

Naturaleza del *input* y procesamiento de la sílaba en palabras en la enfermedad de Parkinson

Leidy Johanna Rodríguez-Riaño¹, Silvia Baquero Castellanos², Carlos J. Álvarez³, Oliver Müller⁴

Recibido 5 de septiembre de 2022 / Primera revisión 24 de octubre de 2022 / Aceptado 12 de marzo de 2023

Resumen. Las personas con enfermedad de Parkinson (EP) muestran dificultades de escritura que pueden indicar alteraciones en la planificación lingüístico-cognitiva o en la mecánica de la escritura. Este estudio busca establecer si hay alteración del procesamiento fonológico-silábico en la escritura en personas con EP en estadio leve y si la modalidad del *input* (auditivo o pictórico) influye en el acceso a la unidad silábica. Veinte participantes con EP y 20 controles escribieron palabras en español. Se presentó una palabra auditivamente o un dibujo para indicar la palabra a escribir. Se compararon palabras donde las mismas dos letras pertenecían a diferentes sílabas (*a* y *r* en *ba.res*, intersilábica) o a la misma sílaba (*bar.ba*, intrasilábica). Se midió la duración de la pausa entre estas dos letras (intervalo 2: I2). Las personas mayores del grupo control evidenciaron un I2 mayor en la condición intersilábica, independientemente de la modalidad del *input*, lo cual implica un papel funcional de la sílaba en el procesamiento de la escritura, como anteriormente se ha encontrado en adultos jóvenes. Las personas del grupo EP solo mostraron este efecto con *input* auditivo, no con *input* pictórico. Parece que la sílaba actúa como unidad fonológica de procesamiento en la escritura con el *input* auditivo, que también activa procesos fonológicos. Por el contrario, el procesamiento visual de los dibujos parece interferir con el proceso de escritura habitual.

Palabras clave: enfermedad de Parkinson, lenguaje, escritura, sílaba, neurociencia.

[en] Type of input and syllabic processing of words in Parkinson's disease

Abstract. Persons with Parkinson's disease (PD) show writing difficulties, which might indicate alterations of the linguistic-cognitive planning or the mechanics of writing. This study aims at establishing whether persons with mild PD experience alterations of phonological-syllabic processing in writing and whether input modality (auditory or pictorial) influence access to syllabic units. Twenty participants with PD and 20 controls wrote down Spanish words. An auditory word or a picture was presented to indicate the word to be written. We compared words with the same two letters belonging to different syllables (*a* and *r* in *ba.res*, intersyllabic) or to the same syllable (*bar.ba*, intrasyllabic). The duration of the pause between those two letters was measured (interval 2: I2). The elderly persons of the control group evidenced a longer I2 in the intrasyllabic condition, independently of input modality, which implies a functional role of the syllable in the planning of writing, as found before in young adults. The persons of the PD group only showed this effect with auditory input, not with pictorial input. This suggests that the syllable acts as a phonological processing unit for writing with auditory input, which also activates phonological processes. On the contrary, the visual processing of the pictures seems to interfere with the typical writing process.

Key words: Parkinson's disease, language, writing, syllable, neuroscience.

Sumario: Introducción. Método. Diseño. Material. Participantes. Instrumentos. Procedimiento. Resultados. Experimento 1: Escritura de palabras con estímulo auditivo. Experimento 2: Escritura de palabras con estímulo pictórico. Discusión. Referencias. Anexo I. Lista de estímulos de los experimentos 1 y 2.

Cómo citar: Rodríguez-Riaño, L. J., Baquero Castellanos, S., Álvarez, C. J. y Müller, O. (2023). Naturaleza del *input* y procesamiento de la sílaba en palabras en la enfermedad de Parkinson. *Revista de Investigación en Logopedia* 13(2), e83660. <https://dx.doi.org/10.5209/rlog.83660>

Introducción

La EP es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común dentro del grupo de adultos mayores, después de la enfermedad de Alzheimer. Pringsheim et al. (2014) llevaron a cabo un meta-análisis de estudios de pre-

¹ Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

² Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

³ Universidad de La Laguna, España.

⁴ Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Programa de Psicología, Bogotá, Colombia.
E.mail: oliver.muller@urosario.edu.co

valencia con datos de todos los continentes habitados. Se estimó una prevalencia de 315 personas con EP por 100,000 en la población igual o mayor de 40 años. También se observó un incremento de prevalencia de la EP junto con el aumento de la edad, incrementando drásticamente en adultos mayores de 60 años, lo que evidencia que la edad representa el factor de riesgo más consistente para desarrollarla. Otro estudio a nivel global (GBD 2016 Parkinson's Disease Collaborators, 2018) estimó que la prevalencia de EP aumentó en 21.7% entre 1990 y 2016, corregido por el aumento general en la población mayor. Esto la hace la enfermedad neurológica con mayor crecimiento. El mismo estudio identificó una prevalencia 1,4 veces mayor en hombres que en mujeres.

En Colombia, entre 1995 y 1996, se encontró una prevalencia de 470 por 100.000 habitantes (Pradilla et al., 2003). En Antioquia en 2003 se obtuvo una prevalencia de 30,7 por 100.000 (176,4 por 100.000 en mayores de 50 años) (Sánchez et al., 2004). El estudio más reciente, de 2020 (Orozco et al., 2020), reporta una prevalencia ajustada por edad de EP de 205,89 por 100.000 habitantes, con un incremento del 62,13% entre las personas ≥ 40 años y las personas ≥ 50 años. La prevalencia en hombres entre los 40 y los 89 años fue significativamente mayor en comparación con las mujeres.

La EP es una enfermedad neurológica que ocurre tras la pérdida sistemática de neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra responsables del circuito nigroestriatal, lo cual hace que se dificulte la producción de movimientos suaves, coordinados y resueltos (Fernández, 2005; Nutt & Wooten, 2005). La pérdida de neurotransmisores y presencia de cuerpos de Lewy influyen en la pérdida y atrofia de neuronas dopaminérgicas (Micheli, 2006; Schrag & Schott, 2006). Los síntomas causados por déficit de dopamina son el temblor y la rigidez en extremidades y tronco, bradicinesia, inestabilidad de postura e incoordinación. De acuerdo con la progresión de los síntomas, estos pueden ser más evidentes e interferir en acciones como caminar, hablar, comer y otras tareas de la vida diaria, lo cual conlleva pérdida de independencia y deterioro de la calidad de vida (Argaud et al., 2018; Burke, 2010; Navailles et al., 2013). Además de los síntomas motores, aparecen síntomas como depresión, cambios emocionales, aislamiento, irritabilidad y pesimismo. Es común el síndrome disejecutivo, los déficits para resolución de problemas, planificación y definición de objetivos, secuenciación de pasos para lograr una meta, así como la puesta en marcha de planes de acciones (Naseer et al., 2020; Passos et al., 2018).

Las personas con EP pueden presentar, en cuadros avanzados, demencia con afectación de la memoria, el juicio social, el lenguaje, el razonamiento y otras habilidades cognitivas (Broeder et al., 2014; Chaudhuri et al., 2006). En concreto, entre el 15% y el 40% de las personas con EP llegan a cumplir criterios para demencia (Emre et al., 2007). Sin embargo, quienes no cumplen con estos criterios suelen presentar signos de alteración en sus funciones cognitivas de menor severidad (Demey & Allegrí, 2008).

La investigación ha generado avances de conocimiento significativos sobre el deterioro motor, con avances discretos respecto al deterioro cognitivo relacionado con la EP. Como factores de riesgo que pueden llevar evolución de la demencia en pacientes con EP están el inicio temprano de déficits cognitivos leves, la edad, el avance y severidad de la enfermedad, las afectaciones del sistema motor axial y la presencia de trastornos en la marcha (Verbaan et al., 2007). Los déficits cognitivos pueden presentarse desde los primeros estadios y una alta proporción de pacientes puede desarrollar el tipo de demencia asociado a la enfermedad.

El deterioro motor temprano propicia dificultades para la articulación del habla y para la escritura; los movimientos manuales anormales aparecen desde el inicio, característica que hace que el deterioro de la escritura en la EP sea atribuido al déficit motor (Mollaei et al., 2019; Senthinathan et al., 2021). Sin embargo, la escritura ha sido un terreno que sólo recientemente ha sido explorado dentro de este tipo de patología. La investigación de la escritura en la EP se ha centrado en aspectos mecánicos de presión, tamaño, legibilidad y espacios entre grafemas, generalmente con figuras simples y espirales. Se sabe que con la progresión de la enfermedad la escritura se va haciendo más pequeña en muchos casos y paulatinamente se convierte en trazos microscópicos e ilegibles (Júnior et al., 2020; Kamran et al., 2021; Pereira et al., 2018). La disminución del tamaño de la letra es evidente si el temblor es intenso. Se suma también lo borroso de los contornos de los trazos, poco nítidos, lo cual genera grandes trazos adicionales o sobrecargados en las letras (Inzelberg et al., 2016). Así y en suma, la literatura sobre la escritura en EP permite evidenciar aspectos de la mecánica visomotora y los procesos periféricos, de ejecución, que se alteran en esta patología, igual que algunos de los mecanismos compensatorios que utilizan los pacientes para reposicionar trazos, figuras, letras y palabras (Letanneux et al., 2014; Oliveira et al., 2020; Teulings et al., 2002). En este sentido, las características del deterioro cognitivo-comunicativo asociadas a EP, entre ellas el enlentecimiento del procesamiento de la información con dificultad para responder efectivamente ante una demanda (Hoogland et al., 2017; Ramani & Sivagami, 2011), la bradipsiquia y dificultades para el acceso a los sistemas semánticos y léxicos y la escasa flexibilidad mental y rigidez cognitiva, la perseveración de ideas y creatividad baja (Kalia & Lang, 2015; Muslimović et al., 2009; Riedel et al., 2010), podrían influir en los procesos motores, visoespaciales y cognitivos para la escritura de palabras.

La escritura de palabras es una actividad compleja que implica no solo procesos periféricos de ejecución motora, sino también procesos centrales de planificación y procesamiento lingüísticos, menos investigados. Dentro de esos procesos centrales, uno de los debates en el campo es la implicación relativa de información léxica y subléxica durante diferentes tareas de escritura. Según los modelos de doble ruta, existiría la ruta léxi-

ca en la que el acceso a los grafemas y a la representación ortográfica de la palabra completa se recuperarían directamente de la memoria a largo plazo, especialmente para palabra familiares o frecuentes. En contraste, la ruta subléxica o ruta fonológica se basa en el uso del conocimiento sobre los vínculos entre fonología y ortografía y proporciona una ortografía fonológicamente plausible para palabras que no se conocen o de baja frecuencia (Caramazza, 1988; Tainturier & Rapp, 2001). Aunque la existencia de ambas rutas es casi indiscutible, está menos claro si su uso es mutuamente excluyente o no durante la escritura.

Además, se sabe poco sobre el papel que juega cada ruta cuando está presente la forma ortográfica del estímulo, como en la tarea de copia directa. En esta tarea, la implicación de códigos fonológicos no tendría por qué ser necesaria: la tarea se podría realizar por una copia directa de los grafemas o representaciones ortográficas (aunque ver, por ejemplo, Afonso et al., 2014, para una participación de la fonología en la copia de palabras). Sin embargo, en la escritura al dictado, la activación de la fonología es necesaria, al menos para procesar el *input* (la palabra hablada). Estudios recientes han demostrado que la información subléxica es procesada en varios tipos de tareas de escritura (Afonso & Álvarez, 2011; Delattre et al., 2006; Qu et al., 2011), y se han propuesto modelos teóricos para describir la participación relativa de la ruta léxica y subléxica durante la ortografía al dictado (Folk et al. 2002; Tainturier & Rapp, 2001) y/o escritura a partir de imágenes (Bonin et al., 2001). Precisamente el dictado y escribir a partir de imágenes son las dos tareas empleadas en los experimentos aquí descritos.

El papel de la sílaba, unidad de naturaleza fonológica, ha sido estudiado en diferentes procesos psicolingüísticos. Así, por ejemplo, se ha encontrado consistentemente que las sílabas son unidades subléxicas funcionales durante el reconocimiento visual de palabras (Álvarez et al., 2004; Barber et al., 2004), aunque su procesamiento podría ser diferente en personas mayores o en personas con una enfermedad neurodegenerativa como la enfermedad de Alzheimer (Carreiras et al., 2008). Las sílabas desencadenan la activación de candidatos léxicos durante el análisis de representaciones ortográficas o fonológicas, que luego se inhiben para permitir la identificación de una palabra única. Este efecto es más claro y evidente en idiomas con límites silábicos claros como el español (Barber et al., 2004; Álvarez et al., 2004; Carreiras et al., 1993).

En la escritura, Caramazza y Micelli (1990) concluyeron que las representaciones ortográficas se ajustaban a un formato jerárquico con varios niveles de procesamiento: uno puramente grafémico y otro que contenía información sobre la relación consonante-vocal de grafemas y un tercero grafo-silábico que se refiere a la estructura silábica de las palabras. Los análisis realizados con relación a la sílaba muestran que se trata de una unidad de representación fonológica y no sólo de un marco de planificación. En la escritura de adultos jóvenes y mayores sanos en español, se ha destacado el papel de la sílaba como unidad de procesamiento de naturaleza fonológica en la escritura manual (Afonso & Álvarez, 2011; Álvarez et al., 2009, entre otros).

Como ya se mencionó, en participantes con EP las exploraciones de la escritura se han centrado sobre todo en procesos periféricos de la escritura manual, como la mecánica del trazo, omisiones de líneas o incluso de letras, sustituciones y compensaciones de trazos, distorsión e interferencia de la producción escrita (Cascarano et al., 2019; Smits et al., 2014; Teulings et al., 2002; Van Gemmert et al., 2003). En los últimos años y gracias a tecnologías digitales, se ha logrado explorar con detalle y registrar el curso temporal de la respuesta escrita en tiempo real, específicamente, la duración de la escritura de grafemas y de pausas entre grafemas, que puede reflejar procesos de ejecución, pero también de planificación cognitiva.

El objetivo de esta investigación consiste en saber si en la EP de grado leve la representación silábica como unidad de procesamiento cognitivo y fonológico en la escritura manual de palabras en español es funcional, al igual que se ha encontrado en poblaciones normales. Si hay alteración, esto podría tenerse en cuenta como un marcador temprano de la enfermedad e indicaría un déficit en procesos centrales y no solo periféricos o motores. También se pretende investigar si la modalidad del input (auditivo o pictórico) afecta el acceso a esa unidad de representación. El estudio de Álvarez et al. (2009) utilizó en el Exp. 1 una presentación auditiva de las palabras a escribir, en personas sanas jóvenes. Se encontró que el intervalo entre dos letras fue mayor si coincidía con una transición entre dos sílabas, como el intervalo entre A y R en la palabra **BA.RES**⁵, frente al mismo intervalo en la palabra BAR.BA, donde ambas letras pertenecen a la misma sílaba. Se consideró la posibilidad de que este efecto de posición silábica tuviera su origen en la comprensión auditiva y no en la escritura. Por esta razón, se diseñó el Exp. 2, con estímulos pictóricos, es decir, se presentaron dibujos para indicar las palabras a escribir. Los resultados fueron similares, así que se podía excluir la influencia de la modalidad del input en personas sanas jóvenes. Aquí se hace una réplica del diseño experimental y materiales de Álvarez et al. (2009).

El objetivo del Experimento 1 fue evaluar si la sílaba constituye una unidad de procesamiento cuando el estímulo es auditivo, es decir, palabras que el participante oye y luego escribe. Para ello se midió la duración del intervalo⁶ 2 (I2) entre el G2 y G3. Por ejemplo, en **BA.RES**, A y R corresponden al G2 y G3, respectivamente; y la pausa entre A y R corresponde al I2. En este experimento se trabajaron dos condiciones experimentales. La prime-

⁵ El punto está solo para indicar el límite entre sílabas y, obviamente, no aparecía en los estímulos. Los grafemas críticos G2 y G3 están escritos en negrita.

⁶ El intervalo o la pausa es el tiempo de ejecución entre el levantamiento del bolígrafo en un grafema y el momento en que se baja para escribir el siguiente grafema.

ra fue la *condición intersilábica* donde los grafemas G2 y G3 pertenecen a diferentes sílabas como en el ejemplo **BA.RES**. La segunda fue la *condición intrasilábica* donde los grafemas G2 y G3 pertenecen a la misma sílaba como en la palabra **BAR.BA**. Se emplearon pares de palabras donde G2 y G3 eran siempre las mismas letras en las dos condiciones experimentales, de tal forma que en una palabra, el I2 tenía el estatus intersilábico y el otro, intrasilábico. Si la sílaba está siendo usada como unidad de procesamiento y esta planificación cognitiva y fonológica se refleja en el momento de la ejecución motora de la escritura, el I2 sería más largo en la condición intersilábica en relación con la condición intrasilábica a pesar de estar rodeado de exactamente las mismas letras (G2 y G3).

El objetivo del Experimento 2 fue comprobar el mismo efecto, pero cuando se escriben palabras a partir de un estímulo pictórico (dibujo correspondiente a una palabra), en personas con EP en estadio leve y en el grupo control. Se registraron las mismas variables dependientes que en el Experimento 1. A diferencia del experimento inicial, los pares de palabras no necesariamente empiezan con la misma letra, sin embargo, todos los pares comparten los mismos grafemas en la misma posición serial. Por ejemplo, *A* y *S* en posición intersilábica en **VA.SO** e intrasilábica en **CAS.CO**.

Método

Diseño

Se llevaron a cabo dos experimentos de escritura manual de palabras en que se cambió la modalidad del input: auditiva (Experimento 1) y pictórico (Experimento 2), respectivamente. Para los dos experimentos, el diseño fue un diseño mixto 2x2. En ambos, la variable intrasujeto fue el *límite silábico*, con las condiciones: *intersilábico* e *intrasilábico*. Además, se tuvo en cuenta la variable intersujeto *población*, que correspondió a dos grupos de participantes: los pacientes con EP (abreviado, EP) y un grupo control (abreviado, Control). La variable dependiente siempre fue la duración del I2: el intervalo temporal entre la finalización del G2 y el inicio del G3.

Material

Para el Experimento 1, se eligieron 54 palabras del español, 27 palabras en la primera sílaba con una estructura silábica CV (consonante-vocal) y 27 con estructura silábica en la primera sílaba CVC. Estas corresponden a los estímulos usados por Álvarez et al. (2009), salvo tres pares de palabras que se excluyeron por contener una palabra poco común para nuestra muestra. Ambos grupos de palabras fueron seleccionados en parejas, compartiendo los tres primeros grafemas, incluyendo las dos letras críticas en la misma posición “(así se aseguró una frecuencia de bigrama idéntica, Tabla 1). Por ejemplo, las letras *A* y *S* en posición intrasilábica en **BARES** y en **BARBA**. Tuvieron entre cinco y ocho letras. Cada pareja de palabras fue igualada en número de sílabas, frecuencia léxica y en la posición del acento (véase Tabla 1). La diferencia en frecuencia léxica no fue estadísticamente significativa ($t(46) = 0,36, p = 0,72$). Los estímulos auditivos fueron grabados por una examinadora. La grabación se hizo con el software *Windows Sound Recorder* en el formato *WAV*, en estéreo, con frecuencia de muestreo de 44100 Hz y 32 bits. La duración de las palabras en la condición intrasilábica fue en promedio 1082 ms ($DE = 286$) y en la condición intersilábica, 1056 ms ($DE = 279$). Esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($t(46) = 0,31, p = 0,75$).

Para el Experimento 2 se utilizaron 48 dibujos lineales tomados de Snodgrass y Vanderwart (1980; usados por Álvarez et al., 2009). Las palabras fueron diferentes a las del experimento N1. Los nombres de los dibujos tenían entre cinco y 11 letras. Las palabras se seleccionaron en pares, de tal manera que también en cada par hubo dos letras críticas idénticas en la misma posición, lo que resultó en una frecuencia de bigrama idéntica (véase Tabla 1). Por ejemplo, las letras *A* y *S* en posición intrasilábica en palabras CVC (ej.: **CAS.CO**) e intersilábica en palabras CV (**VA.SO**) (ver Anexo 1). La Tabla 1 muestra las características de las palabras. La diferencia en número de sílabas no fue estadísticamente significativa ($t(46) = 0,42, p = 0,68$); tampoco lo fue la diferencia en frecuencia léxica ($t(46) = 0,35, p = 0,73$).

Tabla 1. Características de las palabras en Exp. 1 y Exp. 2 (EsPal, Duchon et al. 2013)

Experimento	Condición	Sílabas M (DE)	FL log M (DE)	FBTP 2 M (DE)
1: Auditivo	intersilábica	2,8 (0,4)	0,665 (0,660)	12700 (4656)
	intrasilábica	2,8 (0,4)	0,605 (0,478)	12700 (4656)
2: Visual	intersilábica	2,5 (0,6)	1,108 (0,600)	15335 (5167)
	intrasilábica	2,6 (0,8)	1,051 (0,531)	15335 (5167)

Nota. M: media; DE: desviación estándar; FL log: Frecuencia léxica por millón con transformación logarítmica; FBTP 2: Frecuencia bigrama token posicional en segunda posición.

Participantes

Se contó con la participación de 40 participantes en total. Los grupos estaban conformados por adultos con EP (N=20) y adultos típicos como grupo control, también 20 (ver Tabla 2). Todos los participantes eran hablantes nativos del español, y sin ninguna deficiencia neurológica adicional, ni alteraciones auditivas o visuales no corregidas.

Tabla 2. Datos demográficos de los participantes

Variable	EP (N=20)	Control (N=20)
<i>EDAD (años)</i>		
M (DE)	66,0 (6,2)	68,0 (7,2)
Rango	58 – 79	54 - 80
<i>GÉNERO</i>		
Femenino	12	14
Masculino	8	6
<i>AÑOS EDUCACIÓN</i>		
M (DE)	10,2 (3,3)	10,9 (3,5)
Rango	5 – 18	5 - 16
<i>MMSE</i>		
M (DE)	24,8 (1,6)	27,9 (1,2)
Rango	25 – 29	27 – 30
<i>HOEHN Y YAHR</i>		
I	12	–
II	6	–
III	2	–
<i>UPDRS</i>		
M (DE)	45,6 (5,8)	–
Rango	39 – 53	–
<i>AÑOS DE EVOLUCIÓN</i>		
M (DE)	4,4 (2,5)	–
Rango	2 – 9	–

Nota. M: media; DE: desviación estándar.

Los participantes con EP fueron incluidos después de un diagnóstico neuropsicológico y/o médico de estadio leve de la enfermedad, confirmado a través de protocolos objetivos estandarizados médicos, psicológicos y/o neurológicos. A los participantes con EP y del grupo control se les aplicó el Examen Cognoscitivo Mini-Mental (MMSE por sus siglas en inglés; Folstein et al., 1975) En los participantes con EP, los valores del MMSE no eran limitantes, sin embargo, tendrían que ser superiores a 24 sobre 30 o su equivalente en escala corregida para nivel educativo (resultados en Tabla 1). El MMSE del grupo control estaba en parámetros típicos de función cognitiva (muestra con un mínimo de 27). Los participantes con EP tenían de dos a nueve años de evolución de la enfermedad y fueron clasificados en las fases I, II o III de la Escala Hoehn Yahr (Hoehn & Yahr, 1967; Tabla 1). Adicionalmente, los participantes con EP fueron evaluados con la *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS; Fahn & Elton, 1987; resultados Tabla 1). Los participantes del grupo control no tenían antecedentes de enfermedades neuromotoras.

El presente estudio, de acuerdo con el artículo 11 de la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, corresponde a un estudio de investigación de riesgo mínimo ya que a los participantes se les presentó una prueba psicológica que no reviste ningún riesgo o atentado a su integridad o que intente modificar intencionalmente las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los mismos. Todos los participantes fueron informados del procedimiento y sus objetivos antes de ejecutar el experimento y de acuerdo con su aprobación de participación, firmaron un consentimiento informado respecto a su participación en este estudio.

Instrumentos

Para registrar las respuestas escritas, se utilizó un computador portátil, una tableta gráfica y un lapicero digital. La toma de estas muestras fue procesada por el software *Ecriture* y se usó el software *Ductus*⁷ para el análisis

⁷ El software *Ecriture* es un programa diseñado para capturar los movimientos o trazos realizados sobre una tableta digitalizadora, tiene como propósito realizar acciones de captura de trazos de escritura. El uso de este programa se hace en contextos académicos y permite mostrar a un sujeto una serie de estímulos en diversas modalidades para que luego este escriba. El *Ductus* es un programa diseñado para el análisis de los datos o resultados provenientes del uso del programa *Ecriture*; tiene como propósito realizar sobre dichos datos una serie de marcas que permiten obtener conclusiones acerca de los resultados que de estas mediciones.

de trazos de escritura (Guinet & Kandel, 2010). Para el análisis estadístico se utilizó el SPSS, software estadístico con el que se hicieron análisis de estadísticas descriptivas y los análisis pertinentes.

Procedimiento

Los experimentos se realizaron individualmente en lugares aislados del ruido exterior, con previa explicación de los pasos a realizar para el desarrollo de la prueba. La tarea consistía en escribir las palabras mencionadas verbalmente y los nombres de los dibujos mostrados. Se explicó a los participantes que esta tarea se debía hacer en letra mayúscula (para maximizar la probabilidad de que los participantes levanten el bolígrafo de manera natural entre un grafema y el siguiente) sobre la tableta gráfica y en unos márgenes previamente delimitados. Durante la ejecución de los experimentos no se realizaba ninguna retroalimentación acerca de la escritura o cómo escribir la palabra; sí se realizaba cuando algún procedimiento fallara (espacio para escribir o uso del bolígrafo).

Se presentó primero el experimento auditivo y a la siguiente semana el visual. Los estímulos eran presentados de manera aleatoria. La presentación de estímulos en el Experimento 1 fue de dictado verbal. Cada estímulo se reproducía de una grabación previa de la voz de una examinadora, era reproducido máximo dos veces y la segunda sólo si el paciente lo solicitaba. El criterio para repetirlo de nuevo se relacionaba con la discriminación o el refuerzo auditivo, que generalmente estaba asociado con un análisis ortográfico o grafémico. En este experimento, se dividieron los estímulos en tres partes aproximadamente iguales para dejar descansar a los participantes (por 5 minutos). En el Experimento 2, los dibujos se mostraron en la pantalla del computador. Los participantes tuvieron un entrenamiento previo en el que se realizó la asociación de los nombres con los dibujos. El programa *Ecriture* recogió las respuestas dadas por los participantes. El inicio del tiempo y grabación del trazo iniciaba con el contacto del bolígrafo electrónico con la tableta gráfica. En el programa *Ductus* se registró cuantitativamente el momento temporal antes, durante y después de la marca gráfica dejada por la presión o el levantamiento del lapicero digital, que correspondía a la aparición del estímulo.

Resultados

En el Experimento 1, algunas palabras fueron asociadas con tasas altas de error en su escritura y por esta razón se excluyeron tres pares del análisis (marcadas con asterisco en la tabla de estímulos del Anexo).

En el Experimento 1 se calculó la duración en milisegundos (ms) del I2 de las palabras escritas después de escucharlas al dictado (estímulos auditivos). En el Experimento 2, se realizó el mismo cálculo, pero esta vez frente a palabras escritas luego de ver un dibujo correspondiente a la palabra (estímulos pictóricos).

Fueron excluidas del análisis las duraciones de grafemas y pausas que se alejaron 2,5 desviaciones estándar de los tiempos de respuesta, por encima o por debajo de la media para cada participante y condición experimental. Esto resultó, en el Experimento 1 y el grupo EP, en la exclusión de un 3,13% para la condición intersilábica y de un 2,5% para la condición intrasilábica; en el grupo control, en la exclusión de un 3,33% para la condición intersilábica y de un 2,92% para la condición intrasilábica. En el Experimento 2, para el grupo EP se excluyó un 3,75% en la condición intersilábica y un 3,96% en la condición intrasilábica; para el grupo control, se excluyó un 2,08% en la condición intersilábica y un 3,13% en la condición intrasilábica.

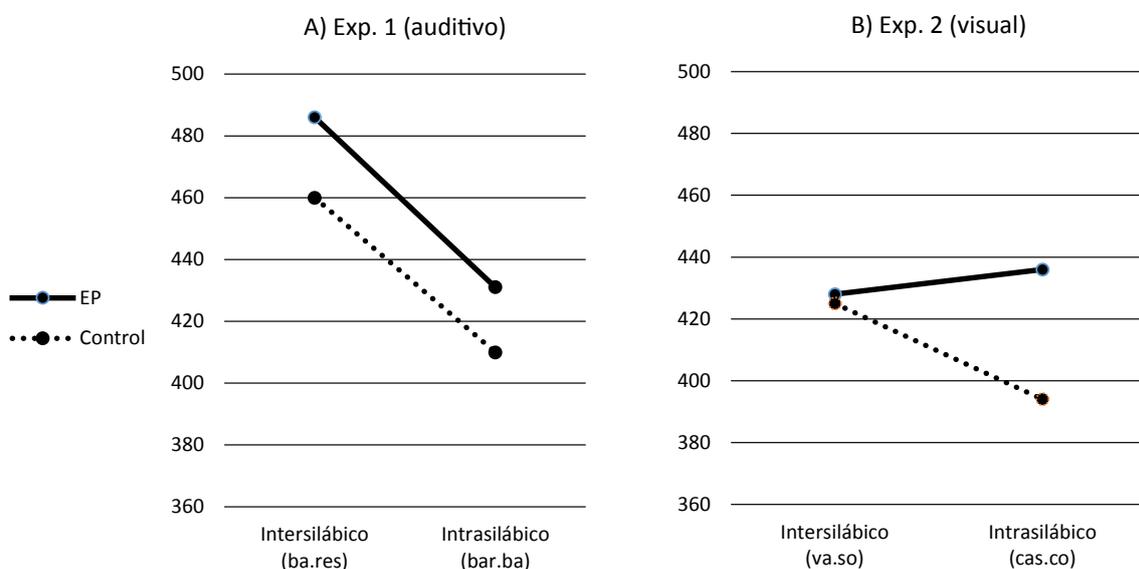


Figura 1. Duración I2 en experimento 1 (previo estímulo auditivo) y en experimento 2 (previo estímulo dibujo) en grupos EP y control, según estatus intersilábico e intrasilábico

Experimento 1: Escritura de palabras con estímulo auditivo

Los datos fueron analizados usando Modelos Lineales Mixtos, que consideran la variabilidad por participantes y por ítemes de forma simultánea (Baayen et al., 2008; Bates, 2005). Los factores fueron el límite silábico (intra-participante, con dos niveles: intersilábico frente a intrasilábico) y población (inter-participante: grupo control frente a EP). El modelo se estimó de acuerdo con Barr et al. (2013), ambos factores actuando como factores fijos y aleatorios. El análisis de varianza con método Satterthwaite mostró que el factor *límite silábico* fue estadísticamente significativo, $F(1, 44) = 8,26, p = ,005$. Como se aprecia en la Figura 1, el I2 tuvo duraciones más largas cuando estaba en posición intersilábica (presencia de límite silábico, $M = 473$ ms) que cuando estaba en posición intrasilábica ($M = 421$ ms). El factor *población* no fue estadísticamente significativo, $F < 1$ (EP, $M = 459$ ms; Control, $M = 435$ ms). La interacción entre *límite silábico* y *población* tampoco fue estadísticamente significativa, $F < 1$.

Experimento 2: Escritura de palabras con estímulo pictórico

El factor *límite silábico* no fue estadísticamente significativo, $F < 1$. Tampoco lo fue el factor *población*, $F < 1$. (EP, $M = 432$ ms; Control, $M = 409$ ms). Sin embargo, la interacción entre *límite silábico* y *población* sí fue significativa, $F(1, 36) = 4,2, p < ,05$. Los análisis a posteriori (con ajustes de Hochberg) mostraron que el *límite silábico* fue significativo solo en el grupo control, $t(40) = 2,1, p < ,05$, con la condición intersilábica ($M = 425$ ms) siendo más larga que la condición intrasilábica ($M = 394$ ms). Por contra, en el grupo EP dicha diferencia no alcanzó significación, $t < 1$.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue estudiar si los procesos centrales relacionados con las unidades subléxicas (procesamiento fonológico y concretamente silábico) en la escritura de palabras podrían estar dañados de forma selectiva en la EP en comparación con un grupo control equivalente. En el Experimento 1, donde se escribieron palabras al dictado (input auditivo), ambos grupos mostraron una demora estadísticamente significativa en el I2 si este se encontraba en un límite silábico, es decir, precedía el inicio de una nueva sílaba. Este efecto puede interpretarse como una consecuencia de la programación de la nueva sílaba e indica que la sílaba tuvo un papel funcional como unidad de procesamiento y que, además, el efecto no ocurre de forma previa al comienzo de la escritura de toda la palabra, sino que se refleja durante la ejecución de esta, en la escritura de las letras individuales. En otras palabras, hay un procesamiento en cascada, como otros trabajos han sugerido (por ejemplo, Delattre et al., 2006): los procesos periféricos (ejecución motora) se inician cuando los procesos centrales no están totalmente completados, indicando una interacción entre ellos.

Sin embargo, en el Experimento 2, donde las palabras se escribieron a partir de dibujos (input pictórico), esta demora en el I2 solo se halló para el grupo control. El grupo EP no mostró diferencia estadísticamente significativa entre los I2 intersilábicos y intrasilábicos. Así, parece que en el grupo control, personas mayores sanas con una edad promedio de 68 años, la sílaba es una unidad funcional en la escritura, como se ha encontrado en estudios previos en español y otros idiomas como el francés y el alemán. El hecho de que el efecto del límite silábico también apareció con inputs pictóricos confirma que es un efecto propio del proceso de escritura, y no necesariamente del procesamiento silábico de las palabras auditivas. Además, es la primera vez que se muestra este efecto en un grupo de personas mayores.

Mucho más interesante es la disociación entre ambos grupos para el experimento con input visual. En el grupo EP, el efecto del límite silábico se dio de forma similar al control con input auditivo, lo cual evidencia que la sílaba también parece funcional en la escritura con este tipo de input. Sin embargo, no se dio con inputs pictóricos. Este hecho indicaría que la planificación cognitiva de la escritura funciona de forma algo distinta en personas con EP que en personas neurotípicas comparables para esta tarea. De esta manera, la presente investigación evidenciaría una alteración temprana de procesos centrales (no periféricos o de ejecución motora) que se diferencia de los problemas de escritura de la EP a nivel de la pura ejecución motora en los que se han centrado muchos estudios previos, pero restringida a la escritura de estímulos no lingüísticos (i.e., imágenes).

A la luz de este resultado, parece necesario esclarecer si el déficit ocurre a nivel lingüístico, a nivel cognitivo general, en la fase de percepción o en la interacción entre la percepción del input visual, la codificación lingüística y la planificación-ejecución del movimiento. Algunos estudios han reportado que en la EP hay alteraciones cognoscitivas para el acceso de la información, para el reconocimiento y alternancia visoespacial (Muñoz Ospina & Orozco Vélez, 2019; Ostrosky-Solís, 2000). Más concretamente, toda una serie de investigaciones han encontrado serios indicios de que en la EP hay problemas visomotores y en planeación motora. Estas alteraciones se evidencian en diversas tareas como: en la agilidad para seguir cambios que impliquen secuencias visuales y motoras alternadas (ej, Semrau, 2011), en la capacidad para cambiar y alternar rápidamente contenidos cognitivos (Huber et al., 1986) y en la articulación perceptiva figura-fondo (ej, Bowen & Yahr, 1976); para ordenar y

mantener programas cognitivos hacia un objetivo (ej, Teulings et al., 2002) y para mantener y organizar secuencias de acciones (Taylor et al., 1986). También se han evidenciado dificultades en tareas que requieren más de dos actos motores simultáneos (ej, Teulings et al., 2002). Así, las funciones visoespaciales y los procesos frontales ejecutivos podrían estar más afectados en el grupo Parkinson y esto podría explicar los hallazgos del Experimento 2, una tarea visual-perceptiva, lingüística y motora.

Escribir una palabra correspondiente a un dibujo implica activar procesos visuales, espaciales, motores y lingüísticos de forma casi simultánea. Este cúmulo de procesos no ocurren en la escritura al dictado. Como se ha descrito anteriormente, las alteraciones de tipo perceptivo-visual y aquellas relacionadas con las acciones son relativamente normales en la EP. La alternancia rápida de estímulos visuales y adaptar un significante gráfico (dibujo) en un significante escrito (palabra) para luego planificar y ejecutar su escritura es una tarea diferente a escuchar un estímulo auditivo, ya lingüístico en sí mismo, y proceder a escribirlo. En este último caso no existen procesos visuales o perceptivos (no lingüísticos), que pudieran estar alterados en la EP.

Es posible que ese cúmulo de procesos perceptivos y espaciales no estrictamente lingüísticos y que pudieran estar alterados parcialmente en el grupo EP potencie que el dibujo active el significado de la palabra y su representación ortográfica y grafémica, de modo que el procesamiento posterior se base en una ruta léxica-visual, puramente ortográfica sin participación de la fonología, precisamente debido a las mayores demandas de esta tarea, sobre todo en la primera fase de descodificación del input para el grupo EP: aquellos procesos que la investigación ha encontrado alterados o parcialmente dañados.

Por otro lado, en la tarea de escritura al dictado se requiere, por su propia naturaleza, un procesamiento fonológico, y existe evidencia de que la sílaba es procesada ante palabras auditivas (v.gr., González-Álvarez & Palomar-García, 2016, en español). De esta forma, ya las sílabas han sido procesadas antes de comenzar la planificación de la ejecución escrita, lo cual sin duda puede favorecer el funcionamiento de la ruta subléxica al escribir la palabra y el consiguiente procesamiento y segmentación silábicos (en el proceso de escritura).

De acuerdo a nuestros datos, parece evidente que la ausencia de efecto del límite silábico (solo observado en el grupo de EP y cuando los estímulos son imágenes) no puede explicarse por una alteración generalizada en la mecánica de la escritura de palabras. La localización concreta de la ausencia del efecto silábico-fonológico ante imágenes y no ante palabras presentadas auditivamente merece ser estudiada más en profundidad. Probablemente, las posibles interacciones entre la naturaleza del input (lingüístico-auditivo o no lingüístico-visual) y la posibilidad sugerida de que alteraciones en procesos visoperceptivos en la EP afecten a procesos de planificación y ejecución de la escritura de palabras, así como que dichas alteraciones potencien más una ruta léxica que subléxica-fonológica, deben ser objetivos para futuras investigaciones.

Referencias

- Afonso, O. & Álvarez, C. (2011). Syllable frequency effects in Spanish handwriting production. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 31(1), 33-38. [https://doi.org/10.1016/S0214-4603\(11\)70169-3](https://doi.org/10.1016/S0214-4603(11)70169-3)
- Afonso, O., Álvarez, C. & Kandel, S. (2014). Effects of grapheme-to-phoneme probability on writing durations. *Memory & Cognition*, 43, 579 - 592. DOI 10.3758/s13421-014-0489-8
- Álvarez, C., Carreiras, M. & Perea, M. (2004). Are syllables phonological units in visual word recognition? *Language and Cognitive Processes*, 19, 427-452.
- Álvarez, C., Cottrell, D. & Afonso, O. (2009). Writing dictated words and picture names: Syllabic boundaries affect execution in Spanish. *Applied Psycholinguistics*, 30(2), 205-223. <https://doi.org/10.1017/S0142716409090092>
- Argaud, S., Vérin, M., Sauleau, P., Grandjean, D. (2018). Facial emotion recognition in Parkinson's disease: a review and new hypotheses, *Movement Disorders*, 33(4), 554-567. <https://doi.org/10.1002/mds.27305>.
- Baayen, R. H., Davidson, D. J., & y Bates, D. M. (2008). Mixed effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59, 390-412. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.12.005>
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255-278.
- Barber, H., Vergara, M., & Carreiras, M. (2004). Syllable-frequency effects in visual word recognition: evidence from ERPs. *Neuroreport*, 15(3), 545-548.
- Bates, D. M. (2005). Fitting linear mixed models in R. *R News*, 5, 27-30.
- Bonin, P., Peereman, R., & Fayol, M. (2001). Do phonological codes constrain the selection of orthographic codes in written picture naming? *Journal of Memory and Language*, 45, 688-720.
- Bowen, E. & Yahr, M. (1976). Behavioral alterations in patients with basal ganglia lesions. En M. Yahr (Ed.), *The basal ganglia* (pp. 169-180). Raven Press.
- Broeder, S., Nackaerts, E., Nieuwboer, A., Smits-Engelsman, B. C., Swinnen, S. P., & Heremans, E. (2014). The effects of dual tasking on handwriting in patients with Parkinsons disease. *Neuroscience*, 263:193-202. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.01.019>
- Burke, R.E. (2010). Evaluation of the Braak staging scheme for Parkinson's disease: Introduction to a panel presentation. *Movement Disorders*, 25(1), S76-S77. <https://doi.org/10.1002/mds.22783>

- Caramazza, A. (1988). Some aspects of language processing revealed through the analysis of acquired aphasia: The lexical system. *Annual Review of Neuroscience*, 11, 395–421. doi:10.1146/annurev.ne.11.030188.002143
- Caramazza, A. & Micelli, G. (1990). The structure of graphemic representations. *Cognition*, 37, 243–297.
- Carreiras, M., Álvarez, C. J., & De Vega, M. (1993). Syllable frequency and visual word recognition in Spanish. *Journal of Memory and Language*, 32(6), 766–780. <https://doi.org/10.1006/jmla.1993.1038>
- Carreiras, M., Baquero, S., & Rodríguez, E. (2008). Syllabic processing in visual word recognition in Alzheimer patients, the elderly and young adults. *Aphasiology*, 22(11), 1176–1190. <https://doi.org/10.1080/02687030701820337>
- Cascarano, G. D., Loconsole, C., Brunetti, A., Lattarulo, A., Buongiorno, D., Losavio, G., Sciascio, E. D., & Bevilacqua, V. (2019). Biometric handwriting analysis to support Parkinson's Disease assessment and grading. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(Suppl 9), Artículo 252. <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0989-3>
- Chaudhuri, K. R., Healy, D. G. & Schapira, A. H. V. (2006). Non-motor symptoms of Parkinson's disease: diagnosis and management. *Lancet Neurology*, 5(3), 235–245. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(06\)70373-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(06)70373-8)
- Delattre, M., Bonin, P., & Barry, C. (2006). Written spelling to dictation: Sound-to-spelling regularity affects both writing latencies and durations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 1330–1340. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0278-7393.32.6.1330>
- Demey, I. & Allegri, R. (2008). Demencia en la enfermedad de Parkinson y demencia por cuerpos de Lewy. *Revista Neurológica Argentina*, 33(1), 3–21. Disponible en: [http://nueva.cemic.edu.ar/descargas/2008%20Pk%20Demencia%20\(E\).pdf](http://nueva.cemic.edu.ar/descargas/2008%20Pk%20Demencia%20(E).pdf)
- Emre, M., Aarsland, D., Brown, R., Burn, D. J., Duyckaerts, C., Mizuno, Y. ... Dubois, B. (2007). Clinical diagnostic criteria for dementia associated with Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 22(12), 1689–707.
- Fahn, S., Elton, R. and Members of the UPDRS Development Committee. (1987). The Unified Parkinson's Disease Rating Scale. In S. Fahn, C. D. Marsden, D. B. Calne, & M. Goldstein (Eds.), *Recent developments in Parkinson's Disease, Vol. 2* (pp. 153–163). McMellam Health Care Information, Florham Park.
- Fernández, W. (2005). Trastornos extrapiramidales. En F. Chalem, J. Campos, H. Esguerra, & P. Chalem (Eds.), *Tratado de medicina interna* (4a ed., pp.821 - 831). Editorial Celsius.
- Folk, J. R., Rapp, B., & Goldrick, M. (2002). Lexical/sublexical interaction in spelling: What's the point? *Cognitive Neuropsychology*, 19, 653–671.
- Folstein M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189–198.
- GBD 2016 Parkinson's Disease Collaborators. (2018). Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurology*, 17(11), 939–953. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30295-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30295-3)
- González-Alvarez, J., & Palomar-García, M. A. (2016). Syllable frequency and spoken word recognition: an inhibitory effect. *Psychological Report*, 119(1):263–75. doi: 10.1177/0033294116654449
- Guinet, E. & Kandel, S. (2010). Ductus: A software package for the study of handwriting production. *Behavior Research Methods*, 42, 326–332. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.326>
- Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, 17(5), 427–442. <https://doi.org/10.1212/wnl.17.5.427>
- Hoogland, J., Boel, J. A., de Bie, R., Geskus, R. B., Schmand, B. A., Dalrymple-Alford, J. C., Marras, C., Adler, C. H., Goldman, J. G., Tröster, A. I., Burn, D. J., Litvan, I., Geurtsen, G. J., & MDS Study Group “Validation of Mild Cognitive Impairment in Parkinson Disease”. (2017). Mild cognitive impairment as a risk factor for Parkinson's disease dementia. *Movement Disorders*, 32(7), 1056–1065. <https://doi.org/10.1002/mds.27002>
- Huber, S. J., Shuttleworth, E. C., Paulson, G. W., Bellchambers, M. J. G., Clapp, L. E. (1986). Cortical vs. Subcortical Dementia: Neuropsychological Differences. *Archives of Neurology*, 43(4), 392–394. <http://doi.org/10.1001/archneur.1986.00520040072023>
- Inzelberg, R., Plotnik, M., Harpaz, N. K., Flash, T. (2016). Micrographia, much beyond the writer's hand. *Parkinsonism Related Disorders*, 26, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.03.003>
- Júnior, E. P., Delmiro, I. L. D., Magaia, N., Maia, F. M., Hassan, M. M., Albuquerque, V. H. C., & Fortino, G. (2020). Intelligent sensory pen for aiding in the diagnosis of Parkinson's disease from dynamic handwriting analysis. *Sensors*, 20(20), 5840. <https://doi.org/10.3390/s20205840>
- Kalia, L. V. & Lang, A. E. (2015). Parkinson's disease. *The Lancet*, 386(9996), 896–912. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61393-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61393-3)
- Kamran, I., Naz, S., Razzak, I., & Imran, M. (2021). Handwriting dynamics assessment using deep neural network for early identification of Parkinson's disease. *Future Generation Computer Systems*, 117, 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.11.020>
- Letanneux, A., Danna, J., Velay, J-L., Viallet, F. Pinto, S. (2014). From micrographia to Parkinson's disease dysgraphia. *Movement Disorders*, 29(12), 1467–1475. <https://doi.org/10.1002/mds.25990>
- Micheli, F. (2006). *Enfermedad de Parkinson y trastornos relacionados* (2a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Muñoz Ospina, B. E. & Orozco Vélez, J. L. (2019). Espectro clínico y tratamiento del trastorno cognoscitivo y demencia asociada a la enfermedad de Parkinson. *Acta Neurológica Colombiana*, 35(Suppl. 1), 33–46. <https://doi.org/10.22379/24224022248>

- Mollaei, F., Shiller, D. M., Baum, S. R., & Gracco, V. L. (2019). The Relationship Between Speech Perceptual Discrimination and Speech Production in Parkinson's Disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(12), 4256–4268. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-18-0425
- Muslimović, D., Post, B., Speelman, J., De Haan, R., & Schmand, B. (2009). Cognitive decline in Parkinson's disease: A prospective longitudinal study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(3), 426–437. <https://doi.org/10.1017/S1355617709090614>
- Naseer, A., Rani, M., Naz, S., Razzak, M., Imran, M., & Xu, G. (2020). Refining Parkinson's neurological disorder identification through deep transfer learning. *Neural Computing and Applications*, 32, 839–854. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04069-0>
- Navailles, S., Lagieire, M., Contini, A. & De Deurwaerdeire, P. (2013). Multisite intracerebral microdialysis to study the mechanism of L-DOPA induced dopamine and serotonin release in the Parkinsonian brain. *ACS Chem. Neurosci.*, 4(5), 680–692. <https://doi.org/10.1021/cn400046e>
- Nutt J. & Wooten F. (2005). Diagnosis and initial management of Parkinson's disease. *England Journal of Medicine*, 353, 1021–1027.
- Oliveira, D. L. de, Freitas, S. M. S. F. de, Alouche, S. R., Gimenez, R., Gonzalez Alonso, C. C., Gutierrez, R. M. S., Martins, C. E., & Pires, R. S. (2020). Handwriting with different effectors in individuals with Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 78, 91–93. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2020.06.032>
- Orozco, J. L., Valderrama-Chaparro, J. A., Pinilla-Monsalve, G. D., Molina-Echeverry, M. I., Pérez Castaño, A. M., Ariza-Araújo, Y., Prada, S. I., & Takeuchi, Y. (2020). Parkinson's disease prevalence, age distribution and staging in Colombia. *Neurology International*, 12(1), 8401. <https://doi.org/10.4081/ni.2020.8401>
- Ostrosky-Solis F. (2000). Características neuropsicológicas de la enfermedad de Parkinson. *Revista de Neurología*, 30(8), 788–796. <https://doi.org/10.33588/rn.3008.99652>
- Passos, L. A., Pereira, C.R., Rezende, E. R., Carvalho, T. J., Weber, S. A, Hook, C. & Papa, J. P. (2018). Parkinson Disease Identification using Residual Networks and Optimum-Path Forest. In: *2018 IEEE 12th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, SACI, IEEE, 2018, pp. 325–330. <https://doi.org/10.1109/SACI.2018.8441012>
- Pereira, C. R., Pereira, D. R., Rosa, G. H., Albuquerque, V. H., Weber, S. A., Hook, C., & Papa, J. P. (2018). Handwritten dynamics assessment through convolutional neural networks: An application to Parkinson's disease identification. *Artificial Intelligence in Medicine*, 87, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.04.001>
- Pradilla, G., Vesga, B., León-Sarmiento, F & Grupo Geneco. (2003). Estudio neuroepidemiológico nacional (EPINEURO) colombiano. *Panamerican Journal of Public Health*, 14(2), 104–111. Disponible en: <https://scielosp.org/article/rpsp/2003.v14n2/104-111/es/>
- Pringsheim, T., Jette, N., Frolkis, A. & Steeves, T. D. (2014). The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders*, 29(13), 1583–1590. <https://doi.org/10.1002/mds.25945>
- Ramani, G. R. & Sivagami, G. (2011). Parkinson disease classification using data mining algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 32(9), 17–22. Disponible en: <https://research.ijcaonline.org/volume32/number9/pxc3875571.pdf>
- Riedel, O., Klotsche, J., Spotke, A., Deuschl, G., Förstl, H., Henn, F., Heuser, I., Oertel, W., Reichmann, H., Riederer, P., Trenkwalder, C., Dodel, R., & Wittchen, H. U. (2010). Frequency of dementia, depression, and other neuropsychiatric symptoms in 1,449 outpatients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 257(7), 1073–1082. <https://doi.org/10.1007/s00415-010-5465-z>
- Qu, Q., Damian, M. F., Zhang, Q., & Zhu, X. (2011). Phonology contributes to writing: Evidence from written word production in a nonalphabetic script. *Psychological Science*, 22, 1107–1112.
- Schrag, A. & Schott, J. (2006). Epidemiological, clinical, and genetic characteristics of early-onset parkinsonism. *Lancet Neurology*, 5, 355 - 363.
- Semrau, J. (2011). Using visual feedback to guide movement: Properties of adaptation in changing environments and Parkinson's disease. *Electronic Theses and Dissertations*, 641. Washington University in St. Louis.
- Sánchez, J. L., Buriticá, O., Pineda, D., Uribe C. S. & Palacio, L. G. (2004). Prevalence of Parkinson's disease and parkinsonism in a Colombian population using the capture-recapture method. *International Journal of Neuroscience*, 114(2), 175–182. <https://doi.org/10.1080/00207450490269444>
- Senthinathan, A., Adams, S., Page, A. D., & Jog, M. (2021). Speech Intensity Response to Altered Intensity Feedback in Individuals With Parkinson's Disease. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 64(6S), 2261–2275. https://doi.org/10.1044/2021_JSLHR-20-00278
- Smits, E. J., Tolonen, A. J., Cluitmans, L., Van Gils, M., Conway, B. A., Zietsma, R. C., Leenders, K. L., Maurits, N. M. (2014). *PloS One*, 9(5), e97614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097614>
- Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(2), 174–215. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.6.2.174>
- Tainturier, M. J., & Rapp, B. (2001). The spelling process. In B. Rapp (Ed.), *The handbook of cognitive neuropsychology: What deficits reveal about the human mind* (pp. 263–289). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Taylor, A. E., Saint-Cyr, J. A., & Lang, A. E. (1986). Frontal lobe dysfunction in Parkinson's disease: the cortical focus of neostriatal outflow. *Brain*, 109(5), 845–883. <https://doi.org/10.1093/brain/109.5.845>

- Teulings, H. L., Contreras-Vidal, J. L., Stelmach, G. E., & Adler, C. H. (2002). Adaptation of handwriting size under distorted visual feedback in patients with Parkinson's disease and elderly and young controls. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 72(3), 315–324. <https://doi.org/10.1136/jnnp.72.3.315>
- Van Gemmert, A. W., Adler, C. H., & Stelmach, G. E. (2003). Parkinson's disease patients undershoot target size in handwriting and similar tasks. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 74(11), 1502–1508. <https://doi.org/10.1136/jnnp.74.11.1502>
- Verbaan, D., Marinus, J., Visser, M., Van Rooden, S. M., Stiggelbout, A. M., Middelkoop H. A. M. & Van Hilten, J. J. (2007). Cognitive impairment in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 78(11), 1182–1187. <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.2006.112367>

ANEXO 1. Lista de estímulos de los experimentos 1 y 2. Palabras marcadas con asterisco se excluyeron en el análisis final

Experimento 1: Auditivo		Experimento 2: Pictórico	
Nivel Intersilábico	Nivel Intrasilábico	Nivel Intersilábico	Nivel Intrasilábico
BALAS	BALDE	BARRIL	BARCO
BARES	BARBA	COLLAR	BOLSO
BASES	BASTO	MALETA	CALCULADORA
CASA	CASTO	CAMELLO	CAMPANA
SEÑILES	SENSATO	VASO	CASCO
MASAJES	MASTICA	MESA	CESTA
MARACAS	MARCADO	COMETA	BOMBILLA
COLECTA	COLGADO	CORAZON	CORBATA
DANES	DANZA	CORONA	HORMIGA
DISUELTO	DISPONE	BALON	FALDA
DISIPAR	DISPARO	GORRA	FORMON
MARATON	MARGINO	GORILA	TORTUGA
DESAIRE	DESCARO	JARRON	SARTEN
DESAGUE	DESDEÑA	MANOPLA	MANZANA
DESISTIR	DESLIZAR	CARACOL	MARTILLO
DESIGNIO*	DESPACIO*	MONO	MONTE
MALARIA*	MALDITO*	PERRO	CERDO
MALICIA	MALVADO	PERA	PERCHA
MANUAL*	MANTEL*	CALABAZA	SALTAMONTES
PARODIA	PARTIDA	SERRUCHO	SERPIENTE
MARINOS	MARMOTA	TOMATE	SOMBRERO
MARROQUI	MARCADOR	CAMION	TAMBOR
DISOLVER	DISLOCAR	JARRA	TARTA
DISUADIR	DISPUTA	TENEDOR	VENTANA
MANUEL	MANTON		
PALACIO	PALMADA		
PASAJES	PASTOSO		