel space area. As there has been no research on this subject in Chile, this study aimed at contrasting the acoustic-phonetic performance of vowels in Chilean Spanish speakers with early PD with healthy speakers. A quantitative, quasi-experimental, correlational study was carried out. 15 speakers with PD ($M=69.6$ years, $SD=7.46$) and 15 healthy speakers ($M=70.07$ years, $SD=7.75$) read 30 phrases containing the five vowels of Chilean Spanish. The center frequencies and the bandwidths (B1 and B2) of the vowel formants (F1 and F2), and five indexes of the vowel space area were all analyzed. Differences were found in B2 of /i/ and /u/ between speakers with PD and healthy speakers; in F1 of /e/ and /u/, in F2 of /u/, in B1 of /e/ and in B2 of /o/ between male speakers with PD and healthy male speakers; and in B2 of /i/ between women with PD and healthy women ($p<.05$). As such, the acoustic performance of vowels in Chilean Spanish speakers with Parkinson's disease is thereby reported.

Keywords: Acoustic phonetics; Parkinson's disease; Vowel features; Vowel space area.

Sumario: Introducción. Materiales y métodos. Resultados. Discusión. Conclusiones. Bibliografía.

Cómo citar: Martínez-Cifuentes, R., y Soto-Barba, J. (2022). Desempeño fonético-acústico de vocales en hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson en estadios iniciales. *Revista de Investigación en Logopedia* 12(2), e79132. <https://dx.doi.org/10.5209/rlog.79132>

Introducción

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo que se produce por una disminución de dopamina en el cuerpo estriado, a causa de una degeneración de la pars compacta de la sustancia negra (Zarranz, 2018). La EP tiene una sintomatología multisistémica, sin embargo, “destaca el síndrome rígido-acinético con temblor en reposo” (Zarranz, 2018, p. 414) que se compone de la triada de signos clínicos: rigidez, temblor en reposo y bradicinesia (Melle, 2007; Rojo, 2009; Webb y Adler, 2010; Zarranz, 2018). Estos signos

¹ Universidad de Concepción, Chile.
remartinez@udec.cl

² Universidad de Concepción.

impiden que el paciente pueda, en palabras de Melle (2007, p.24), “realizar cambios rápidos y ajustes finos de la musculatura del velo del paladar, de la lengua, de los labios, de la laringe y de los músculos implicados en la respiración”. Por ello, se produce una disartria en el individuo que se caracteriza por errores en la prosodia y en la articulación (Freed, 2012). Por otra parte, Duffy (2013) señala que el habla de las personas con EP presenta monotonía, reducida acentuación, monointensidad, imprecisión consonántica, silencios inapropiados, ráfagas cortas de habla, aspereza en la voz, respiración audible, tono bajo y velocidad variable. Específicamente en la articulación, los pacientes tienen dificultades para lograr cabalmente los rasgos articulatorios y efectuar los contactos de los órganos fonoarticuladores que cada sonido del habla requiere.

A raíz de aquello, se han efectuado en varias lenguas estudios fonético-acústicos que contrastan las vocales entre hablantes con EP y sujetos sin la enfermedad, tales como, inglés norteamericano (Forrest et al., 1989; Kim et al., 2009; Kim y Choi, 2017; McRae et al., 2002; Rosen et al., 2006; Tjaden et al., 2013; Tjaden y Wilding, 2004; Weismer et al., 2001; Whitfield y Goberman, 2014), coreano (Bang et al., 2013; Kang et al., 2010; Kim y Choi, 2017; Shim et al., 2012), alemán (Skodda et al., 2011, 2012, 2013), checo (Rusz, Cmejla, Růžicková, et al., 2013; Rusz, Cmejla, Tykalova, et al., 2013), chino mandarín (Gu et al., 2018; Hsu et al., 2017), español peninsular (Fernández-García et al., 2021), español cubano (Aguilera et al., 2015; Escobedo et al., 2017), italiano (Vizza et al., 2019), francés canadiense (Martel-Sauvageau y Tjaden, 2017) y portugués europeo (Proença et al., 2014). En ellos, los hablantes con EP tendieron a exhibir una menor duración de las transiciones de los formantes (Forrest et al., 1989), una menor extensión de las transiciones de los formantes (Forrest et al., 1989), una menor pendiente del segundo formante (F2) (Kim et al., 2009; Martel-Sauvageau y Tjaden, 2017; Rosen et al., 2006), un menor primer formante (F1) de /a/ (Bang et al., 2013), un mayor F1 de /i/ (Bang et al., 2013; Escobedo et al., 2017), un menor F2 de /i/ (Bang et al., 2013; Escobedo et al., 2017; Fernández-García et al., 2021), un menor F2 de /a/ y un menor F2 de /e/ (Fernández-García et al., 2021), y una restricción del espacio vocálico. Esto último, constatado mediante diversos índices, tales como, el rango del F2 (Rosen et al., 2006; Rusz, Cmejla, Růžicková, et al., 2013; Shim et al., 2012), el *quadrilateral vowel space area* (qVSA) (Bang et al., 2013; Fernández-García et al., 2021; Hsu et al., 2017; Kang et al., 2010; McRae et al., 2002; Shim et al., 2012; Tjaden et al., 2013; Tjaden y Wilding, 2004; Vizza et al., 2019; Weismer et al., 2001), el *triangular vowel space area* (tVSA) (Escobedo et al., 2017; Gu et al., 2018; Kim y Choi, 2017; Proença et al., 2014; Skodda et al., 2011, 2012; Vizza et al., 2019), el *vowel articulation index* (VAI) (Escobedo et al., 2017; Gu et al., 2018; Proença et al., 2014; Shim et al., 2012; Skodda et al., 2011, 2012, 2013), el *formant centralization ratio* (FCR) (Shim et al., 2012; Vizza et al., 2019) y el *articulatory-acoustic vowel space* (AAVS) (Whitfield y Goberman, 2014). Del mismo modo, se cuenta con reportes de la duración de las vocales, sin embargo, los hallazgos de los estudios han sido discrepantes (Aguilera et al., 2015; Chenausky et al., 2011; Duez, 2009; Forrest et al., 1989; Tykalova et al., 2017; Weismer et al., 2001).

En Chile, únicamente se dispone de tres estudios fonético-acústicos en hablantes con EP. Dos de ellos se enfocaron en parámetros fonético-acústicos de la voz, tales como frecuencia fundamental, *jitter*, *shimmer* e índice señal-ruido (Alfaro, 2014; Castro, 2008) y el otro, estudió el tiempo de inicio de la sonoridad (VOT) de oclusivas áfonas y sonoras en individuos con EP (Camacho, 2018). A pesar de aquello, se cuenta con varios estudios fonético-acústicos que han analizado la producción de vocales en hablantes del español de Chile sin patología o normotípicos. Las investigaciones en las últimas dos décadas se han orientado principalmente a la estructura de los formantes vocálicos (Figuroa et al., 2021; Sadowsky, 2012; Soto-Barba, 2007; Valverde y Soto-Barba, 2014) y a la duración de estos segmentos (Pereira y Soto-Barba, 2011; Román et al., 2018). En coherencia con la tradición del estudio fonético-acústico de vocales de hablantes chilenos sin patología, y en consideración a la ausencia de estudios que hayan analizado acústicamente estos sonidos del habla en personas con EP en Chile, la presente investigación se propone contrastar el desempeño fonético-acústico de vocales entre hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson inicial y sin la enfermedad.

Materiales y métodos

El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo, un diseño cuasiexperimental y un alcance correlacional. La muestra fue de tipo no probabilística. Los participantes correspondieron a 15 personas con enfermedad de Parkinson, seis hombres y nueve mujeres, con una edad promedio de 69.67 años ($DE=8.38$) y de 69.56 años ($DE=7.32$) respectivamente; y 15 personas sin la enfermedad, seis hombres y nueve mujeres, cuyas edades en promedio fueron 69.83 años ($DE=7.41$) y 70.22 años ($DE=8.41$) respectivamente. Todos contaban con una escolaridad básica completa, eran hablantes del español de Chile como lengua materna y residían en zonas urbanas. Los colaboradores sin la enfermedad vivían en las comunas de Chillán y Chillán Viejo, y quienes la presentaban, residían en la comuna de Concepción. Asimismo, los participantes con EP contaban con un diagnóstico efectuado por un médico neurólogo y se situaban en los tres primeros estadios de la enfermedad según la Escala de Hoehn y Yarh modificada, tal como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los participantes

	Ausencia de EP (n=15)		Presencia de EP (n=15)	
	Hombres (n=6)	Mujeres (n=9)	Hombres (n=6)	Mujeres (n=9)
	M (DE)	M (DE)	M (DE)	M (DE)
Edad	69.83 (7.41)	70.22 (8.41)	69.67 (8.38)	69.56 (7.32)
Estadio			2.17 (0.98)	2.11 (0.78)

El instrumento de elicitación de datos consistió en una lista de 30 enunciados que contenían las cinco vocales del español de Chile /i e a o u/. Cada enunciado se componía de dos palabras, tres sílabas en total y se constituían por seis a siete segmentos. Las vocales estudiadas se situaban en el cuarto segmento de la frase y estaban precedidas por cada una de las oclusivas /p t k b d g/. En la totalidad de los enunciados la sílaba que contenía la vocal analizada se encontraba acentuada, y en 28 de los 30 enunciados esta sílaba era de estructura abierta o libre. De tal manera, se elicitaron en forma controlada, 30 instancias de vocales por cada participante, lo que correspondió a un total de 900 realizaciones. Los enunciados se desglosan en la tabla 2.

Tabla 2. Listado de enunciados para la elicitación de datos

Enunciado	Transcripción fonológica	Enunciado	Transcripción fonológica	Enunciado	Transcripción fonológica
Un dedo	/un.'de.do/	Un bote	/un.'bo.te/	Un tejo	/un.'te.xo/
Un guiso	/un.'gi.so/	Un bicho	/un.'bi.tʃo/	Un caso	/un.'ka.so/
Un duro	/un.'du.ro/	Un tarro	/un.'ta.ro/	Un vaso	/un.'ba.so/
En quema	/en.'ke.ma/	Un dote	/un.'do.te/	Un dado	/un.'da.do/
Un tufo	/un.'tu.fo/	Un disco	/un.'dis.ko/	Un peso	/un.'pe.so/
Un kilo	/un.'ki.lo/	Un paso	/un.'pa.so/	Un gorro	/un.'go.ro/
Un toro	/un.'to.ro/	Un coro	/un.'ko.ro/	Un gusto	/un.'gus.to/
Un puma	/un.'pu.ma/	Un buzo	/un.'bu.so/	Un cucho	/un.'ku.tʃo/
Un beso	/un.'be.so/	Un pote	/un.'po.te/	En guerra	/en.'ge.ra/
Un piso	/un.'pi.so/	Un tipo	/un.'ti.po/	Un gato	/un.'ga.to/

El procedimiento de recolección de datos, que consistió en la lectura de las frases, se efectuó luego del proceso de consentimiento informado. La grabación de la producción del hablante se realizó en una sala acústicamente aislada y con reverberación atenuada. Se utilizó una grabadora Tascam DR-40 conectada a un micrófono de cabeza Sennheiser EW-152-G3. La frecuencia de muestreo fue de 44.1 kHz, la profundidad fue de 24 bits, la grabación fue monofónica y el formato del archivo fue *wav*. Cabe señalar que, en el caso de los pacientes con enfermedad de Parkinson, el registro de sus producciones se realizó en estado *on*, es decir, cuando estaban bajo los efectos de la medicación. El control de los enunciados y del procedimiento que realizaron los participantes se basó en la influencia que la velocidad del habla, el acento de la palabra, el estilo de habla, el contexto fonético y el entorno fonológico tienen en las mediciones asociadas a los formantes vocálicos (Kent y Vorperian, 2018).

La segmentación, el etiquetado y el análisis acústico de la señal se realizó con el software Praat versión 6.1.51 (Boersma y Weenink, 2021). La anotación de la señal se efectuó en un *TextGrid*, cuyos estratos se componían de intervalos. El análisis acústico de las vocales se realizó mediante los índices acústicos: centro de frecuencia del primer formante (F1) y segundo formante (F2), ancho de banda del primer formante (B1) y segundo formante (B2), rango del F2, qVSA, tVSA, VAI y FCR. El centro de frecuencia corresponde al pico espectral de la concentración de energía acústica, que se produce en un conjunto de armónicos por la acción de los filtros-resonadores del tracto oral (Correa, 2014; Hualde y Colina, 2014), y el ancho de banda se define como “la diferencia de frecuencias entre dos puntos adyacentes a un pico espectral” (Fant, 1986, p.111, citado por Correa, 2014, p.45). Las mediciones del F1, F2, B1 y B2 se efectuaron en un objeto *Formant* mediante un *script* de Praat de elaboración propia. Para el F1 y F2 se calculó el valor promedio del 50% central del segmento vocálico (Figuroa, 2016), y para el B1 y B2 la medición se realizó en el punto medio de la vocal (Correa, 2014). Por otra parte, los índices acústicos: rango del F2 (1) (Rusz, Cmejla, Růžicková, et al., 2013), qVSA (2) (Fernández-García et al., 2021), tVSA (3) (Sapir et al., 2010), VAI (4) (Rusz, Cmejla, Růžicková, et al., 2013)

y FCR (5) (Sapir et al., 2010) se calcularon en cada hablante a partir de los valores promedio del centro de frecuencia de los formantes vocálicos.

$$\frac{F2[i]}{F2[u]} \quad (1)$$

$$\frac{(F2[i] \times F1[e] - F2[e] \times F1[i]) + (F2[e] \times F1[a] - F2[a] \times F1[e]) + (F2[a] \times F1[o] - F2[o] \times F1[a]) + (F2[o] \times F1[u] - F2[u] \times F1[o]) + (F2[u] \times F1[i] - F2[i] \times F1[u])}{2} \quad (2)$$

$$ABS \left(\frac{F1[i] \times (F2[a] - F2[u]) + F1[a] \times (F2[u] - F2[i]) + F1[u] \times (F2[i] - F2[a])}{2} \right) \quad (3)$$

$$\frac{(F2[i] + F1[a])}{(F1[i] + F1[u] + F2[u] + F2[a])} \quad (4)$$

$$\frac{(F2[u] + F2[a] + F1[i] + F1[u])}{(F2[i] + F1[a])} \quad (5)$$

El análisis estadístico consideró estadígrafos descriptivos, tales como medidas de tendencia central y de dispersión, así como estadística inferencial. Se contrastó el F1, F2, B1 y B2 de /i e a o u/, así como el rango del F2, qVSA, tVSA, VAI y FCR entre hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson inicial y sin la enfermedad. Se aplicó la prueba t de Student, luego de verificarse los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, con las pruebas Shapiro-Wilk y Levene respectivamente. En los casos que no se logró verificar el supuesto de normalidad se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. Por otra parte, si no se disponía de evidencias del cumplimiento del supuesto de homocedasticidad, se analizó la prueba t ajustada según el método de Welch. Las pruebas se efectuaron con un intervalo de confianza de un 95%. Para los análisis, se utilizó el software JASP 0.14.1 (JASP Team, 2020).

Resultados

a. Centros de frecuencia del primer y segundo formante

Los centros de frecuencia promedios del F1 y F2 de /i e a o u/ en hablantes con y sin EP se exponen en la tabla 3.

Tabla 3. Centro de frecuencia promedio del F1 y F2 de /i e a o u/ en hablantes con y sin EP

	Sin EP (n=15)	EP (n=15)
	M (DE)	M (DE)
F1		
/i/	321.88 (26.18)	304.64 (55.6)
/e/	468.98 (32.59)	459.57 (60.9)
/a/	737.8 (122.49)	719.47 (121.88)
/o/	488.76 (42.32)	496.6 (88.39)
/u/	350.45 (24.99)	334.32 (61.06)
F2		
/i/	2439.01 (254.5)	2364.12 (257.72)
/e/	2082.01 (239.01)	2070.37 (214.64)
/a/	1532.1 (181.75)	1566.91 (140.66)
/o/	1032.98 (91.1)	1034.44 (127.96)
/u/	868.08 (99.24)	886.04 (86.99)

Los valores promedios mostraron que los hablantes sin la enfermedad tendieron a presentar un mayor F1 en la mayoría de las vocales, a excepción de la /o/. En el contraste del desempeño de ambos grupos se evidenció que no hay diferencias estadísticamente significativas para /i/ (Welch $t(19.917)=1.087$, $p=.29$), /e/ (Welch $t(21.409)=0.528$, $p=.603$), /a/ ($t(28)=0.411$, $p=.684$), /o/ ($U=122$, $p=.713$) y /u/ (Welch $t(18.561)=0.947$, $p=.356$). Asimismo, se aprecia que las desviaciones estándar del F1 de las personas con EP tienden a ser mayores que los individuos sin la enfermedad en /i e o u/. Por otra parte, las medias de los centros de frecuencia del F2 de /i e a o u/ mostraron que los hablantes con EP tendieron a presentar un F2 menor en /i e/ y uno mayor en /a o u/. La comparación de ambos grupos evidenció que no hay diferencias estadísticamente significativas para /i/ ($U=128$, $p=.539$), /e/ ($U=123$, $p=.683$), /a/ ($t(28)=-0.587$, $p=.562$), /o/ ($t(28)=-0.036$, $p=.971$) y /u/ ($t(28)=-0.527$, $p=.602$). En cuanto a las desviaciones estándar del F2, los valores tienden a ser similares en ambos grupos, lo que discrepa frente a la dispersión del F1 en las personas con la enfermedad, tal como se evidencia en la figura 1.

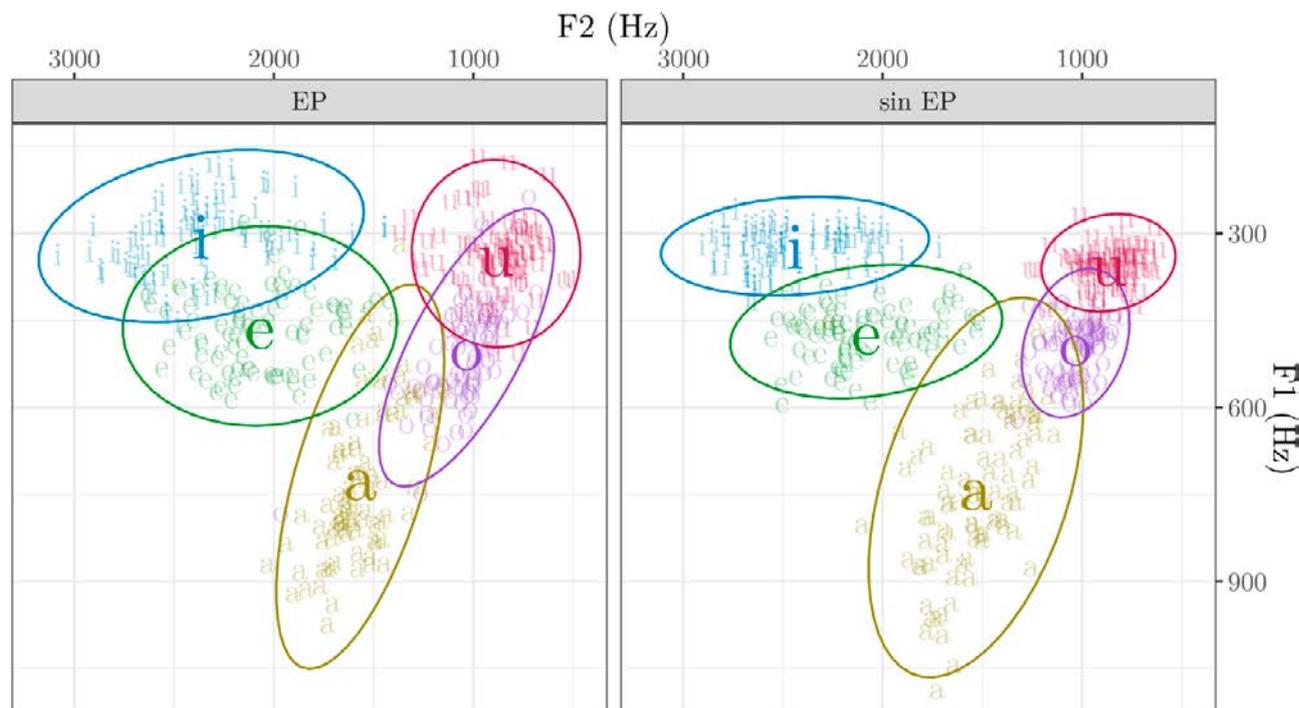
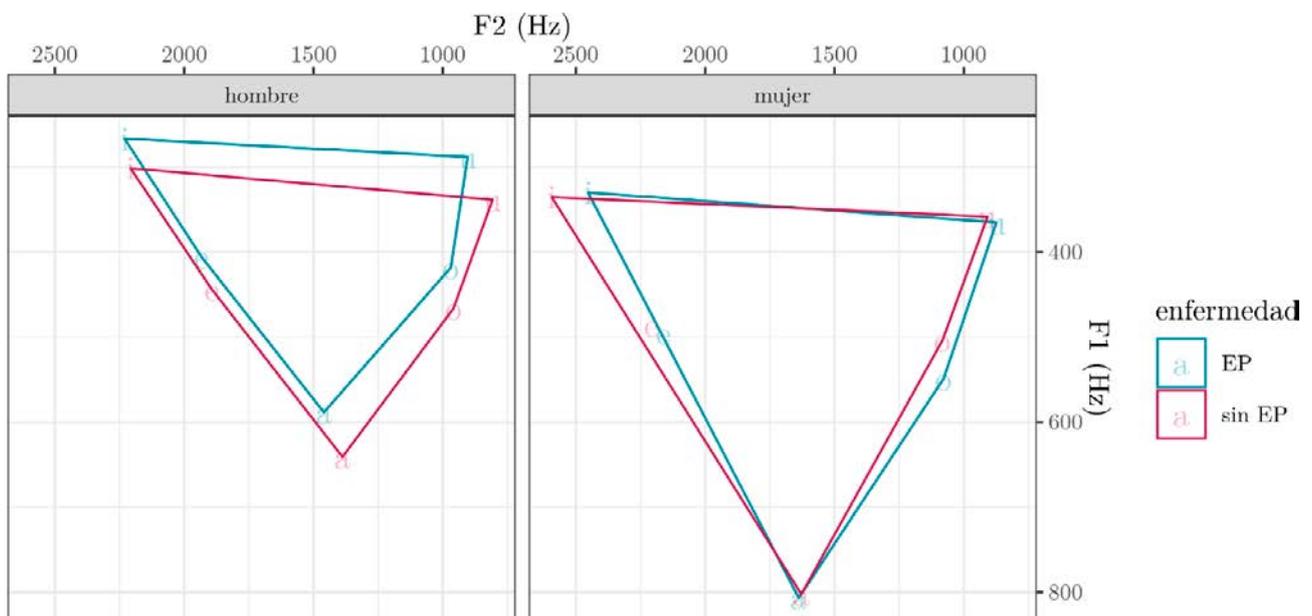


Figura 1. F1 y F2 de /i e a o u/ en hablantes con y sin EP

El desglose de las medias del F1 y F2 de hombres y mujeres se muestra en la tabla 4. En los hombres se develó que los hablantes con EP tendieron a manifestar un menor F1 en /i e a o u/ frente al grupo sin la enfermedad, mientras que las mujeres solo mostraron esta tendencia con la vocal /i/. En la comparación de los hombres con y sin la enfermedad se evidenció que hay diferencias estadísticamente significativas para /e/ ($U=32$, $p=.026$, $r_B=0.778$) y /u/ ($t(10)=2.54$, $p=.029$, $d=1.467$). El F1 de /e/ fue mayor en personas sin la enfermedad ($Mdn=449.53$, $Rango=57.84$) frente a los individuos con ella ($Mdn=424.6$, $Rango=101.89$); al igual que el F1 /u/ para los individuos sin EP ($M=338.57$, $DE=12.35$) frente a los que presentaban la enfermedad ($M=288.09$, $DE=47.08$). Por otra parte, no se encontraron diferencias con significación estadística para /i/ (Welch $t(5.767)=2.179$, $p=.074$), /a/ ($t(10)=1.323$, $p=.215$) y /o/ ($t(10)=1.62$, $p=.136$). Respecto de las mujeres con y sin EP, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para /i/ ($t(16)=0.288$, $p=.777$), /e/ ($t(16)=-0.569$, $p=.577$), /a/ ($t(16)=-0.114$, $p=.911$), /o/ ($t(16)=-1.883$, $p=.078$) y /u/ ($t(16)=-0.354$, $p=.728$). En cuanto al F2, se advirtió que los hombres tendían a manifestar una diferencia del F2 mayor de 50 Hz en /a u/ entre el grupo con EP frente al grupo que no presentaba la enfermedad, siendo menor en este grupo. Las mujeres mostraron una diferencia mayor de 100 Hz del F2 de /i/ entre el grupo con EP frente al grupo sin la enfermedad, siendo mayor en el grupo sin EP. En el contraste de los hombres con y sin la enfermedad se evidenció que no hay diferencias con significación estadística entre los grupos para /i/ ($t(10)=-0.229$, $p=.823$), /e/ ($t(10)=-0.306$, $p=.766$), /a/ ($t(10)=-1.011$, $p=.336$) y /o/ ($t(10)=-0.169$, $p=.869$), a excepción de /u/ ($t(10)=-2.291$, $p=.045$, $d=-1.323$). Por otra parte, en el contraste de las mujeres con y sin la enfermedad se constata que no hay diferencias con significación estadística entre los grupos para /i/ ($U=54$, $p=.258$), /e/ ($U=49$, $p=.489$), /a/ ($t(16)=-0.168$, $p=.869$), /o/ ($t(16)=0.097$, $p=.924$) y /u/ ($t(16)=0.747$, $p=.466$), tal como se refleja en la figura 2.

Tabla 4. Centro de frecuencia promedio del F1 y F2 de /i e a o u/ en hombres y mujeres con y sin EP

	Hombres (n=12)		Mujeres (n=18)	
	Sin EP (n=6)	EP (n=6)	Sin EP (n=9)	EP (n=9)
	<i>M (DE)</i>	<i>M (DE)</i>	<i>M (DE)</i>	<i>M (DE)</i>
F1				
/i/	301.41 (10.47)	266.6 (37.69)	335.53 (24.63)	330 (52.09)
/e/	443.67 (21.33)	405.55 (39.6)	485.85 (27.81)	495.58 (43.16)
/a/	640.94 (81.74)	588.56 (52.2)	802.37 (101.76)	806.74 (53.6)
/o/	466.27 (11.3)	418.15 (71.86)	503.76 (49.21)	548.9 (52.47)
/u/	338.57 (12.35)	288.09 (47.08)	358.37 (28.65)	365.14 (49.68)
F2				
/i/	2207.75 (195.44)	2230.92 (152.41)	2593.18 (150.4)	2452.93 (282.02)
/e/	1893.58 (230.75)	1933.39 (219.83)	2207.68 (149.36)	2161.68 (164.22)
/a/	1387.96 (114.28)	1459.7 (130.87)	1628.19 (153.86)	1638.39 (97.74)
/o/	958.8 (53.64)	968.89 (136.07)	1082.43 (76.46)	1078.14 (108.22)
/u/	807.69 (83.11)	903.94 (60.67)	908.34 (91.42)	874.11 (102.68)

**Figura 2.** Centro de frecuencia promedio del F1 y F2 de /i e a o u/ en hombres y mujeres con y sin EP

b. Anchos de banda del primer y segundo formante

Las medias y medianas de los anchos de banda del primer y segundo formante de las vocales en personas con y sin EP se muestran en la tabla 5. Los valores promedio del ancho de banda tendieron a ser mayores en los hablantes con EP en el primer formante de /i e a u/ y en el segundo formante de /i e o u/. En el contraste del ancho de banda de ambos grupos se evidenció que hay diferencias estadísticamente significativas del B2 de /i/ ($U=53, p=.013, r_B=-0.529$) y /u/ ($U=50, p=.009, r_B=-0.556$).

Tabla 5. Ancho de banda del primer y segundo formante de /i e a o u/ en hablantes con y sin EP

	Sin EP (n=15)		EP (n=15)		U	p
	M (DE)	Mdn (Rango)	M (DE)	Mdn (Rango)		
B1						
/i/	66.62 (28.4)	50.52 (90.64)	94.04 (96.66)	67.54 (399.88)	95	.486
/e/	88.32 (72.19)	59.36 (246.73)	111.38 (117.71)	67.47 (457.25)	83	.233
/a/	204.9 (141.21)	154.13 (532.83)	251.24 (241.39)	151.39 (896.48)	112	1
/o/	122.46 (124.18)	68.51 (423.85)	115.47 (46.47)	106.18 (143.56)	80	.187
/u/	94.99 (62.77)	85.4 (255.71)	117.83 (73.53)	105.46 (269.77)	87	.305
B2						
/i/	311.73 (262.96)	222.68 (919.5)	607.91 (404.73)	451.95 (1299.49)	53	.013
/e/	381.44 (342.5)	235.09 (1162.8)	653.68 (720.29)	323.72 (2722.23)	83	.233
/a/	320.39 (203.85)	330.27 (817.21)	300.72 (206.27)	237.41 (678.89)	122	.713
/o/	115.16 (48.01)	96.76 (185.55)	220.73 (231.52)	150.48 (900.8)	66	.056
/u/	164.3 (118.8)	144.21 (443.42)	310.15 (165.87)	308.01 (593.29)	50	.009

El desglose de las medias de hombres y mujeres se presenta en la tabla 6. En los hombres se advirtió que las personas con EP tendían a presentar un ancho de banda mayor del primer y segundo formante en la totalidad de las vocales. Las mujeres mostraron un similar desempeño, excepto en el B1 de /o/ y el B2 de /a/. En la comparación de los hombres se evidenció que hay diferencias con significación estadística en el B1 de /e/ ($U=5, p=.041, r_B=-0.722$) entre el grupo sin EP ($Mdn=53.93, Rango=24.31$) y con la enfermedad ($Mdn=70.47, Rango=150.31$). No obstante, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas para el B1 de /i/ ($t(10)=-0.673, p=.516$), /a/ (Welch $t(5.511)=-1.341, p=.232$), /o/ (Welch $t(5.867)=-1.998, p=.094$) y /u/ ($U=10, p=.24$). Por otra parte, se constataron diferencias estadísticamente significativas en el B2 de /o/ ($U=4, p=.026, r_B=-0.778$) entre los hombres sin ($Mdn=93.22, Rango=93.61$) y con la enfermedad ($Mdn=197.04, Rango=898.76$); y en el B2 de /u/ (Welch $t(5.566)=-2.795, p=.034, d=-1.614$) entre el grupo sin EP ($M=98.07, DE=49.11$) y con EP ($M=339.87, DE=206.17$). Sin embargo, estas diferencias no se apreciaron en el B2 de /i/ ($U=11, p=.31$), /e/ ($t(10)=-1.341, p=.209$) y /a/ ($t(10)=-0.479, p=.642$). En el contraste de las mujeres con y sin EP se evidenció que no hay diferencias con significación estadística en el B1 de /i/ ($U=34, p=.605$), /e/ ($U=40, p=1$), /a/ ($U=50, p=.436$), /o/ (Welch $t(9.076)=-0.906, p=.389$) y /u/ ($U=30, p=.387$). Asimismo, no hubo diferencias estadísticamente significativas en el B2 de /e/ ($U=29, p=.34$), /a/ ($U=51, p=.387$), /o/ ($t(16)=-0.172, p=.865$) y /u/ ($t(16)=-1.257, p=.227$), a excepción del B2 de /i/ ($U=11, p=.008, r_B=-0.728$), entre mujeres sin EP ($Mdn=228.27, Rango=876.75$) y con la enfermedad ($Mdn=576.97, Rango=1073.07$).

Tabla 6. Ancho de banda del primer y segundo formante de /i e a o u/ en hombres y mujeres con y sin EP

	Hombres (n=12)		Mujeres (n=18)	
	Sin EP (n=6)	EP (n=6)	Sin EP (n=9)	EP (n=9)
	M (DE)	M (DE)	M (DE)	M (DE)
B1				
/i/	50.3 (17.99)	58.57 (24.15)	77.51 (29.6)	117.69 (120.06)
/e/	51 (10.47)	87.9 (56.59)	113.19 (85.5)	127.04 (146.82)
/a/	105.86 (44.59)	216.51 (197.08)	270.92 (146.25)	274.39 (276.03)
/o/	58.14 (17.83)	109.44 (60.3)	165.34 (147.02)	119.48 (38.22)
/u/	56.5 (17.53)	86.63 (58.08)	120.64 (69.65)	138.63 (78.34)
B2				
/i/	238.96 (202.49)	446.01 (362.24)	360.24 (297.93)	715.85 (414.59)
/e/	192.28 (70.83)	276.34 (136.17)	507.55 (396.77)	905.25 (847.56)
/a/	234.34 (128.2)	265.82 (97.22)	377.76 (230.64)	323.98 (258.9)
/o/	88.81 (31.92)	346.95 (339.17)	132.73 (50.28)	136.59 (44.61)
/u/	98.07 (49.11)	339.87 (206.17)	208.45 (133.07)	290.35 (143.11)

c. Área de espacio vocálico

Los índices acústicos vinculados con el área de espacio vocálico en individuos con y sin EP se exponen en la tabla 7. Los valores promedio mostraron que los hablantes con EP tendieron a presentar un menor rango del F2, un menor qVSA, un menor tVSA, un menor VAI y un mayor FCR, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > .05$).

Tabla 7. Área de espacio vocálico en hablantes con y sin EP

	Sin EP (n=15)	EP (n=15)	t	gl	p
	M (DE)	M (DE)			
Rango del F2	2.84 (0.41)	2.69 (0.43)	0.948	28	.351
qVSA	329694.75 (128415.14)	324589.59 (104147.48)	0.12	28	.906
tVSA	323908.15 (139627.13)	298779.59 (97762.27)	0.571	28	.573
VAI	1.04 (0.09)	1 (0.09)	1.125	28	.27
FCR	0.97 (0.09)	1.01 (0.09)	-1.106	28	.278

El desglose de las medias de hombres y mujeres se muestra en la tabla 8. En los hombres se advirtió que las personas con EP tendieron a manifestar un menor rango del F2, un menor qVSA, un menor tVSA, un menor VAI y un mayor FCR. Esta tendencia fue similar para las mujeres, excepto en el qVSA. En el contraste de los hombres con y sin la enfermedad se evidenció que no hay diferencias con significación estadística entre los grupos en el rango del F2 ($t(10)=1.284, p=.228$), qVSA ($t(10)=0.254, p=.805$), tVSA ($t(10)=0.477, p=.643$), VAI ($t(10)=0.849, p=.416$) y FCR ($t(10)=-0.747, p=.472$). De igual forma, en las mujeres se evidenció que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con y sin EP para el rango del F2 ($t(16)=0.218, p=.83$), qVSA ($t(16)=-0.024, p=.981$), tVSA ($t(16)=0.545, p=.594$), VAI ($t(16)=0.786, p=.443$) y FCR ($t(16)=-0.832, p=.418$).

Tabla 8. Área de espacio vocálico en hablantes con y sin EP

	Hombres (n=12)		Mujeres (n=18)	
	Sin EP (n=6)	EP (n=6)	Sin EP (n=9)	EP (n=9)
	M (DE)	M (DE)	M (DE)	M (DE)
Rango del F2	2.78 (0.52)	2.48 (0.23)	2.88 (0.35)	2.84 (0.48)
qVSA	252309.9 (120015.5)	237918.19 (69904.45)	381284.66 (111222.48)	382370.52 (80855.81)
tVSA	231593.68 (115559.78)	206939.2 (51493.33)	385451.12 (122958.52)	360006.52 (67268.19)
VAI	1.01 (0.11)	0.97 (0.05)	1.05 (0.08)	1.02 (0.1)
FCR	1.01 (0.1)	1.04 (0.05)	0.95 (0.08)	0.99 (0.1)

Discusión

Las vocales en hablantes con EP se han estudiado en otras lenguas mediante varios índices fonético-acústicos, tales como centro de frecuencia del F1 y F2, transiciones formánticas (duración, extensión y pendientes), área de espacio vocálico y duración. En este estudio se ha contrastado el desempeño fonético-acústico de vocales entre hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson inicial y sin la enfermedad, a través de los índices centro de frecuencia del F1 y F2, ancho de banda del F1 y F2, rango del F2, qVSA, tVSA, VAI y FCR.

Respecto del centro de frecuencia del primer y segundo formante, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas para el F1 y F2 de /i/ e a o u/ en hablantes con y sin EP, sin embargo, al analizar las desviaciones estándar se advierte una mayor dispersión del F1 de /i/ e o u/ en las personas con la enfermedad. En el grupo de los hombres, se encontraron diferencias con significación estadística entre los individuos con y sin EP en el primer formante de /e/ y /u/, y el segundo formante de /u/. Considerando la ampliamente descrita relación entre los formantes 1 y 2 con el modo y zona de articulación vocálico (Stevens y House, 1955; Wendahl, 1957), es posible advertir que los hallazgos del F1 se asocian con una menor apertura mandibular en la articulación de /e/ y /u/ en los hombres con EP, mientras que la diferencia del F2 se vincula a un adelantamiento de la lengua en la articulación de /u/ en el mismo grupo de participantes. Asimismo, el mayor cierre

mandibular de /e/ y /u/ y la menor posteriorización de la lengua en la articulación de /u/ en los hombres con EP, y la mayor dispersión del cierre mandibular en los participantes con EP en general, se pueden relacionar con la hipocinesia, la bradicinesia y la rigidez que se manifiesta en la enfermedad. La hipocinesia, que corresponde a la “disminución de la amplitud del movimiento” (Webb y Adler, 2010, p. 176), la bradicinesia, que se refiere a la “disminución de la velocidad del movimiento de un músculo en su rango de movimiento” (Webb y Adler, 2010, p. 176) y la rigidez, que genera un “estado continuo de tensión y firmeza muscular” (Zarranz, 2018, p. 420), restringen el movimiento mandibular y lingual que la articulación de estos sonidos requiere. Por otra parte, en el contraste entre las mujeres con y sin la enfermedad, no hubo diferencias con significancia estadística para el F1 y F2 de /i e a o u/. Esto concuerda con lo reportado por Bang et al. (2013) para el caso del F1 de /e u/ y del F2 de /a e u/, y con el estudio de Fernández-García et al. (2021) para el F1 de /i e a o u/ y el F2 de /a o u/.

En el análisis del ancho de banda del F1 y F2 de las vocales en hablantes con y sin EP, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en el B2 de /i/ y /u/. Asimismo, se apreciaron diferencias en los hombres con y sin la enfermedad en el B1 de /e/ y el B2 de /o/, y en las mujeres en el B2 de /i/. Esto se asocia con una pérdida acústica que se produce en el tracto vocal (Correa, 2014), que es de mayor magnitud en las personas con EP. De igual forma, el significativo aumento del B1 de /e/ en hombres con la enfermedad podría ser un correlato de la afectación de fonación, si se considera que en personas con disfonía (que no cursan con patología neurológica) se ha reportado un mayor B1 en las vocales, a excepción de /i/ (Ishikawa y Webster, 2020); o un correlato de la presencia de hipernasalidad, si se considera que las vocales nasalizadas presentan un incremento del B1 (Pruthi y Espy-Wilson, 2006; Styler, 2017). En cuanto al B2, se cuenta con el reporte de un descenso del B2 de /i/ en individuos que han tenido un cambio en la dimensión craneocaudal de la cavidad oral a raíz de una extensión maxilar rápida (Sari y Kiliç, 2009). Considerando aquello, los individuos con EP que presentan un mayor B2 de /i/ podrían estar manifestando un aumento de la dimensión craneocaudal de la cavidad oral al articular este sonido, producto de la condición neuromuscular de la enfermedad.

En cuanto al área de espacio vocálico, se evidenció la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los hablantes con y sin EP, en general y agrupados por sexo, para los índices: rango del F2, qVSA, tVSA, VAI y FCR. Cabe señalar que este hallazgo se manifestó en un escenario en el que se propició el máximo desempeño articulatorio de los hablantes mediante el control de la tarea (velocidad del habla y estilo del habla) y de los estímulos (acento, contexto fonético y entorno fonológico) (Kent y Vorperian, 2018), y en el que participaron personas en estadios iniciales de la enfermedad, que a su vez estaban en tratamiento. A pesar de no contar con diferencias con significación estadística, este estudio devela que los hablantes con EP tienden a presentar un menor rango del F2, un menor qVSA, un menor tVSA, un menor VAI y un mayor FCR, lo que se manifiesta con una dirección similar a los reportes que analizan el rango del F2 (Rosen et al., 2006; Rusz, Cmejla, Růžičková, et al., 2013; Shim et al., 2012), el qVSA (Bang et al., 2013; Fernández-García et al., 2021; Hsu et al., 2017; Kang et al., 2010; McRae et al., 2002; Shim et al., 2012; Tjaden et al., 2013; Tjaden y Wilding, 2004; Vizza et al., 2019; Weismer et al., 2001), el tVSA (Escobedo et al., 2017; Gu et al., 2018; Kim y Choi, 2017; Proença et al., 2014; Skodda et al., 2011, 2012; Vizza et al., 2019), el VAI (Escobedo et al., 2017; Gu et al., 2018; Proença et al., 2014; Shim et al., 2012; Skodda et al., 2011, 2012, 2013) y el FCR (Shim et al., 2012; Vizza et al., 2019).

Conclusiones

Frente al propósito de la investigación, esto es, contrastar el desempeño fonético-acústico de vocales entre hablantes del español chileno con enfermedad de Parkinson inicial y sin la enfermedad, este estudio devela que el ancho de banda del segundo formante de /i/ y /u/ muestra diferencias con significación estadística entre hablantes con y sin EP en general. Específicamente en los hombres, los índices que exponen estas diferencias entre personas con y sin EP son el F1 de /e/ y /u/, el F2 de /u/, el B1 de /e/ y el B2 de /o/. Mientras que, en las mujeres, estas diferencias se observan en el B2 de /i/. Cabe señalar que los índices rango del F2, qVSA, tVSA, VAI y FCR, a pesar de mostrar tendencias, no exponen diferencias estadísticamente significativas entre hablantes con EP y sin la enfermedad, en general y agrupados por sexo. En cuanto a las tendencias, se advierte que los hombres con EP sistemáticamente tienden a presentar un F1, un rango del F2, un qVSA, un tVSA y un VAI menores; y un F2, un B1, un B2 y un FCR mayores, frente a los hombres que no tienen la enfermedad. Esta sistematicidad no se evidencia en los índices fonético-acústicos que dan cuenta del desempeño de las mujeres con y sin EP.

Respecto de los aportes de la investigación, se presentan resultados sobre del desempeño fonético-acústico de vocales en hablantes chilenos con EP. Si bien existe una tradición fonético-acústica en el estudio de vocales del español de Chile, esta tradición no ha incorporado a adultos mayores, ni a personas con patología del habla neurodegenerativa. De esta forma, se aborda un grupo etario y una condición neurológica que no han sido previamente objetos de estudio desde una perspectiva fonético-acústica en el país. Por otra parte, cabe destacar que la investigación se efectuó en el marco de un diseño cuasiexperimental, lo que generó una precisión y

control en la delimitación de la muestra, la selección de estímulos, la grabación de los corpus orales, el análisis acústico de la señal y el análisis estadístico de los datos. De tal manera, estos elementos vienen a fomentar la generación de nuevas líneas de investigación en Chile que congregan la fonética experimental, la adultez mayor y el habla en personas con disartria.

A pesar de lo anterior, la investigación ofrece limitaciones en cuanto al número de participantes, los acotados tipos de enunciados y procedimientos de elicitación, y el estadio de la enfermedad en los individuos. El número de participantes y las características de los datos impidió el análisis estadístico de modelos que, por ejemplo, incluyen las eventuales interacciones entre las variables o alcanzan una mayor potencia estadística. Los acotados tipos de enunciados y procedimientos de elicitación, que fueron seleccionados para obtener el máximo desempeño articulatorio de los hablantes, restringieron la manifestación de eventuales alteraciones de las vocales en las personas con EP. El análisis se limitó a las vocales tónicas, que son más estables que las átonas, y el procedimiento de elicitación fue lectura, que reduce la velocidad del habla de los participantes y, por tanto, favorece la articulación de los sonidos del habla. Estos elementos, junto a la limitada progresión de la enfermedad (que se restringió a los estadios uno, dos y tres de EP), propició que las diferencias entre las personas con la patología y los participantes normotípicos fuesen, en muchos casos, discretas y sin una significación estadística.

Considerando las limitaciones presentadas, se propone que futuras investigaciones en esta área incluyan a un mayor número de participantes, con una diversificación de las características de los hablantes, ya sea geográfica y/o sociocultural. A su vez, que se aborden otros estadios de la EP y otras patologías neurodegenerativas que causen patología del habla. Asimismo, resulta necesario explorar otros aspectos fonéticos segmentales y suprasegmentales, y otras tareas o procedimientos de elicitación, tales como, la lectura de textos o el habla conversacional. Lo anterior, con el propósito de contribuir a la generación de conocimiento en esta incipiente área de estudio en el español chileno, que considere, por una parte, la documentación del desempeño fonético-acústico de las personas que cursan con enfermedad de Parkinson y, por otra, la formulación de evidencia científica que propicie la consolidación de procedimientos fonético-acústicos objetivos de evaluación y seguimiento en el trabajo clínico que los fonoaudiólogos realizan con adultos mayores que presentan trastornos del habla de origen neurológico.

Bibliografía

- Aguilera, O., Escobedo, D., Sanabria, F., y Núñez, I. (2015). Alteración de parámetros acústicos de la voz y el habla en la enfermedad de Parkinson. *Comunicación Social: Retos y Perspectivas*, 2, 679–684.
- Alfaro, M. (2014). *Caracterización mediante análisis fonético acústico de la voz, de usuarios con enfermedad de Parkinson según estadios de evolución* [Tesis magíster]. Universidad de Valparaíso.
- Bang, Y., Min, K., Sohn, Y., y Cho, S. (2013). Acoustic characteristics of vowel sounds in patients with Parkinson disease. *Neurorehabilitation*, 32(3), 649–654. <https://doi.org/10.3233/NRE-130887>
- Boersma, P., y Weenink, D. (2021). *Praat: Doing phonetics by computer* (6.1.51) [Computer software]. <http://www.praat.org/>
- Camacho, C. (2018). *Comportamiento del índice acústico voice onset time (VOT) en la serie [p-t-k] y [b-d-g] en personas con Parkinson vs personas sin esta enfermedad diagnosticada* [Tesis magíster, Universidad de Concepción]. repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/3253/Tesis_Comportamiento_del_indice_acustico.Image.Marked.pdf
- Castro, M. (2008). *Parámetros fonético-acústicos en pacientes con enfermedad de Parkinson* [Tesis magíster]. Universidad de Talca.
- Chenauksy, K., MacAuslan, J., y Goldhor, R. (2011). Acoustic analysis of PD speech. *Parkinson's Disease*, 2011, 1–13. <https://doi.org/10.4061/2011/435232>
- Correa, J. (2014). *Manual de análisis acústico del habla con Praat*. Instituto Caro y Cuervo.
- Duez, D. (2009). Segmental duration in Parkinsonian French speech. *Folia Phoniatrica Et Logopaedica*, 61(4), 239–246. <https://doi.org/10.1159/000228001>
- Duffy, J. (2013). *Motor speech disorders* (3ª ed.). Elsevier Mosby.
- Escobedo, D., Aguilera, O., y Sanabria, F. (2017). Primeros formantes y área de espacio vocal en una pequeña muestra de pacientes con Parkinson. *Nuevos estudios sobre Comunicación Social*, 2, 645–650.
- Fernández-García, S., Dumitrache, C., y González-López, J. (2021). Acoustic analysis of the voice in patients with Parkinson's disease and hypokinetic dysarthria. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 41(3), 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2020.04.002>
- Figuroa, M. (2016). *Lenition in the production and perception of Chilean Spanish approximant consonants: Implications for lexical access models* [Tesis doctorado, University College London]. https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1503903/1/phd_thesis_MFiguroa_2016.pdf
- Figuroa, M., Rogers, B., y Fuentes, D. (2021). Evidence of dialectal divergence in the vowel system of Chilean Spanish. En *Lingüística del castellano chileno* (Brandon M. A. Rogers, Mauricio A. Figuroa Candia, pp. 193–226). Vernon Press.

- Forrest, K., Weismer, G., y Turner, G. (1989). Kinematic, acoustic, and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 85(6), 2608–2622. <https://doi.org/10.1121/1.397755>
- Freed, D. (2012). *Motor speech disorders: Diagnosis and treatment* (2ª ed.). Delmar, Cengage Learning.
- Gu, W., Fan, P., y Liu, W. (2018). Acoustic analysis of Mandarin speech in Parkinson's disease with the effects of levodopa. En Q. Fang, J. Dang, P. Perrier, J. Wei, L. Wang, y N. Yan (Eds.), *Studies on Speech Production* (Vol. 10733, pp. 211–224). Springer International Publishing Ag.
- Hsu, S., Jiao, Y., McAuliffe, M., Berisha, V., Wu, R., y Levy, E. (2017). Acoustic and perceptual speech characteristics of native Mandarin speakers with Parkinson's disease. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(3), 293–299. <https://doi.org/10.1121/1.4978342>
- Hualde, J., y Colina, S. (2014). *Los sonidos del español*. Cambridge University Press.
- Ishikawa, K., y Webster, J. (2020). The Formant Bandwidth as a Measure of Vowel Intelligibility in Dysphonic Speech. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.10.012>
- JASP Team. (2020). *JASP* (0.14.1) [Computer software].
- Kang, Y., Yoon, K., Lee, H., y Seong, C. (2010). A comparison of parameters of acoustic vowel space in patients with Parkinson's disease. *Phonetics and Speech Sciences*, 2(4), 185–192.
- Kent, R. D., y Vorperian, H. K. (2018). Static measurements of vowel formant frequencies and bandwidths: A review. *Journal of Communication Disorders*, 74, 74–97. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2018.05.004>
- Kim, Y., y Choi, Y. (2017). A cross-language study of acoustic predictors of speech intelligibility in individuals with Parkinson's disease. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 60(9), 2506–2518. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-S-16-0121
- Kim, Y., Weismer, G., Kent, R., y Duffy, J. (2009). Statistical models of F2 slope in relation to severity of dysarthria. *Folia Phoniatrica et Logopaedica: Official Organ of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)*, 61(6), 329–335. <https://doi.org/10.1159/000252849>
- Martel-Sauvageau, V., y Tjaden, K. (2017). Vocalic transitions as markers of speech acoustic changes with STN-DBS in Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 70, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2017.10.001>
- McRae, P., Tjaden, K., y Schoonings, B. (2002). Acoustic and perceptual consequences of articulatory rate change in Parkinson disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 45(1), 35–50. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/003\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/003))
- Melle, N. (2007). *Guía de intervención logopédica en la disartria*. Síntesis.
- Pereira, D., y Soto-Barba, J. (2011). Duración absoluta de las vocales del español urbano y rural de la provincia de Ñuble. *Boletín de filología*, 46(1), 153–161. <https://doi.org/10.4067/S0718-93032011000100005>
- Proença, J., Veiga, A., Candeias, S., Lemos, J., Januário, C., y Perdigão, F. (2014). Characterizing Parkinson's disease speech by acoustic and phonetic features. En J. Baptista, N. Mamede, S. Candeias, I. Paraboni, T. A. S. Pardo, y M. das G. Volpe Nunes (Eds.), *Computational Processing of the Portuguese Language* (Vol. 8775, pp. 24–35). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09761-9_3
- Pruthi, T., y Espy-Wilson, C. Y. (2006). Automatic detection of vowel nasalization using knowledge-based acoustic parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(5), 1925–1928. <https://doi.org/10.1121/1.4781609>
- Rojo, A. (2009). Diagnóstico de la enfermedad de Parkinson. En A. Rey (Ed.), *Enfermedad de Parkinson y otros parkinsonismos: Neurología caso a caso*. Médica Panamericana.
- Román, D., Quezada, C., y Aguilera, L. (2018). Duración de vocales idénticas en límite de palabras en español de Chile. *Estudios de Fonética Experimental*, 27(1), 151–172. <https://www.raco.cat/index.php/EFE/article/view/343498>
- Rosen, K., Kent, R., Delaney, A., y Duffy, J. (2006). Parametric quantitative acoustic analysis of conversation produced by speakers with dysarthria and healthy speakers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 49(2), 395–411. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2006/031\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2006/031))
- Rusz, J., Cmejla, R., Růžicková, H., Klempíř, J., Majerová, V., Picmausová, J., Roth, J., y Růžicka, E. (2013). Evaluation of speech impairment in early stages of Parkinson's disease: A prospective study with the role of pharmacotherapy. *Journal of Neural Transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 120(2), 319–329. <https://doi.org/10.1007/s00702-012-0853-4>
- Rusz, J., Cmejla, R., Tykalova, T., Ruzickova, H., Klempir, J., Majerova, V., Picmausova, J., Roth, J., y Ruzicka, E. (2013). Imprecise vowel articulation as a potential early marker of Parkinson's disease: Effect of speaking task. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(3), 2171–2181. <https://doi.org/10.1121/1.4816541>
- Sadowsky, S. (2012). *Naturaleza fonética y estratificación sociolingüística de los alófonos vocálicos del castellano de Concepción (Chile)* [Tesis doctorado, Universidad de Concepción]. http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/179969/MICHAEL_SCOTT_2042D.pdf
- Sapir, S., Ramig, L., Spielman, J., y Fox, C. (2010). Formant Centralization Ratio: A Proposal for a New Acoustic Measure of Dysarthric Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(1), 114–125. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0184\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0184))
- Sari, E., y Kiliç, M. (2009). The effects of surgical rapid maxillary expansion (SRME) on vowel formants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 23(6), 393–403. <https://doi.org/10.1080/02699200802716074>
- Shim, H.-J., Park, W.-K., y Ko, D.-H. (2012). Characteristics of speech intelligibility and the vowel space in patients with Parkinson's disease. *Phonetics and Speech Sciences*, 4(3), 161–169. <https://doi.org/10.13064/KSSS.2012.4.3.161>

- Skodda, S., Grönheit, W., Mancinelli, N., y Schlegel, U. (2013). Progression of voice and speech impairment in the course of Parkinson's disease: A longitudinal study. *Parkinson's Disease*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/389195>
- Skodda, S., Grönheit, W., y Schlegel, U. (2012). Impairment of vowel articulation as a possible marker of disease progression in Parkinson's disease. *PloS One*, 7(2), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032132>
- Skodda, S., Visser, W., y Schlegel, U. (2011). Vowel articulation in Parkinson's disease. *Journal of Voice: Official Journal of the Voice Foundation*, 25(4), 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.01.009>
- Soto-Barba, J. (2007). Variación del F1 y del F2 en las vocales del español urbano y rural de la provincia de Ñuble. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 45(2), 143–165. <https://doi.org/10.4067/S0718-48832007000200011>
- Stevens, K., y House, A. (1955). Development of a quantitative description of vowel articulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 484–493. <https://doi.org/10.1121/1.1907943>
- Styler, W. (2017). On the acoustical features of vowel nasality in English and French. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(4), 2469–2482. <https://doi.org/10.1121/1.5008854>
- Tjaden, K., Lam, J., y Wilding, G. (2013). Vowel acoustics in Parkinson's disease and multiple sclerosis: Comparison of clear, loud, and slow speaking conditions. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, 56(5), 1485–1502. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2013\)12-0259](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2013)12-0259)
- Tjaden, K., y Wilding, G. (2004). Rate and loudness manipulations in dysarthria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(4), 766–783. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2004\)058](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004)058)
- Tykalova, T., Ruzs, J., Klempir, J., Cmejla, R., y Ruzicka, E. (2017). Distinct patterns of imprecise consonant articulation among Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy and multiple system atrophy. *Brain and Language*, 165, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.11.005>
- Valverde, A., y Soto-Barba, J. (2014). Variación del F1 y del F2 en hablantes cuyo F0 es grave o agudo en vocales del español de Chile acentuadas e inacentuadas. *Nueva Revista del Pacífico*, 0(61), 99–121. <http://www.nuevarevistadel-pacifico.cl/index.php/NRP/article/download/37/139>
- Vizza, P., Tradigo, G., Mirarchi, D., Bossio, R. B., Lombardo, N., Arabia, G., Quattrone, A., y Veltri, P. (2019). Methodologies of speech analysis for neurodegenerative diseases evaluation. *International Journal of Medical Informatics*, 122, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.11.008>
- Webb, W., y Adler, R. (2010). *Neurología para el logopeda*. Elsevier.
- Weismer, G., Jeng, J., Laures, J., Kent, R., y Kent, J. (2001). Acoustic and intelligibility characteristics of sentence production in neurogenic speech disorders. *Folia Phoniatica et Logopaedica: Official Organ of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)*, 53(1), 1–18. <https://doi.org/10.1159/000052649>
- Wendahl, R. (1957). *Vowel formant frequencies and vocal cavity dimensions* [Tesis doctorado, University of Iowa]. <https://www.proquest.com/docview/301941660/fulltextPDF/DE8A6383A5944C1DPQ>
- Whitfield, J., y Goberman, A. (2014). Articulatory-acoustic vowel space: Application to clear speech in individuals with Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 51, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2014.06.005>
- Zarranz, J. (2018). *Neurología* (6ª ed.). The Netherlands: Elsevier.