

---

*Análisis fonético-acústico de las consonantes  
obstruyentes oclusivas sordas en personas con  
enfermedad de Parkinson*

---

Facultad de Comunicaciones y Filología  
Doctorado en Lingüística  
Línea de investigación – Fonética y Fonología  
Universidad de Antioquia

Patricia Argüello-Vélez  
Medellín - Colombia

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad de Antioquia, sin duda alguna, una de las mejores experiencias académicas vividas, al Comité para el desarrollo de la investigación (CODI) y en general al cuerpo administrativo y académico.

Agradezco la exigencia, rigurosidad y orientación de esta investigación a mis tutores, la profesora María Claudia González Rátiva y el profesor Juan Rafael Orozco Arroyave. La generosidad y la energía de trabajo fue fantástica, toda esta tarea fue gestada desde el respeto, la empatía, la exigencia y la tenacidad. Agradezco a ustedes la constante presencia, la discusión activa, la motivación y la búsqueda de soluciones conjuntas. Por su confianza y acogida, gracias profesores.

Agradezco la escucha, la evaluación, los comentarios y sugerencias a los profesores del doctorado en lingüística y a mis compañeros; cada coloquio doctoral fue un reto y un repensar el estado de la investigación. Pienso especialmente en las profesoras Marianne Dieck, Luz Adriana Arboleda y Mercedes Muñetón.

Agradezco los vínculos interdisciplinarios que emergieron desde la ingeniería en el grupo GITA, de manera especial a los ingenieros Juan Rafael Orozco Arroyave y Tomás Arias Vergara por su paciencia y disposición para poder comprender los fenómenos físicos y estadísticos, igualmente por la exigencia de escritura y las ponencias internacionales, todo un reto lingüístico, académico y personal. En el programa de filología al Laboratorio de Fonética de la Universidad de Antioquia, específicamente el acompañamiento de la profesora María Claudia González Rátiva, Maira Fernanda Guzmán García y de Juan Daniel Areiza Londoño, jóvenes investigadores del proyecto de investigación CODI. Y en una perspectiva internacional al Grupo Lehrstuhl für Muster Erkennung (LME) de Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg que me permitió desarrollar desde la virtualidad las actividades académicas propias de mi pasantía.

Mi gratitud a la Universidad Santiago de Cali y mi equipo de trabajo; gracias por su comprensión, tiempo y apoyo en esta aventura. Pienso en Natalia Torres, Jenifer Palacios, Mónica Burgos, Yeniffer Méndez, Emanuel Cruz; su colaboración fue fundamental para lograr la interacción entre doctorado y trabajo.

A mis seres queridos, una enorme gratitud por acompañarme en este proceso, a mis padres, a mis hermanas, a mi compañero, a mis amigos. Gracias por entender mis silencios, mis desapariciones, mis distancias, mis cercanías, mis miedos, mis alegrías.

Gracias vida, por permitirme estar aquí y ahora; gracias corazón por aprender a latir diferente y por enseñarme a vivir diferente. Gracias a mi cuerpo por permitirme sanar y encontrar en el deseo académico la motivación para volverme a levantar.

## Tabla de contenido

Introducción .....	13
Motivaciones .....	13
Definición del problema .....	16
Hipótesis de investigación .....	18
Estructura de la tesis .....	19
Capítulo I .....	22
1. Antecedentes .....	22
1.1. Panorama bibliométrico .....	22
1.2. Comportamiento fonético en la EP .....	27
1.2.1. Las dimensiones del habla en la EP .....	29
1.2.2. Estudios del habla parkinsoniana en diferentes sistemas consonánticos .....	34
1.2.3. Parámetros acústicos explorados en el estudio de las disartrias.....	39
1.3. A modo de conclusión.....	42
Capítulo II .....	44
2. Objetivos .....	44
2.1. Objetivo general .....	44
2.2. Objetivos específicos .....	44
Capítulo III.....	45
3. Marco teórico .....	45
3.1. La lingüística clínica .....	46
3.1.1. Contexto histórico .....	46
3.1.2. Definición .....	48
3.1.3. Enfoques metodológicos .....	49
3.1.4. Alteraciones del habla y del lenguaje.....	51
3.2. Fonética clínica .....	53
3.2.1. La fonética instrumental.....	56
3.3. Mecanismo para la producción de habla.....	60
3.4. Mecanismo fisiológico del habla .....	64
3.4.1. Proceso respiratorio – Componente subglótico.....	66
3.4.2. Proceso fonatorio – Componente glótico.....	66
3.4.3. Proceso articulatorio – Componente supraglótico .....	69
3.4.4. Proceso oronasal .....	72
3.5. Consonantes obstruyentes oclusivas sordas del español .....	72
3.5.1. Caracterización de la dimensión articulatoria .....	77

3.5.2. Caracterización de la dimensión acústica .....	80
3.6. Enfermedad de Parkinson .....	94
3.6.1. Generalidades.....	94
3.6.2. Algunos aspectos fisiopatológicos de la EP.....	96
3.6.3. Trastorno motor del habla en la EP.....	99
3.6.4. Evaluación y diagnóstico de la disartria hipocinética consecuente a la EP .....	103
Capítulo IV. ....	107
4. Metodología .....	107
4.1. Corpus PC GITA.....	108
4.1.1. Participantes .....	108
4.1.2. Procedimiento .....	111
4.1.3. Grabaciones.....	115
4.1.4. Tareas lingüísticas del Corpus PC GITA.....	115
4.2. Subcorpus_GITA VOT .....	117
4.2.1. Tarea lingüística: Diadococinecia /pataka/ .....	118
4.2.2. Organización de los datos .....	119
4.3. Protocolo para el análisis acústico espectrográfico.....	120
4.3.1. Indicios acústicos para la medición del VOT .....	122
4.3.2. Indicios acústicos para la medición de la fase oclusiva-tensiva.....	124
4.3.3. Indicios acústicos para la determinación de punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión .....	126
4.3.4. Caracterización complementaria: los fenómenos glóticos y supraglóticos.....	129
4.4. Caracterización de las variables .....	131
Capítulo V .....	134
5. Resultados .....	134
5.1. Revisión de datos .....	135
5.2. Descripción general de los datos.....	137
5.3. Pruebas de hipótesis con estadística no paramétrica.....	140
5.3.1. Características acústicas de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas.....	141
5.3.2. Características acústicas y escala MDS-UPDRS speech .....	148
5.3.2.1. Elementos concluyentes .....	153
5.3.3. Análisis complementario: fenómenos glóticos y supraglóticos .....	154
5.4. Análisis multivariado .....	161
5.4.1. Análisis multivariado: un perfil de habla disártrica .....	167
5.5. Pruebas de validez diagnóstica – Medidas de desempeño .....	172
Capítulo VI .....	175

6. Análisis y discusión de los resultados obtenidos .....	175
6.1. Comportamiento acústico y articulatorio de las COOS .....	175
6.1.1. Voice onset time .....	176
6.1.2. Fase oclusiva-tensiva .....	185
6.1.3. La duración del segmento consonántico .....	189
6.1.4. El punto de máxima concentración de energía .....	191
6.2. Las COOS como un indicador de detección temprana de la EP .....	196
6.2.1. Perspectiva aerodinámica.....	198
6.2.2. Perspectiva del movimiento del articulador .....	203
6.2.3. Perspectiva fisiológica: correlatos acústicos y fisiológicos .....	207
6.2.4. Potenciales limitaciones del estudio.....	209
Capítulo VII .....	211
7. Conclusiones .....	211
7.1. Trabajo Futuro .....	214
7.2. Contribuciones realizadas a la comunidad científica .....	215
Referencias.....	218

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Contribución por área de conocimiento.....	24
<b>Gráfico 2.</b> Distribución por edad.....	111
<b>Gráfico 3.</b> Tiempo de diagnóstico.....	111
<b>Gráfico 4.</b> Distribución según MDS-UPDRS III.....	113
<b>Gráfico 5.</b> Distribución escala H&Y.....	115
<b>Gráfico 6.</b> Similitudes entre etiquetadores.....	136
<b>Gráfico 7.</b> Distribución de los datos encontrados.....	139
<b>Gráfico 8.</b> Producción de aproximantes.....	139
<b>Gráfico 9.</b> Promedio de VOT de cada una de las COOS.....	142
<b>Gráfico 10.</b> Duración de la fase oclusivo-tensiva.....	143
<b>Gráfico 11.</b> Duración total de la consonante.....	144
<b>Gráfico 12.</b> Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión.....	146
<b>Gráfico 13.</b> Indicador de VOT y escala MDS-UPDRS speech.....	149
<b>Gráfico 14.</b> Parámetro duración de la fase oclusiva-tensiva y escala MDS-UPDRS speech.....	150
<b>Gráfico 15.</b> Parámetro de duración total de la consonante y escala MDS-UPDRS speech.....	151
<b>Gráfico 16.</b> Parámetros de concentración de energía en la barra de explosión y escala MDS-UPDRS speech.....	153
<b>Gráfico 17.</b> Conteo de ocurrencias de los fenómenos glóticos.....	155
<b>Gráfico 18.</b> Fenómenos glóticos y VOT.....	156
<b>Gráfico 19.</b> Fenómenos glóticos y duración de la fase oclusiva tensiva.....	157
<b>Gráfico 20.</b> Conteo de ocurrencias de los fenómenos supraglóticos.....	158
<b>Gráfico 21.</b> Fenómenos supraglóticos y VOT.....	159
<b>Gráfico 22.</b> Fenómenos supraglóticos y duración de la fase oclusiva tensiva.....	160
<b>Gráfico 23.</b> Nube de hablantes de acuerdo con las características evaluadas.....	162
<b>Gráfico 24.</b> Nube de hablantes evaluados teniendo en cuenta los parámetros acústicos de las COOS.....	163
<b>Gráfico 25.</b> Círculo de correlaciones de variables acústicas estudiadas.....	164
<b>Gráfico 26.</b> Dendograma de casos estudiados.....	165
<b>Gráfico 27.</b> Conglomerados de casos estudiados.....	165
<b>Gráfico 28.</b> Nube de hablantes evaluados de acuerdo con las características evaluadas.....	167

<b>Gráfico 29.</b> Dendograma de casos estudiados .....	168
<b>Gráfico 30.</b> Conglomerado de casos estudiados. ....	168
<b>Gráfico 31.</b> Coeficiente de Pearson.....	171

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Visualización de los nodos temáticos relacionados con el habla y la EP.....	25
<b>Figura 2.</b> Visualización de la tendencia de la investigación relacionada con el habla y la EP entre 2010 – 2020.....	26
<b>Figura 3.</b> Alteraciones o trastornos del habla .....	52
<b>Figura 4.</b> Comportamiento fonético de la disartria .....	53
<b>Figura 5.</b> La Cadena fonética o del habla .....	55
<b>Figura 6.</b> Electropalatógrafo .....	57
<b>Figura 7.</b> Estructura de las representaciones fonológicas y fonéticas.....	62
<b>Figura 8.</b> Sistema del habla de Mysak .....	63
<b>Figura 9.</b> Componentes anatómicos del habla .....	65
<b>Figura 10.</b> Descripción anatómica de la laringe .....	67
<b>Figura 11.</b> Descripción de la función glótica.....	68
<b>Figura 12.</b> Acción aerodinámica-mioelástica .....	69
<b>Figura 13.</b> Órganos articulatorios y puntos de contacto durante el habla.....	70
<b>Figura 14.</b> Representación gráfica de la resonancia oral y nasal .....	72
<b>Figura 15.</b> Rasgos distintivos de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas del español.....	73
<b>Figura 16.</b> Representación de la dimensión acústica y articulatoria de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas .....	76
<b>Figura 17.</b> Espectrograma [aká].....	80
<b>Figura 18.</b> Identificación espectrográfica de las COOS. Espectrograma /taka/.....	81
<b>Figura 19.</b> Representación espectrográfica del VOT para las COOS.....	93
<b>Figura 20.</b> Cara lateral del hemisferio izquierdo. Corteza motora.....	96
<b>Figura 21.</b> Núcleos de la base .....	97
<b>Figura 22.</b> Circuitos de los núcleos de la base y la EP .....	98
<b>Figura 23.</b> Perfil evaluativo de las disartrias extrapiramidales.....	106

<b>Figura 24.</b> Representación gráfica de los parámetros espectrográficos de las COOS .....	122
<b>Figura 25.</b> Voice Onset Time - VOT .....	123
<b>Figura 26.</b> Manifestaciones acústicas en el VOT .....	124
<b>Figura 27.</b> Definición fase oclusiva tensiva - OT .....	125
<b>Figura 28.</b> Niveles de etiquetado de parámetros de medición .....	126
<b>Figura 29.</b> Punto de máxima energía en la barra de explosión .....	127
<b>Figura 30.</b> Spectral slice para determinación de punto de máxima energía .....	128
<b>Figura 31.</b> Ejemplificación de fenómenos glóticos .....	129
<b>Figura 32.</b> Distribución general de los datos .....	140
<b>Figura 33.</b> VOT en grupo control (GC) .....	176
<b>Figura 34.</b> VOT en grupo caso (EP) .....	177
<b>Figura 35.</b> Producción de COOS /k <sup>h</sup> / con aumento de VOT .....	178
<b>Figura 36.</b> Producción de COOS /k/ .....	179
<b>Figura 37.</b> Producción de COOS /p/ con sonorización .....	180
<b>Figura 38.</b> Producción de COOS /p/ con semisonorización .....	181
<b>Figura 39.</b> Producción de COOS /t <sup>h</sup> a/ de comportamiento mixto: sonorización con aspiración	182
<b>Figura 40.</b> Producción de COOS /k <sup>h</sup> a/ de comportamiento mixto: semisonorización con aspiración .....	183
<b>Figura 41.</b> Fase oclusiva-tensiva del segmento consonántico /t/ de un hablante sano .....	186
<b>Figura 42.</b> Fase oclusiva-tensiva del segmento consonántico /t/ de un hablante con EP .....	187
<b>Figura 43.</b> VOT y duración de oclusión: una perspectiva de punto de articulación .....	188
<b>Figura 44.</b> Esquematización de una COOS en personas con EP .....	188
<b>Figura 45.</b> Esquematización de la duración del segmento consonántico en /k/ en el grupo caso y grupo control .....	189
<b>Figura 46.</b> Duración del segmento consonántico y la distribución intrínseca de los parámetros acústicos de VOT y fase oclusiva-tensiva. Hablante sano (GC) .....	190
<b>Figura 47.</b> Duración del segmento consonántico y la distribución intrínseca de los parámetros acústicos de VOT y fase oclusiva-tensiva. Hablante con EP .....	191
<b>Figura 48.</b> Punto de máxima concentración de energía en /p/ /t/ /k/. Hablante sano (GC) .....	192
<b>Figura 49.</b> Punto de máxima concentración de energía en /p/ /t/ /k/. Hablante con EP .....	193
<b>Figura 50.</b> Segmento /t/ con barra de explosión definida .....	195

<b>Figura 51.</b> Segmento /p/ con barra de explosión debilitada.....	195
<b>Figura 52.</b> Segmento /k <sup>h</sup> / con múltiples barras de explosión.....	196
<b>Figura 53.</b> Comportamiento de parámetros acústicos de VOT y fase oclusiva-tensiva en EP y GC.....	197
<b>Figura 54.</b> Representación anatómica del cierre posterior.....	198
<b>Figura 55.</b> Representación anatómica del cierre anterior .....	199
<b>Figura 56.</b> Representación de la perspectiva aerodinámica.....	200
<b>Figura 57.</b> Representación articuladora de la hipótesis clínica aerodinámica.....	202
<b>Figura 58.</b> Representación de la perspectiva del movimiento articulador.....	204
<b>Figura 59.</b> Representación de la perspectiva del movimiento articulador de cada una de las COOS.....	204
<b>Figura 60.</b> Realización aproximantes /β/ .....	207
<b>Figura 61.</b> Reinterpretación del mapa de correlatos en el habla disártrica (Goberman y Coelho, 2002).....	209

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Resumen de la tendencia investigativa a lo largo del tiempo según el criterio de palabras clave asociadas al nodo de estudios del habla y EP .....	26
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de las dimensiones afectadas en la disartria.....	28
<b>Tabla 3.</b> Contribuciones interdisciplinarias en el estudio de la disartria.....	37
<b>Tabla 4.</b> Tendencias metodológicas para la exploración acústica-articuladora de los desórdenes motores del habla .....	40
<b>Tabla 5.</b> Los desórdenes del habla y el lenguaje, un ámbito de la lingüística aplicada.....	47
<b>Tabla 6.</b> Lingüística clínica y terapia del habla .....	48
<b>Tabla 7.</b> Parámetros para el análisis acústico de patologías en el habla .....	59
<b>Tabla 8.</b> Consonantes obstruyentes oclusivas sordas (COOS) .....	71
<b>Tabla 9.</b> Fases acústico-articuladoras de las consonantes obstruyentes .....	75
<b>Tabla 10.</b> Algunas diferencias entre consonantes oclusivas sordas y sonoras.....	78
<b>Tabla 11.</b> Caracterización de la fase articuladora en las COOS .....	79
<b>Tabla 12.</b> Valores de los picos espectrales o puntos de máxima concentración de energía .....	82

<b>Tabla 13.</b> Promedios de duración del silencio o fase de tensión en las consonantes obstruyentes del español .....	83
<b>Tabla 14.</b> Descripción acústica de las consonantes oclusivas obstruyentes .....	85
<b>Tabla 15.</b> Aspectos lingüísticos y no lingüísticos que influyen en el VOT .....	86
<b>Tabla 16.</b> VOT en el español de Puerto Rico.....	89
<b>Tabla 17.</b> Otros parámetros acústicos de las consonantes oclusivas obstruyentes en español ....	91
<b>Tabla 18.</b> Duración media del VOT en español.....	92
<b>Tabla 19.</b> Alteración fonatoria: correlatos acústicos y correlatos fisiológicos .....	101
<b>Tabla 20.</b> Alteración articulatoria: correlatos acústicos y correlatos fisiológicos .....	102
<b>Tabla 21.</b> Alteración prosódica: correlatos acústicos y correlatos fisiológicos .....	103
<b>Tabla 22.</b> Características evaluativas de la escala Frenchay Dysarthria assessment.....	105
<b>Tabla 23.</b> Criterios de selección para el grupo caso (EP) .....	108
<b>Tabla 24.</b> Criterios de selección para el grupo control (GC) .....	109
<b>Tabla 25.</b> Información clínica de los hablantes.....	109
<b>Tabla 26.</b> Descripción de las tareas lingüísticas del corpus PC GITA .....	116
<b>Tabla 27.</b> Descripción de las variables.....	132
<b>Tabla 28.</b> Distribución por sílabas .....	135
<b>Tabla 29.</b> Promedio de edades de acuerdo con los grupos estudiados.....	137
<b>Tabla 30.</b> Promedio de diagnóstico y de compromiso motor .....	138
<b>Tabla 31.</b> Promedio de repeticiones de /pa'taka/ en los grupos estudiados.....	138
<b>Tabla 32.</b> Promedio de VOT por segmento consonántico .....	142
<b>Tabla 33.</b> Parámetro de duración de la fase oclusivo-tensiva .....	143
<b>Tabla 34.</b> Duración total de la consonante.....	144
<b>Tabla 35.</b> Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión .....	145
<b>Tabla 36.</b> Diferencias de /p/ en contexto segmental inicial e intervocálico.....	146
<b>Tabla 37.</b> Valores p de cada parámetro acústico.....	147
<b>Tabla 38.</b> Parámetro de VOT y escala MDS-UPDRS speech.....	149
<b>Tabla 39.</b> Parámetro duración de la fase oclusiva-tensiva y escala MDS-UPDRS speech .....	150
<b>Tabla 40.</b> Parámetro de duración total de la consonante y escala MDS-UPDRS speech .....	151
<b>Tabla 41.</b> Parámetro de concentración de energía en la barra de explosión y escala MDS-UPDRS speech.....	152

<b>Tabla 42.</b> Fenómenos glóticos y parámetro acústico VOT .....	155
<b>Tabla 43.</b> Fenómenos glóticos y parámetro acústico de duración de la fase oclusiva-tensiva ..	156
<b>Tabla 44.</b> Fenómenos supraglóticos y parámetro de VOT.....	158
<b>Tabla 45.</b> Fenómenos supraglóticos y parámetro de duración de la fase oclusiva-tensiva.....	159
<b>Tabla 46.</b> Agrupación de los valores de cada variable evaluada de manera numérica .....	163
<b>Tabla 47.</b> Coeficiente de Pearson. Parámetros acústicos y escala MDS-UPDRS-III.....	170
<b>Tabla 48.</b> Pruebas de desempeño .....	173
<b>Tabla 49.</b> VOT ratio.....	184

## **Introducción**

### **Motivaciones**

La enfermedad de Parkinson (EP en adelante) es clásicamente considerada como un trastorno motor secundario a la degeneración progresiva del sistema dopaminérgico nigroestriado en el adulto mayor (Sáez-Francàs et al., 2016), con aparición a una edad promedio de 65 años. La determinación de la prevalencia diagnóstica en la mayoría de estudios varía entre el 1% al 3% de la población de 65 años (Ariza-Serrano et al., 2016; de Rijk et al., 2000; Sánchez et al., 2004). En Colombia, los estudios epidemiológicos de la EP plantean una edad plena de desarrollo hacia los 60 años con prevalencia geográfica en la región noroccidental del país (Pradilla et al., 2003).

Esta enfermedad se caracteriza por la afectación en el movimiento con temblor gradual, rigidez y bradicinecia; poco a poco el paciente pierde independencia en las tareas de la vida cotidiana e inicia un proceso de aislamiento comunicativo en progresión por las dificultades de expresión del lenguaje (Aguilar Rodríguez et al., 2005; García et al., 2008). La disartria es un deterioro motor del habla que tiene una alta probabilidad de desarrollo en personas con EP del 75% (Hely et al., 2008) al 90% (Rusz et al., 2011; Sapir et al., 2002) de los casos. Entre sus manifestaciones sintomatológicas se encuentran la bradilalia, la falta de precisión articulatoria, el tartamudeo, las latencias en el habla, la voz jadeante, los entrecortamientos vocálicos y el temblor vocal.

El estudio de la disartria secundaria a la EP en las descripciones del comportamiento de los rasgos consonánticos logra caracterizar las imprecisiones articulatorias, mientras que la exploración del rasgo vocálico permite la determinación del estado laríngeo. La mayoría de estos estudios se ha desarrollado en lenguas como el inglés, el alemán, el checo y el francés. En español,

la explicación de los fenómenos lingüístico-acústicos intrínsecos en el habla articulada es una tarea iniciada a partir del Corpus PC GITA (Orozco-Arroyave et al., 2014) con aportes significativos desde la ingeniería, la medicina y el análisis de señales.

Ahora bien, las contribuciones de los estudios fonéticos interdisciplinarios con áreas de estudio como la medicina y la ingeniería facilitan el análisis integral del habla en condiciones normales y en contextos de rehabilitación y patologías del habla. En el caso de la EP, la comunidad científica se proyecta hacia la consolidación de biomarcadores diagnósticos y de monitoreo de la enfermedad.

En el ámbito lingüístico, las investigaciones han basado sus reportes en la caracterización del estado fonatorio y articulatorio a partir de diferente material lingüístico que comprende tareas con segmentos vocálicos, palabras, habla continua y repetición silábica alternada. En las *contribuciones basadas en vocales sostenidas* sobresale los estudios sobre los parámetros acústicos para la caracterización de disfonías subyacentes a la EP (Little et al., 2009); la identificación de cambios en el área del espacio vocálico (VSA) a partir de F1 y F2<sup>1</sup> (Sapir et al., 2010); la descripción fonatoria, articulatoria y prosódica relacionando los parámetros acústicos ( $f_0$ , *jitter*, *shimmer* y HNR<sup>2</sup>) con los parámetros perceptuales de deterioro en el habla (Skodda et al., 2013, 2011). Además, la existencia de estudios que precisan la efectividad diagnóstica de las vocales sostenidas para la discriminación entre personas con EP y su respectivo grupo control (Rusz et al., 2013).

---

<sup>1</sup> Formante 1 y formante 2

<sup>2</sup> Relación armónico-ruido

Las *contribuciones basadas en palabras y habla continua* profundizan en el uso de monólogos, repetición de oraciones o uso de palabras polisilábicas para caracterizar la velocidad del habla, la variabilidad del f0, y la duración de las pausas. El uso de segmentaciones silábicas y vocálicas, son una estrategia para contrastar habla cuidada *versus* habla espontánea. En este contexto, el habla disártrica ha reportado disminución de la velocidad del habla cuidada, en el habla de registros conversacionales sobresalen poco uso de pausas, pero estas presentan una duración mayor con respecto al grupo control. Del mismo modo se identifica la presencia de constricción del área de espacio vocálico como indicador de deterioro articulatorio en personas con EP (Skodda et al., 2010; Skodda & Schlegel, 2008; Tykalová et al., 2015; Whitfield & Goberman, 2014).

Por su parte, *las contribuciones basadas en tareas de diadococinecias* (DDK en adelante) implementan la construcción CV-CV (consonante+vocal) en repetición rápida y alternada con un importante uso de consonantes oclusivas /p, t, k/ y vocal central /a/. Igualmente, han sido utilizadas para caracterizar la calidad en la alternancia silábica, el ritmo de habla, la calidad de la oclusión, la coordinación glótica y supraglótica; y la eficiencia articulatoria en personas con EP (Ackermann et al., 1995; Novotný et al., 2014; Tykalova et al., 2017). De manera específica, en concordancia con las búsquedas realizadas, se evidenció el uso de estrategias de segmentación vocálica, consonántica y silábica para la caracterización de los parámetros acústicos, pero estas no constituyen un marco metodológico sistemático para medir o evaluar las características que integran los segmentos consonánticos de las DDK.

El presente estudio centra sus motivaciones en el análisis acústico de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas (COOS en adelante) del sistema consonántico hispánico en personas con EP y un grupo control durante tareas de DDK, con el fin de comparar y contrastar las variables

acústicas con variables clínicas de diagnóstico de la EP. Por lo tanto, el estudio se desarrolla bajo un marco metodológico observacional analítico de casos y controles. Además, esta investigación cuenta con el respaldo investigativo del Grupo de investigación en telecomunicaciones aplicadas (GITA) de la Universidad de Antioquia que ha consolidado el Corpus PC-GITA, considerado uno de los corpus más completos en español, con las condiciones acústicas ideales de grabación, para la exploración del habla patológica derivada de la EP en las dimensiones fonatoria, articulatoria y prosódica.

El alcance de los resultados apunta a la originalidad del enfoque interdisciplinar para el análisis del habla y a la implementación conceptual y metodológica propias de la lingüística clínica, y de manera específica, de la fonética clínica para la exploración de la señal del habla disártrica. Además, este estudio se consolida como una evidencia investigativa del impacto de los desórdenes del habla derivados de la EP en el sistema consonántico hispánico, y sirve de insumo para el desarrollo de estudios de corte intelingüístico. Igualmente, la motivación investigativa responde a una situación mundial de salud (EP) y se configura como un momento inicial para la rigurosidad descriptiva y explicativa de fenómenos fonéticos atípicos en el sistema consonántico hispánico (consonantes obstruyentes oclusivas sordas) fundamentados en estudios de corte analítico en la fonética y sus correlatos fisiológicos y acústicos. Esta intención fonética, con alcances en objetivos clínicos como la búsqueda e identificación de marcadores de diagnóstico y monitoreo no invasivos en la EP.

### **Definición del problema**

Los estudios fonético-acústicos describen y analizan los parámetros físicos de los sonidos del habla, tanto desde un punto de vista de su producción como de la percepción. Este tipo de

investigaciones se circunscriben a métodos objetivos de medición sobre grabaciones de hablantes, que permiten la definición de parámetros y su correspondencia lingüística y fisiológica.

El análisis fonético-acústico de grabaciones de señales de habla y voz puede detectar algunas manifestaciones sintomatológicas que no son audibles por los oyentes. Las mediciones extraídas del análisis fonético-acústico proveen de objetividad e información cuantitativa a la descripción de los comportamiento típicos o atípicos en el habla y se pueden considerar base para la discriminación entre personas que padecen la EP y quienes no.

Actualmente, las consonantes obstruyentes oclusivas se analizan principalmente a partir de parámetros acústico-espectrográficos, tal como el *Voice Onset Time* (VOT en adelante) que permite determinar las características del comportamiento fonatorio y articulatorio en relación con las características fonéticas del rasgo de sonoridad, la transición entre la fase acústica glótica-supraglótica y el punto de articulación (Lisker y Abramsson, 1964).

El grupo consonántico de obstruyentes oclusivas en el español tiene un sistema de seis sonidos que se oponen entre sí y establecen una relación de contraste basada en el grado de tensión y relajamiento. Las COOS se determinan desde la dimensión acústica por una serie de parámetros evaluables; y estos establecen correlatos que dan cuenta de la disposición laríngea (sonoridad – sordez), el mecanismo de corriente de aire (fase tensiva – explosiva), el tipo de articulación (bilabial, dental, velar), la longitud (duración – VOT) y la fuerza (energía de la barra de explosión).

Las investigaciones clínicas iniciales que precisan la descripción del deterioro articulatorio en la EP, retoman algunas secuencias diadococinéticas de sonidos oclusivos, en las cuales el parámetro acústico explorado es el VOT en el desarrollo comparativo entre grupo control y grupo caso. En el caso de la disartria, la utilidad de este parámetro acústico ha permitido la evaluación

de deterioros articulatorios a través de la identificación del incremento o decremento de la duración que pueden estar relacionados con la aducción glotal, el grado de tensión de los pliegues vocales y el manejo de las presiones intraorales (Forrest et al., 1989; Morris, 1989).

El VOT se presenta entonces como un parámetro acústico completo que se relaciona con el control temporal entre la laringe, los labios y la lengua. Además, puede dar cuenta de la relación temporal y sus correlatos fisiológicos implícitos. Como la sonoridad, el punto de articulación, el grado de tensión supraglótica y la concentración de energía de su explosión. Las COOS son segmentos consonánticos que en su caracterización acústica han mostrado un rendimiento favorable en la identificación del habla patológica, de manera particular en tareas de DDK. Esta alternancia silábica de tipo CV-CV facilita la exploración fonatoria de apertura y cierre del pliegue vocal, así como de la coordinación temporal entre la función glótica y supraglótica, y la identificación espectral de picos espectrales de alta concentración de energía. Novotny (2014) afirma que la secuencia /p, t, k/ se consolida como una tarea lingüística que explora en sentido antero-posterior la complejidad articulatoria anterior (bilabial), complejidad articulatoria media (dentoalveolar) y complejidad articulatoria posterior (velar).

### **Hipótesis de investigación**

La hipótesis de partida se establece de la siguiente manera: en la caracterización fonética de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas del español existen patrones acústicos específicos que permiten encontrar diferencias entre personas con EP y controles sanos. El hallazgo de estas variaciones podría dar cuenta de un biomarcador acústico para la detección y el diagnóstico del habla disártrica en personas con EP.

En este sentido, se esperaría que la exploración acústica de las COOS en hablante con EP se vincule con parámetros acústicos de duración incrementada del segmento consonántico, y de manera específica del VOT, este incremento podría dar respuesta a la imprecisión articulatoria derivada de los síntomas cardinales de bradicinesia y rigidez documentados en la semiología de esta patología neurodegenerativa.

### **Estructura de la tesis**

La estructura de la tesis doctoral que se presenta a continuación consta de siete capítulos. El primer capítulo establece los antecedentes de investigación desde un panorama bibliométrico, desarrollado a partir de la base de datos de *Scopus*, y, posteriormente, una revisión documental que relaciona las investigaciones sobre el comportamiento fonético en la EP teniendo en cuenta orientaciones interdisciplinarias e interlingüísticas en los últimos 10 años.

El segundo capítulo expone los objetivos generales y específicos de la investigación. El tercer capítulo presenta el marco teórico que determina la ruta conceptual del estudio; es así como se abordan ejes temáticos sobre la lingüística clínica y de manera específica la fonética clínica, este apartado tiene el alcance de contextualizar el desarrollo de esta investigación en un ámbito específico de la lingüística aplicada; seguido se explora teóricamente sobre los modelos de producción de habla desde una perspectiva psicolingüística y neurolingüística, para posteriormente detallar sobre el mecanismo fisiológico de la producción del habla, delimitando la biomecánica para la producción de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas. Este último apartado precisa la caracterización conceptual de la dimensión articulatoria y acústica de los segmentos consonánticos objeto de estudio, ejemplificando las metodologías de medición de las características acústico-espectrográficas de las COOS. Finalmente, se presentan las

consideraciones clínicas de la EP y se puntualiza en la concepción de disartria hipocinética derivada de la EP, signos, síntomas y metodología de evaluación de este trastorno motor del habla.

El cuarto capítulo presenta el marco metodológico, el cual se determina como un tipo de estudio observacional analítico de casos y controles con apoyo en la utilización de técnicas instrumentales indirectas, en específico, el análisis acústico del habla. Este capítulo presenta el Corpus PC-GITA, diseñado por la facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia, se precisan las características de los hablantes, las escalas de diagnóstico neurológico y las tareas lingüísticas desarrolladas.

Posteriormente, se presenta el Subcorpus GITA\_VOT que detalla la organización, el protocolo de medición y la sistematización de variables derivadas de cada uno de los parámetros acústicos medidos de las COOS en la tarea de DDK /pataka/. Los parámetros acústicos que se toman para el análisis de las COOS son el VOT, la fase oclusiva-tensiva, la duración del segmento consonántico y el punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión.

El quinto capítulo presenta los resultados y el análisis estadístico uni-bivariado de las características fonético-acústicas de las COOS, tanto del grupo caso como del grupo control, así como el análisis multivariado y las pruebas de validez diagnóstica a partir de medidas de desempeño. Estas últimas permitieron comparar metodologías manuales con respecto a metodologías automatizadas. Entre los resultados sobresale que el VOT y la fase oclusiva-tensiva son parámetros que determinan la identificación del habla disártrica con respecto al habla sana, y que el segmento consonántico /p/ presenta el mejor desempeño para la detección y diagnóstico del habla en personas con EP. Por otro lado, estos parámetros acústicos muestran un indicador que relaciona la progresión de la enfermedad con un parámetro de VOT incrementado y una fase oclusiva-tensiva con tendencia a la disminución en su duración.

El sexto capítulo establece el análisis y la discusión de los resultados con la explicación y ejemplificación del comportamiento acústico y articulatorio de las COOS, especificando cada uno de los parámetros acústicos. Igualmente se explica como el VOT y la fase oclusiva-tensiva se determinan como indicadores de detección temprana del habla disártrica, asumiendo la orientación teórica aerodinámica y la orientación teórica del movimiento del articulador. Por último, se propone una reinterpretación de los correlatos acústicos propuesto por Goberman y Coelho (2002), precisando los resultados obtenidos en el sistema consonántico hispánico.

Finalmente, el séptimo capítulo da cuenta de las conclusiones globales del estudio y el impacto de las mismas desde una perspectiva interdisciplinar, académica, diagnóstica y social. Esta investigación deja múltiples oportunidades de acción: hay tareas futuras relacionadas con la importancia del desarrollo de análisis interlingüísticos, la exploración de registros de habla espontáneos, y el contraste de los hallazgos acústicos con metodologías de habla instrumentales de tipo directo.

## Capítulo I.

### 1. Antecedentes

La EP es considerada una de las patologías neurodegenerativas de mayor prevalencia mundial. Los trastornos motores del habla secundarios a la EP afectan del 60% al 80% de las personas diagnosticadas (De Letter et al., 2005; Sapir et al., 2002), por lo cual, las contribuciones relacionadas con el habla son un punto de partida relevante para llevar a cabo procesos de detección temprana y monitorización del diagnóstico desde diferentes perspectivas disciplinares. Este capítulo presenta un panorama bibliométrico de las investigaciones sobre habla y EP en los últimos 10 años; posteriormente se desarrolla una revisión documental y la consolidación de los antecedentes en el contexto fonético y su relación con la descripción del habla de una persona con EP.

#### 1.1. Panorama bibliométrico<sup>3</sup>

La recolección y búsqueda de la información se realizó mediante la base de datos *Scopus*<sup>4</sup>; las búsquedas sistemáticas se desarrollaron a partir de términos presentes en el título del artículo, el

---

<sup>3</sup> El análisis bibliométrico es una herramienta que permitió conocer el estado y el crecimiento del interés investigativo, la interdisciplinariedad, las áreas de conocimiento, los núcleos temáticos más trabajados y la distribución espacial de los documentos científicos en torno a la temática de estudio, en un periodo de tiempo de 10 años.

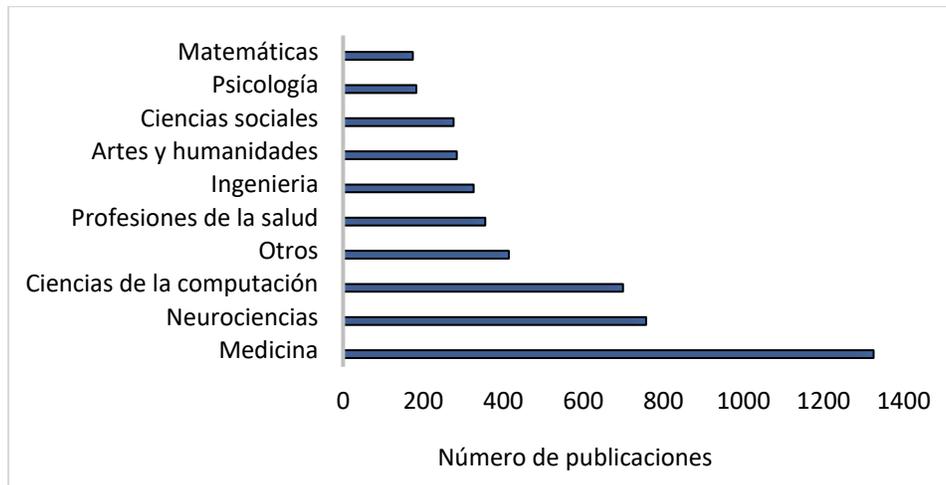
<sup>4</sup> El criterio de selección de la base de datos de referencias bibliográficas *Scopus* se basa en sus políticas editoriales que contemplan diversidad en la distribución geográfica de los editores y de los autores. Su servidor presenta algoritmos que permiten establecer métricas a partir de variables espacio-temporales, áreas de conocimiento, cooperación interinstitucional e índices de citaciones que caracterizan su impacto en el contexto académico (Scopus, 2021). Martín-Martín et al. (2018) desarrollaron un estudio comparativo entre Google Scholar (Gs), Web of Science y Scopus reportándose que, de las búsquedas hechas en el Gs, el 84% al 94% de las citas hacían parte de Scopus. Igualmente, es una base de datos que procesa el 95% de las fuentes existentes en Web of Science, el 100% de Medline, Biomed Central, la colección de Science Direct y contenido de Scirus (Cadeño et al., 2010).

abstract, las palabras clave; y el tipo de documento se limitó a la búsqueda exclusiva de artículos en inglés. Teniendo en cuenta esto, se definió la ecuación de búsqueda *TITLE ABS KEY (speech AND "parkinson's disease") AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR > 2010*. La información recolectada de la base de datos Scopus incluyó información bibliográfica, información de citas, abstract y palabras clave. El software VOS viewer 1.6.10 fue utilizado para la visualización y el análisis de los datos (van Eck y Waltman, 2010).

De un total de 2336 artículos encontrados entre los años 2010 y 2020, se determinó como característica temporo-espacial que los años con mayor número de publicaciones fueron 2017, 2019 y 2020, y los países con el mayor número de publicaciones son Estados Unidos, Alemania y Reino Unido. Los estudios del habla han sido abordados desde diferentes campos de conocimiento (ver Gráfico 1); se evidenció una mayor participación de medicina con el 27,5% de las publicaciones, seguido de neurociencias (15,7%) y ciencias de la computación (14,5%). Esta última con particulares intereses hacia el desarrollo de métodos computacionales automatizados que permitan la fácil detección de la EP a partir del análisis de la señal de habla.

## Gráfico 1.

### *Contribución por área de conocimiento*



Tomado de las métricas de SCOPUS (2021)

Los nodos temáticos más comunes se dividen en cinco grupos (ver Figura 1). El grupo de color rojo muestra las temáticas que se asocian con los trastornos motores derivados de la EP con términos como disfonía, bradiciencia, rigidez, tremor, disfagia, hipernasalidad, entre otros. El nodo verde atiende a la relación de los estudios del habla y la patología neurodegenerativa con términos asociados con estudios fonéticos, precisión diagnóstica, análisis acústico, reconocimiento e inteligibilidad del habla; y su aplicación en contextos como aprendizaje de máquinas, máquinas de soporte vectorial (SVM), uso de metodologías para la clasificación del habla patológica y estrategias computacionales automatizadas. En el nodo amarillo sobresale la descripción fisiológica de la enfermedad en la perspectiva médica, farmacológica y psicolingüística. El nodo azul identifica su línea temática en asuntos sobre el tratamiento, las actividades de la vida cotidiana, el cuidado en casa, el grupo interdisciplinar terapéutico y las complicaciones comunicativas y sociales derivadas de la EP. Por último, el nodo color morado presenta la identificación de temáticas enmarcadas a la caracterización de diseños y tipos de estudio para la





2014-2016		Speech disorders Speech analysis Speech intelligibility Speech disorders Voice disorders
2018-2020		Machine learning Feature Extraction Deep learning Convolutional neural network Pandemic Telerehabilitation

Tomado reporte de resultados VOS viewer (enero 2021)

Este panorama bibliométrico ubica a la fonética clínica e instrumental y su interdisciplinariedad en una posición que impulsa el impacto y la complementariedad de los enfoques clínicos, lingüísticos y de procesamiento de señales. Según el criterio de búsqueda (*speech AND parkinson's disease*), los objetivos investigativos en los últimos 10 años concurren en dos orientaciones fundamentales: el diagnóstico temprano y el monitoreo de la enfermedad en la perspectiva clínica, fonética acústica y de aplicaciones computacionales.

La perspectiva metodológica por su parte presenta preferencia por estudios de casos y controles, que han permitido establecer comparaciones entre grupos y han logrado definir clínicamente a los hablantes con EP a partir de las escalas de diagnóstico neurológico y corpus lingüísticos que evalúan las dimensiones fonatoria, articulatoria y prosódica.

## 1.2. Comportamiento fonético en la EP

La lingüística clínica ha desarrollado panoramas investigativos que aportan, desde las precisiones lingüísticas, elementos para la comprensión de los comportamientos y las imbricaciones articulatorias, acústicas y perceptuales de los trastornos del habla como la disartria. Los estudios desarrollados en el contexto de la EP se relacionan con los trastornos motores del habla con un

predominante desarrollo de correlaciones neurobiológicas y alteraciones del lenguaje oral en tareas motoras del habla, tareas de comprensión semántica, sintaxis, uso e interacción en contexto. Estas estrategias han permitido la descripción y clasificación de los datos lingüísticos o conductas verbales en el desarrollo de diagnósticos diferenciales.

Desde la perspectiva acústico-articulatoria, sobresalen dos investigaciones precursoras y determinantes en la caracterización del fenómeno disártrico. Darley et al. (1969) inician la descripción y clasificación de los fenómenos acústicos encontrados en una serie de entrevistas desarrolladas a 212 pacientes con disartrias derivadas de siete desórdenes neurológicos diferentes. El grupo caracterizado por la EP estuvo conformado por 32 personas, quienes ejecutaron tareas de habla espontánea y lectura de párrafos; dichas tareas determinaron ocho grupos de fenómenos acústico-articulatorios (Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Clasificación de las dimensiones afectadas en la disartria*

<i>Grupo</i>	<i>Características</i>
Grupo 1 – Imprecisión articulatoria	Quiebres en la articulación, distorsión vocálica, inexactitud de movimientos.
Grupo 2 – Prosodia excesiva	Prolongaciones de fonemas, intervalos prolongados, velocidad del habla lenta.
Grupo 3 – Insuficiencia prosódica	Insuficiente variabilidad del tono, lentitud, reducción en los rangos de movimientos articulatorios.
Grupo 4 – Incompetencia articulatoria y resonancial	Aumento de la nasalidad, incompetencia velofaríngea, inadecuados movimientos labiales y linguales.
Grupo 5 – Estenosis fonatoria	Voz estrangulada, hipertonía vocal, voz áspera, quiebres de tono, estrechamiento glótico.
Grupo 6 – Incompetencia laríngea	Voz aspirada, frases cortas, inspiraciones audibles.

Grupo 7 – Incompetencia velofaríngea	Emisiones nasales, hipernasalidad.
Grupo 8 – Insuficiencia fonatoria y prosódica	Monotonía en el habla, voz áspera, hipotonía muscular.

Adaptado de (Darley et al., 1969)

A partir de estas ocho características, se fortalece la descripción del habla en personas con desórdenes comunicativos neurogénicos. Como conclusión, se determinó que, en la EP, la sintomatología enfatiza en las categorías tres, cuatro y seis, que constituyen el cuadro diagnóstico de la disartria hipocinética; y se estableció un paradigma fonético de estudio en el habla patológica: la triada exploratoria de prosodia, fonación y articulación.

Posteriormente, Logemann et al. (1978) desarrollaron una investigación con una muestra de 200 personas con EP que caracterizó la frecuencia y ocurrencia de las alteraciones del tracto vocal y confirmó el compromiso fonético desde aspectos segmentales y suprasegmentales. La sintomatología descrita estableció dos categorías generales, el compromiso laríngeo en el 45% y el compromiso laríngeo y articulatorio distribuido en el 13% con afectación laríngea y de la parte posterior lingual; el 17% de los pacientes presentaron dificultad y empobrecimiento del movimiento lingual posterior y medio, y el 14,5% empobrecimiento de sonidos labiales, linguales y voz temblorosa. Se tipificó entonces una semiología de la disartria hipocinética que en la actualidad continúa consolidándose gracias a los avances tecnológicos.

### ***1.2.1. Las dimensiones del habla en la EP***

El aporte de la perspectiva fonética acústica, a partir de técnicas instrumentales e indirectas, declara la relación temprana de la EP con el hallazgo de síntomas en la fonación, articulación, prosodia, organización temporal del habla, mecanismos de compensación e inteligibilidad del habla (Ackermann y Ziegler, 1991; Pinto et al., 2017b; Sapir, 2014).

En la dimensión articulatoria, Ackermann y Ziegler (1991) adelantaron una serie de investigaciones que relacionaron la articulación de las consonantes oclusivas sordas y el ritmo temporal del habla; para ello, evaluaron a 24 personas hablantes nativas de alemán, 12 personas con EP y su respectivo control. Las tareas de articulación se desarrollaron en producciones de consonantes oclusivas en sílaba directa CV para medir las características de la barra de explosión y la fase oclusiva de la consonante o *closure*. En los resultados, los autores refirieron una incompatibilidad con el concepto de bradicinesia, ya que la mayoría de los hablantes con EP mostraron aceleraciones normales o aumentadas del habla; estas aceleraciones por lo general se acompañaron de una disminución de la fase oclusiva y de la energía espectral de la barra de explosión; en el caso de las sílabas acentuadas se evidenció un habla sobreesforzada. Es así como relacionaron la pérdida de la amplitud del movimiento articulatorio y la falta de precisión articulatoria con el síntoma cardinal de hipocinesia.

Este fenómeno fue corroborado por Ackermann et al. (1995) estudio en el cual, el diseño experimental se concentró en las tareas de DDK; para esto, evaluaron cuatro patologías neurológicas diferentes, entre ellas la EP y la córea de Huntington, consideradas como neurodegenerativas. Los parámetros evaluados fueron el promedio de número de sílabas producidas, la duración silábica, y la imprecisión articulatoria dadas por el número de fases oclusivas incompletas o ausencia de barra de explosión. Los resultados determinaron que la mayoría de pacientes con EP registraron normalidad o aumento de la velocidad en el habla. Se ratificó entonces que a medida que aumenta la aceleración en el habla, disminuye la amplitud del movimiento articulatorio, dando lugar al signo clínico de imprecisión articulatoria (Ackermann et al., 1997; McRae et al., 2002).

Con exactitud, Wong et al. (2012) caracterizaron en 10 personas con EP la amplitud de los movimientos de los articuladores por medio de un estudio cinemático de la lengua durante tareas de DDK. Los resultados indicaron que la velocidad del habla puede ser igual o superior a la de los sanos, pero que las personas con EP se llevaron más tiempo en completar el movimiento lingual por falta de coordinación en el ápex lingual y el dorso lingual; además, se planteó que en algunos casos la amplitud del movimiento se observó aumentada (habla hiperarticulada) como un acto compensatorio ante el *discomfort* durante el habla.

En la dimensión fonatoria, Ho et al. (1998) contemplaron la hipótesis de que las alteraciones de voz son el primer signo acústico de la disartria. Esto se realizó por medio de un estudio perceptual de grabaciones de 200 personas con EP que clasificó los grados de severidad y de compromiso en el habla. Se tiene entonces que el grado de compromiso leve presentó un impacto en la voz y mínimamente en la articulación, el grado moderado representó un compromiso fonatorio y articulatorio, mientras que el grado profundo constituyó un compromiso severo en todas las dimensiones de análisis del habla. Por su parte, Tsanas (2014) evaluó en el idioma inglés la vocal sostenida /a/ en 14 personas con EP con el fin de caracterizar la degradación progresiva del rendimiento vocal por medio de la evaluación LSTV (Lee Silverman Voice treatment); las cualidades vocales fueron medidas por medio de parámetros de  $f_0$  y amplitud; y estas se modelaron con métodos de automatización para la clasificación de voz “aceptable” e “inaceptable”. Este estudio logró demostrar una precisión para clasificar del 90%.

Orozco-Arroyave et al. (2014) utilizó la repetición de las cinco vocales del español en registro repetido, y exploró los parámetros como *jitter* y *shimmer*, estos fueron modelados a partir

de máquinas de soporte vectorial (SVM<sup>5</sup>) para la clasificación entre personas con EP y personas sanas, las características fonatorias lograron una precisión del 74%. Los parámetros acústicos anteriormente mencionados fueron utilizados para la caracterización de la fonación en la implementación del *NeuroSpeech* (Orozco-Arroyave et al.,2018); este es un software que permite el modelamiento y el análisis de las dimensiones del habla, la discriminación automática de habla patológica, así como la predicción del estado neurológico de la EP en relación a las escalas de diagnóstico clínico y la escala Frenchay Dysarthria Assessment (m-FDA) (Vásquez-Correa et al., 2018). La producción de vocales sostenidas ha demostrado precisión en la clasificación de habla disártrica con respecto al habla sana; en el estudio desarrollado por Little (2009) se demostró la precisión para discriminar el habla disártrica a partir de la detección de disfonías en 23 sujetos con EP con una precisión en la clasificación del 94.1%.

En el estudio de la fonación los antecedentes indican el uso de métodos de evaluación directa como la laringoscopia en la que se detectan síntomas motores como el temblor. Pérez et al. (1996) evaluaron a 22 pacientes con EP y se registró que el 35% presentó temblor laríngeo en reposo, el 71% presentó temblor laríngeo con tono e intensidad normal y el 57% temblor fuerte y sonoro. La localización de este síntoma se ubicó principalmente en el movimiento vertical laríngeo y a nivel de la región aritenoidea. Otro de los métodos directos de evaluación es el análisis de mecanismos aerodinámicos. Jiang et al. (1999) estudiaron los factores como la presión subglótica, el flujo de aire y la resistencia laríngea en un grupo de participantes con EP. Se encontró que la presión subglótica está relevantemente aumentada, lo que implica un mayor esfuerzo respiratorio y de la resistencia laríngea. Por su parte, el flujo de aire durante la fonación

---

<sup>5</sup> Método de aprendizaje de máquinas que clasifica muestras pertenecientes a dos poblaciones diferentes, en este caso grupo control y grupo caso.

no presentó diferencias entre el grupo caso y el grupo control. Otro de los parámetros estudiados es la  $f_0$ <sup>6</sup> como indicador de inicio de la voz o sonoridad después de la consonante, dando lugar a la utilización del parámetro de VOT para el reconocimiento de la dimensión temporal entre una fase glótica y supraglótica. Algunas de estas investigaciones han explicado el VOT en personas con EP con un incremento característico que sugiere una lentificación del pliegue vocal para asumir su posición de aducción y activar la vibración, situación inherente a la aquinesia motora propia de la EP (Fischer y Goberman, 2010; Goberman y Coelho, 2002; Rusz et al., 2011; Novotny et al., 2014). También se han reportado resultados sobre el decremento del VOT por una reducción de la apertura del pliegue vocal y la rigidez laríngea (Forrest et al., 1989).

En la dimensión prosódica, Le Dorze et al. (1998) evaluaron a 10 pacientes con EP y 10 pacientes con ataxia con sus respectivos controles, por medio de lectura de oraciones en modalidad declarativa e interrogativa; y analizaron los parámetros de velocidad de habla, frecuencia fundamental y entonación. Los resultados mostraron que las personas sanas producen mayores valores de  $f_0$  en la sílaba final del enunciado, mientras que los grupos casos reportan un decremento importante de la variabilidad de  $f_0$ , en particular, las personas con EP tuvieron reducción de  $f_0$  y presencia de tanteos o estereotipias motoras que afectaron relevantemente la fluidez verbal. Bowen et al. (2013) evaluaron las variabilidades de la frecuencia fundamental en el habla espontánea mediante la lectura de párrafos y monólogos. Los resultados de  $f_0$  mostraron un contraste entre el estado ON y OFF de la medicación; es decir, las personas que realizaron la

---

<sup>6</sup> Frecuencia fundamental ( $f_0$ ) también conocida como *pitch*. Es una característica propia de los segmentos sonoros que se identifica por ser la frecuencia más baja dentro de una onda compleja. Su unidad de medida es en Hertz. Fisiológicamente representa la periodicidad con la que vibran los pliegues vocales durante la producción de segmentos sonoros. Presenta medidas diferenciales entre hombres y mujeres. Los hombres presentan un rango de producción normal en frecuencias bajas, entre 50-250 Hz, y las mujeres realizan producciones ajustadas a frecuencias medias-agudas, entre 120 y 500Hz. Uno de los recursos lingüísticos más utilizados para su evaluación es el sostenimiento vocálico, la producción vocálica alternada y la producción de oraciones en diferentes modalidades según la intención del hablante. (Quilis, 1993; Navarro, 1990; Rabiner, 1993)

lectura en un estado ON tuvieron mejores variabilidades de tono en el ejercicio lector, tan similar como en el grupo control. Por su parte, las personas en un estado OFF de la medicación presentaron un detrimento de esta variabilidad resaltando el síntoma de monotonía vocal.

La discusión frente al compromiso de las dimensiones del habla en la EP ha presentado múltiples aristas y posiciones; algunas argumentan la importancia del síntoma fonatorio sobre el articulatorio (Ho et al., 1998; Ikui et al., 2015; Tanaka et al., 2011), otros hablan de simultaneidad sintomatológica (Fischer y Goberman, 2010; Sapir, 2014); otros resaltan la sintomatología prosódica y su impacto en la percepción del habla (Novotny et al., 2014; Rektorova et al., 2016). Otros autores crean herramientas para la evaluación, discriminación automática y predicción del estado neurológico a partir de la caracterización de la señal del habla en todas sus dimensiones (Orozco-Aroyave et al., 2018); y otros relacionan la sintomatología de las dimensiones del habla con el estado cognitivo del paciente, es así como el perfil disártrico se acentúa de acuerdo al deterioro cognitivo y la exigencia cognitiva en la tarea lingüística a evaluar (García et al., 2021).

### ***1.2.2. Estudios del habla parkinsoniana en diferentes sistemas consonánticos***

Diferentes sistemas consonánticos reportan investigaciones sobre parámetros acústicos que dan cuenta de una caracterización integral del trastorno motor del habla en la que se retoman aspectos segmentales y suprasegmentales.

En el sistema consonántico del checo se reporta una investigación de 23 pacientes con EP (Rusz et al., 2011), en la cual se evaluaron tareas como sostenimiento vocálico, registro de DDK, lectura de palabras y monólogos. Se tomaron parámetros de análisis fonatorio como  $f_0$ , *jitter* (grado de variación de tono fundamental), *shimmer* (grado de variación de la amplitud) y VOT. Desde la perspectiva articulatoria, se tomó la tarea de DDK para el análisis de los formantes vocálicos y las transiciones, teniendo como referencias el formante 2 (F2). En la prosodia se tomaron parámetros

como el  $f_0$ , la intensidad y el manejo de las pausas articulatorias. Los resultados mostraron que el habla de las personas con EP tuvo una disminución en la variabilidad del tono en los enunciados, aumento de la duración en el VOT, lo que indicó una pérdida de la coordinación laríngea y supralaríngea, presencia de ruido y cierre incompleto de los pliegues vocales con fenómenos de sonorizaciones y aspiraciones. Novotny et al. (2014) profundizaron en los desórdenes de la articulación de las consonantes oclusivas sordas al puntualizar en el uso de metodologías manual y automatizada; para esto tomaron como referencia la secuencia diadococinética de /pataka/ y midieron los parámetros de VOT y fase oclusiva de la consonante. Como resultado, se identificó un aumento del VOT, una fase oclusiva incompleta por aceleraciones en el habla e imprecisiones articulatorias. Estos autores en su estudio reconocieron que dentro de la caracterización articulatoria en tareas de DDK, el VOT se debe considerar como un parámetro de identificación del habla disártrica, sin perder de vista variables como la velocidad del habla.

En el sistema consonántico alemán, Skodda et al. (2012) caracterizaron las vocales a partir del F1 y F2 en 67 personas con EP, encontrándose con una reducción importante del área del espacio vocálico y el índice de articulación de la vocal: este decremento coincidió con la percepción de habla deteriorada de cada uno de los pacientes. Igualmente, establecieron correlaciones entre el decremento de los parámetros vocálicos evaluados y el deterioro en la marcha, concluyéndose que la medición de la articulación de las vocales podría ser un indicador potencial para el monitoreo de los síntomas motores axiales y apendiculares.

Por otro lado, se han planteado estudios para el conocimiento de la progresión de la enfermedad y el estado disártrico. Skodda et al. (2013) desarrollaron un estudio longitudinal que consistió en aplicar una reevaluación con 12 meses de distancia a 80 pacientes con EP, considerando parámetros acústicos y perceptivos de la fonación (*jitter*, *shimmer*, NHR y  $f_0$ ), la

articulación (área de espacio vocálico), la fluidez y la prosodia (variabilidad de  $f_0$ ). Se hizo un comparativo entre la primera evaluación y la reevaluación, y se reveló que las características acústicas presentaron deterioros importantes, lo que indicó que el deterioro del habla está altamente relacionado con la progresión de la enfermedad.

En el sistema consonántico español se realizó una caracterización instrumental con análisis acústico y estudios complementarios por medio de una fibroscopia y laringoscopia indirecta. Gamboa et al. (1997) tomaron los parámetros como el *jitter*, la relación armónico ruido, los índices de variabilidad de intensidad y de tono, concluyéndose que las personas con EP presentan altos valores en el índice *jitter* y decremento en la variabilidad de  $f_0$ . Además, se resaltó los síntomas del órgano vocal referidos a disfonía en el 41,5%, intensidad de voz baja en el 48,7%, monotonía en el 24,4%, detenciones o paradas de la voz en el 39%, temblor en el 34% y voz estrangulada en el 31,7% de los casos.

En las particularidades articulares en la disartria parkinsoniana, Torres Carro et al. (2001) realizaron un corpus de hablantes de español conformado por 200 personas con EP, evaluadas perceptualmente. Entre los resultados, se consolidó un perfil articulatorio que indicó que los fonemas guturales presentaron una afectación en el 88% de los casos, los fonemas fricativos en el 80% de los casos, los africados en el 50%, los oclusivos en el 30%, y en el desarrollo de secuencias consonánticas en el 98%. Este estudio no estipuló algún alcance con hipótesis anatomofisiológicas y se estableció en una metodología perceptiva sin correlaciones clínicas suficientes.

Orozco-Arroyave et al. (2014) desarrollaron un corpus lingüístico de habla parkinsoniana en hablantes de español colombiano, en el cual se contemplan tareas para la evaluación de la dimensión fonatoria como los sostenimientos vocálicos, el efecto *kaiser* y los entrecortamientos vocálicos. En la dimensión articulatoria se contempló tareas de repetición de palabras y registros

de DDK; en la dimensión prosódica se desarrolló lectura de oraciones, párrafos y monólogos. Este corpus presentó un enfoque interdisciplinar desde la ingeniería, la lingüística y la medicina, con condiciones de grabación especializadas para el tratamiento óptimo de la señal, tareas lingüísticas fonéticamente balanceadas y aplicación de escalas de diagnóstico neurológico para la clasificación clínica de cada uno de los hablantes.

En España, Martínez-Sánchez et al. (2016) estudiaron a 39 personas con EP en tareas de lectura de oraciones sin balancear fonéticamente, pero orientadas por criterios de familiaridad temática. Se tomaron valores como la velocidad del habla y la velocidad de la articulación. En el análisis comparativo con respecto al grupo control, se identificó un decremento de la tasa de habla con prolongaciones en la duración de la sílaba, sugiriendo una lentificación al hablar debido al compromiso de base neurológica en ganglios basales y pérdida de la coordinación muscular en los articuladores. Este estudio, contrario a los que declaran el síntoma de aceleración en el habla, explicó que dichas aceleraciones son compensaciones ante contextos conversacionales que requieran de un aumento de la velocidad del habla en las personas con EP.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de grupos interdisciplinares que, desde la acústica, la ingeniería, neurociencias, desórdenes de la comunicación, lingüística y rehabilitación han orientado sus objetivos hacia el conocimiento acústico de la disartria con énfasis en la evaluación segmental y suprasegmental.

**Tabla 3.**

*Contribuciones interdisciplinares en el estudio de la disartria*

<i>Referencia</i>	<i>Muestra</i>	<i>Tarea lingüística</i>	<i>Dimensión del habla evaluada</i>
Ackermann & Ziegler (1991)	12 EP – 12 GC	Oraciones simples.	- Articulación.

Kegl et al. (1999)	16 EP – 14 GC	DDK /pataka/	– Articulación. – Prosodia
Ackermann et al. (1997)	1 EP – 1 GC	Repetición silábica	– Articulación – Control temporal del habla
Le Dorze et al. (1998)	10 EP-10 GC	Oraciones declarativas e interrogativas.	– Prosodia
Jiang et al. (1999)	24 EP	Sostenimiento vocálico de /a/	– Fonación
Ryalls et al. (2001)	4 EP	Repetición CVC /p,t,k/	– Articulación pre y posquirúrgica.
Ho et al. (2001)	200 EP	2 minutos de conversación	– Fonación
McRae et al. (2002)	13 EP – 13 GC	Lectura de párrafos.	– Articulación y control temporal del habla
Harel et al.(2004)	32 EP- 32 GC	Lectura de párrafos	– Prosodia
Fischer & Goberman (2010)	9 EP – 9 GC	Sílaba directa CV.	– Fonación y articulación.
Rusz et al. (2011)	23 EP - 23 GC	DDK	– Articulación, fonación, prosodia, control temporal del habla.
Skodda et al. (2012)	39 EP	Sostenimiento vocálico.	– Fonación.
Skodda et al. (2013)	80 EP- 60 GC	Lectura de párrafo y sostenimiento vocálico.	– Articulación, fonación, prosodia, control temporal del habla.
Novotny et al. (2014)	24 EP-22 GC	DDK	– Articulación y fonación.
Parveen & Goberman (2014)	9 EP – 9 GC	DDK	– Articulación.
Orozco-Arroyave et al. (2014)	50 EP- 50 GC	DDK, palabras, oraciones	– Articulación, fonación, prosodia

Saxena et al. (2014)	29 EP – 40 GC	DDK.	– Fonación y articulación.
De Keyser et al. (2016)	14 EP – 14 GC	Oraciones-DDK	– Fonación, articulación y prosodia.
Tykalova et al. (2017)	64 EP	Repetición silábica.	– Fonación y articulación.
Orozco-Arroyave et al.			– Fonación, articulación, prosodia e inteligibilidad.
Arias-Vergara et al. (2020)	50 EP – 50 GC	DDK	– Fonación y articulación
García et.al (2021)	40 EP-40 GC	Tareas de lectura y recuento	– Prosodia, articulación y rendimiento fonemático

EP enfermedad de Parkinson. GC Grupo control. CV Consonante vocal. CVC Consonante vocal consonante. DDK Diadococinecias /pataka/

### ***1.2.3. Parámetros acústicos explorados en el estudio de las disartrias***

Las tareas para la exploración articulatoria se han desarrollado por medio de diseños experimentales preferentemente de casos y controles en las que se han utilizado parámetros de medida acústica y su relación con correlatos fisiológicos. En la Tabla 4 se exponen los parámetros utilizados en la investigación de los desórdenes motores del habla de origen neurogénico.

**Tabla 4.**

Tendencias metodológicas para la exploración acústica-articulatoria de los desórdenes motores del habla

<i>Desorden articulatorio</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Parámetro acústico</i>
Deficiencia en movimientos linguales - imprecisión en la articulación de vocales	Monólogo Sostenimiento vocálico	Espacio vocálico (F1-F2)
Espacio vocálico	Sostenimiento vocálico	Formantes 1 y 2
Coordinación laríngea y supralaríngea	DDK	VOT
Coordinación laríngea y supralaríngea. Proporción de la consonante con respecto a la sílaba.	DDK	VOT <i>ratio</i>
Lentitud en movimientos alternados	DDK	DDK <i>rate</i> = número de sílabas dichas por segundo.
Precisión articulatoria	DDK	CSM ( <i>cross-spectral matrices</i> ) primeros momentos espectrales de la consonante.

Adaptado de (Brabenec et al., 2017; Novotny et al., 2014)

Uno de los recursos metodológicos de evaluación han sido las tareas lingüísticas de habla controlada, en las cuales la repetición diadococinética da cuenta de la pronunciación alternada de sílabas que internamente implican un patrón glotal alternado entre el movimiento de aducción (vocal) y abducción (consonante) de los pliegues vocales. Es así como las tareas de DDK de

manera controlada permiten caracterizar las consonantes obstruyentes oclusivas en su parámetro de VOT.

Las investigaciones fonéticas clínicas iniciales con el uso del parámetro de VOT propusieron contrastar el habla de personas con desórdenes motores y su respectivo grupo control. En el caso de las afasias sensoriales (Blumstein et al., 1980), se evidenciaron irregularidades en el VOT que respondían a aspectos fonemáticos de sustitución con mantenimiento de parámetros acústicos dentro de la normalidad, mientras que en la afasia motora se determinó que el VOT, y su incremento en consonantes sordas, corresponden a un error fonético por distorsión.

Igualmente, en la apraxia del habla (Auzou et al., 2000; Morris, 1989) los valores de VOT se ven afectados en las consonantes sordas con decrementos en su duración, mientras que las consonantes sonoras permanecen dentro de los valores normales. Por lo tanto, se determina que las variabilidades del VOT responden a errores fonéticos de distorsión que afectan la velocidad y la coordinación del habla.

En el caso de la disartria, la utilidad del parámetro acústico VOT ha permitido la evaluación de deterioros articulatorios, a través de la identificación del incremento o decremento de la duración, que pueden estar relacionados con la aducción glotal, la tensión de las cuerdas vocales y el manejo de las presiones intraorales. Morris (1989) evaluó a 20 pacientes que padecían diferentes tipos de disartrias y las distribuyó según la etiología médica: flácida, espástica, atáxica e hipocinética, con tareas de repetición silábica de /pataka/. La investigación reportó el aumento del VOT en disartrias flácida y atáxica, mientras que en las disartrias hipocinéticas se presentó un decremento importante del VOT para consonantes sordas; reducción explicada por la pérdida de control neuromuscular durante el habla. Tykalóva (2017) caracterizó el VOT en tres tipos de patologías, la EP, la atrofia multisistémica y la parálisis supranuclear progresiva. De manera

específica, se evaluó a 64 paciente con EP con tareas de DDK. Las tres patologías presentaron incrementos en el VOT en relación con el grupo control. Igualmente se reportó que la EP en comparación con las otras patologías neurodegenerativas presentó incrementos menores. Entre las relaciones clínicas que se establecieron en el estudio, se determinó que entre mayor sea el compromiso en los ganglios basales y porciones subcorticales, mayor compromiso acústico y prolongación del VOT se identificarán.

### **1.3. A modo de conclusión**

El análisis fonético-acústico de grabaciones de señales de habla y voz tiene la posibilidad de detectar las manifestaciones sintomatológicas que no son perceptibles por los oyentes. Las mediciones extraídas de dicha evaluación proveen de objetividad e información cuantitativa a la descripción de los comportamiento típicos o atípicos en el habla y se pueden considerar el fundamento para la discriminación entre personas que padecen EP y quienes no; todo esto gracias a la fusión entre metodología de etiquetado manual y procesos de automatización.

Los estudios desde el componente fonético de la lengua generalmente abordan las variabilidades de  $f_0$ , el análisis del espacio vocálico a partir de las referencias del formante 1 y 2, y sus relaciones articulatorias con los ejes cinéticos de la lengua. De la misma manera, en el análisis segmental de las consonantes, se evidencia una importante tendencia a tomar como referencia a los obstruyentes oclusivos en tareas de diadococinesias. Das & Hansen (2004) consideran la evaluación de estos sonidos como una de las estrategias precisas en el estudio de fenómenos fonéticos acústicos y del estado laríngeo, al confirmar la importancia de las producciones en sílaba directa de manera alternada y la examinación acústica del inicio de la sonoridad (*Voice Onset Time* – VOT).

Estas medidas acústicas han sido utilizadas para inferir cambios y diagnósticos en la función prosódica, fonatoria y articulatoria de la persona con EP. Sin embargo, hay estudios que advierten de diferencias articulatorias y acústicas mínimas al examinar los oclusivos sordos, especialmente al establecer marcos comparativos con otras patologías de corte neurodegenerativo y localización neuroanatómica subcortical. En Tykalova et al. (2017) se evidencia como los incrementos de VOT en la EP son mínimos y no tan representativos como en la parálisis supranuclear o atrofia multisistémica.

## Capítulo II

### 2. Objetivos

#### 2.1. Objetivo general

Analizar acústicamente las consonantes obstruyentes oclusivas sordas del sistema consonántico hispanico en personas con EP a partir del Corpus PC-GITA, con el fin de encontrar indicadores fonéticos de diagnóstico clínico.

#### 2.2. Objetivos específicos

- Describir las características fonético-acústicas de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas presentes en el Corpus PC GITA.
- Comparar las consonantes obstruyentes oclusivas sordas entre las personas con EP y las personas del grupo control.
- Contrastar variables clínicas (tiempo de diagnóstico y grado de severidad) con las variaciones fonéticas segmentales encontradas, para describir la configuración de un parámetro de medida clínico.
- Explicar el comportamiento acústico y articulatorio de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas en personas con EP.
- Caracterizar los parámetros acústicos y articulatorios que permitan la identificación y descripción del habla de una persona con EP.

## Capítulo III

### 3. Marco teórico

La lingüística, al tener como objetivo de estudio las manifestaciones del lenguaje, se propone tareas que contemplan, entre muchas otras, profundizaciones teóricas, cuestiones metodológicas, descripciones de los componentes de la lengua, análisis de formas conversacionales y discursivas en modalidades, ámbitos, contextos y participantes según sea el caso. La lingüística aplicada se sirve de la lingüística teórica para la construcción, reconstrucción e innovación de explicaciones y soluciones frente a problemáticas específicas, disciplinares, interdisciplinares y multidisciplinarias.

La lingüística aplicada, en la determinación de sus áreas y ámbitos de estudio, reconoció en los años 70 la interdisciplinariedad con sucesos clínicos y la creación de diseños experimentales que intentaban describir los fenómenos lingüísticos frente a situaciones orgánicas determinadas. Paulatinamente, se consolidó el campo de la lingüística clínica con correspondencia a áreas como terapia de habla, afasiología, patología del habla, problemas del habla y del lenguaje vinculados con retrasos o trastornos en los procesos de adquisición de la lengua materna.

El presente capítulo traza la orientación teórica de esta investigación; es por esto que la ruta conceptual inicia con un marco de referencia frente a la lingüística clínica, y de manera específica, la fonética clínica. Seguidamente, explora los modelos de producción de habla determinantes para comprender perspectivas anatomistas y funcionales frente a la explicación de un trastorno específico del habla. Este apartado interactúa de manera consecutiva con el mecanismo fisiológico de la producción del habla, que desde la función típica o “normal” permite la comprensión de los fenómenos atípicos derivados de una etiología clínica puntual. Teniendo

claro los mecanismos para la producción del habla, se continúa la ruta teórica en relación con la caracterización de las consonantes que interesan al estudio, las obstruyentes oclusivas sordas en su dimensión acústica y articulatoria.

Este capítulo termina con la presentación del marco de referencia de la EP explicándose puntualmente el mecanismo neurológico de la enfermedad, la causa del deterioro progresivo en el habla y aquellas manifestaciones acústica con sus respectivos correlatos fisiológicos.

### **3.1. La lingüística clínica**

#### ***3.1.1. Contexto histórico***

Los antecedentes para la declaración de la lingüística clínica como un área de aplicación del estudio formal de la lengua presentan hitos históricos que respaldan su accionar y orientan sus objetivos hacia sucesos reales definidos, delimitados y con acciones integradoras de detección, evaluación, diagnóstico y resolución.

El interés por las relaciones anatomofisiológicas del cerebro con los fenómenos lingüísticos datan en papiros egipcios desde 2800 a. C. con descripciones quirúrgicas que relacionan el daño cerebral con los trastornos en el habla. Con el tiempo, autores griegos exploran la relación entre lenguaje y cuidado del cuerpo. Hipócrates expresó la relación entre trauma craneal y ausencia de habla; así como, la relación entre los síntomas de la voz y la respiración: “la ronquera es la modificación de la voz, que el pueblo conoce por la denominación de habla parda y estoposa” (Montes y Blanco, 1828, pág. 134)

Hacia el siglo XVIII se reconoce la relación objetiva entre mente y cerebro, y se establece entonces la relación de las áreas corticales con las funciones dicotómicas del lenguaje, la producción y la comprensión. Esta nueva visión, permitió que, en el siglo XIX, la medicina, desde

sus fundamentos anatomofisiológicos y neurológicos, caracterizara las funciones mentales superiores, entre ellas el lenguaje (Fernández, 1998; Garayzábal-Heinze, 2009).

Con el tiempo, otras descripciones médicas empiezan a asociar la pérdida de la memoria para las palabras o las anomias posteriores a una enfermedad o trauma, utilizándose la palabra *aphono* para indicar la pérdida de producción verbal y en la medida del tiempo se determinan mejores acercamientos médicos y lingüísticos para la consolidación diagnóstica de fenómenos propios de las afasias, alalias y afonías (Caplan, 1987; Hauser et al., 2010).

Las anormalidades presentadas en la producción y comprensión del lenguaje abandonan su rol de síntoma y se empieza la indagación por el trastorno del habla como una patología propiamente dicha, con componentes intrínsecos que requieren de descripciones profundas en el levantamiento de perfiles lingüísticos como herramienta de precisión diagnóstica y elaboración de técnicas de intervención (Fernández et al., 2002; Fernández, 1998; Fernández Pérez, 2006).

La lingüística clínica fue incluida como ámbito de la lingüística aplicada al reconocerse la necesidad de explicar lingüísticamente comportamientos expresivos y comprensivos derivados de situaciones clínicas claras. La Tabla 5 caracteriza su reconocimiento como área de aplicación con diversas denominaciones:

**Tabla 5.**

*Los desórdenes del habla y el lenguaje, un ámbito de la lingüística aplicada*

<i>Referencia</i>	<i>Denominación</i>
Bugarsky (1987)	Terapia del habla
Cook & Seidlhofer (1995)	Terapia del habla
Fernández (1996)	Lingüística clínica
Davies (1999)	Patologías del habla

Con base en las diferentes denominaciones, Perkins (2011) Perkins & Howard (1995) plantearon las diferencias de roles asumidos desde la lingüística clínica y la terapia del habla (ver Tabla 6)

**Tabla 6.**

*Lingüística clínica y terapia del habla*

<i>Lingüística clínica</i>	<i>Terapia de habla</i>
Se centra en el estudio de los componentes del lenguaje en relación con un diagnóstico clínico claro.	Se centra en la caracterización clínica de los signos y síntomas lingüísticos.
Subdisciplina de la lingüística aplicada que nace aproximadamente hace 35 años.	Área de la salud reconocida como profesión hace aproximadamente 60 años.
Manejo de recursos teóricos y metodológicos que permiten la descripción de un fenómeno lingüístico.	Aplicación de protocolos de evaluación y técnicas de intervención para el abordaje del fenómeno lingüístico atípico. Entrenamiento interdisciplinar en patologías del habla y lenguaje, ciencias biomédicas, psicología, lingüística, educación y práctica clínica.
Metodología basada en el manejo de los datos lingüísticos. ( <i>data driven</i> )	Metodología basada en el manejo clínico del paciente o persona. ( <i>data client</i> )

Elaboración propia

**3.1.2. Definición**

El reconocimiento oficial de este campo de aplicación lingüística se da hacia 1972, durante el desarrollo de marcos de referencia para el entrenamiento de planes de tratamiento y enfoques rehabilitativos en la formación de terapeutas del lenguaje; en este contexto, surge el texto *Clinical Linguistic* que desarrolla la primera definición, la cual fue reelaborada por su autor, Crystal en 1984: «the application of the theories, methods and findings of linguistics (including phonetics) to

the study of those situations where language handicaps are diagnosed and treated» (Crystal, 1984, pág. 30).

Perkins y Howard (1995) plantean la definición en concordancia con Crystal:

- Es la aplicación de la lingüística teórica y descriptiva en la patología del habla y del lenguaje, y su tratamiento.
- Es la aplicación de la teoría, métodos y hallazgos para el estudio de situaciones de discapacidad del lenguaje y la orientación del diagnóstico.

Gracias al reconocimiento del ámbito clínico como campo de acción, se declaran los objetivos de estudio estos son (Crystal, 1984; Crystal, 1986; Ferguson y Thomson, 2008; Perkins et al., 2008):

- Clarificar el metalenguaje y los fenómenos lingüísticos que constituyen la consolidación de un diagnóstico.
- Describir los datos lingüísticos o conductas verbales de las personas con algún tipo de déficit, basados en modelos de producción y comprensión del lenguaje que oriente el punto de partida de lo típico o atípico.
- Entender el rol de la lingüística como la conexión del diagnóstico médico y las áreas rehabilitadoras de la comunicación.
- Clasificar los comportamientos lingüísticos para el desarrollo de diagnósticos diferenciales.
- Proporcionar al terapeuta un conjunto de principios sistemáticos que le permita actuar con mayor seguridad durante la evaluación del comportamiento lingüístico del sujeto, priorizar objetivos y orientar/diseñar las estrategias de intervención (Gallardo y Moreno, 2010; Gallardo y Valles, 2008)

### ***3.1.3. Enfoques metodológicos***

Bryant et al. (2016); Ferguson y Thomson (2008); Garayzábal-Heinze (2009) caracterizan la vinculación de los métodos cuantitativos y cualitativos. En la orientación cuantitativa, es indispensable la determinación de la muestra investigativa en concordancia con la prevalencia del diagnóstico explorado, la naturaleza y la tipología del dato.

La naturaleza de los datos tiene en cuenta información como:

- *El carácter primario o secundario de la alteración lingüística*: consiste en la determinación del fenómeno lingüístico como diagnóstico exclusivo (dislalia, afasia infantil adquirida) o como parte de una manifestación clínica más importante (déficit cognitivo, síndrome de down, EP, entre otras.)
- *Causas del trastorno*: causas orgánicas, funcionales, neurológicas, idiopáticas.
- *Proceso afectado*: adquisición del lenguaje, comprensión del lenguaje o producción del lenguaje.
- *Dificultades lingüísticas específicas de los niveles de análisis lingüístico*: fonético, morfológico, sintáctico, semántico, pragmático.

Las condiciones diagnósticas y su exploración lingüística posibilitan, según los objetivos del investigador, interactuar con variables como edad, sexo, nivel socioeconómico, nivel educativo, procedencia del hablante y exposición a situaciones de bilingüismos. En lo que tiene que ver con el análisis de los trastornos del habla y la exploración fonética es primordial el análisis de un corpus que se consolide por medio de subetapas encargadas de la transcripción, el etiquetado del corpus, la organización de los perfiles lingüísticos de los casos y la clasificación o taxonomía de los rasgos lingüísticos diferenciales para la creación de posibles diagnósticos de base lingüística (Locke, 1983; Heselwood y Howard, 2008).

Algunas metodologías cualitativas son consideradas como enfoques complementarios que confirman información clínica a partir de la observación no participante con la persona diagnosticada, utilizándose técnicas como entrevistas semiestructuradas, conversaciones, y juego de roles (Brinton y Fujiki, 2003).

#### ***3.1.4. Alteraciones del habla y del lenguaje***

Los desórdenes o alteraciones de la función comunicativa, hacia la década de los 80, determinan dos tipos de facetas. *La faceta motora o acústico-articulatoria* que contempla alteraciones del habla por afectación clínica, funcional o anatómica del sistema articulatorio (alteraciones del habla); y *la faceta cognitiva y lingüística* que contempla la organización y conocimiento fonológico para dar paso a construcciones lingüísticas de alta complejidad tanto en el contenido léxico, gramatical y de ordenamiento sintáctico (alteraciones del lenguaje) (Costa et al., 2012; Crystal, 1986; 2011).

En esta propuesta de clasificación concuerda Pavez (1998), que describe la dicotomía entre alteración del lenguaje y alteración del habla. Las alteraciones del lenguaje son definidas como:

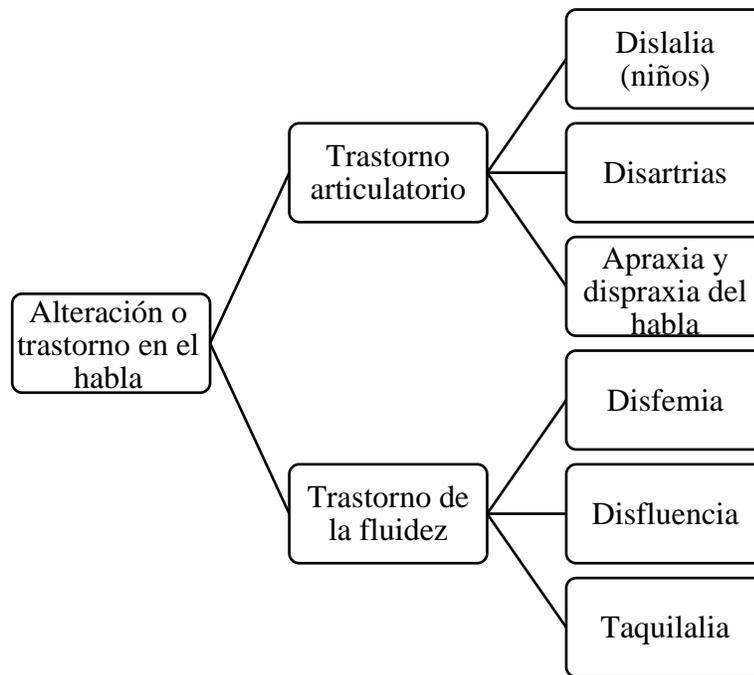
las limitaciones morfosintácticas, fonológicas (y no fonéticas, que corresponden al "habla") y semánticas que se evidencian en la expresión y la comprensión del lenguaje. Respecto a esto último, es conocido que los trastornos que afectan la expresión verbal no implican necesariamente problemas en la comprensión verbal; en cambio las alteraciones en la comprensión verbal sí coexisten con claras dificultades expresivas (pág. 957).

Las alteraciones del habla (Figura 3), por su parte, corresponden a dificultades en la producción de los sonidos articulados y la fluidez con que se expresan; se pueden desarrollar diferentes alteraciones según la causa. En el caso de este estudio, interesa principalmente la

disartria, una alteración de etiología neurológica que afecta la producción del habla y la ejecución fina y compleja en la producción de segmentos consonánticos y vocálicos.

**Figura 3.**

*Alteraciones o trastornos del habla*



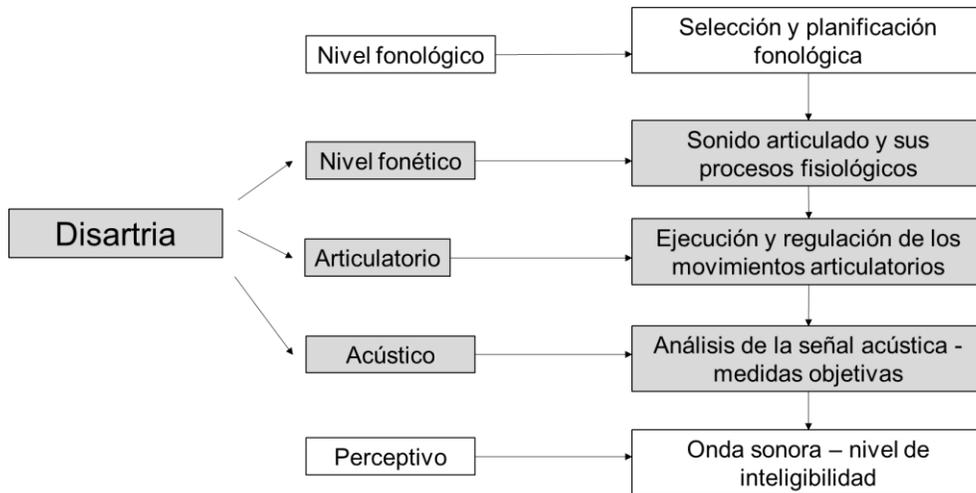
Adaptado de (Pavez, 1998, pág. 957)

En el ámbito de la lingüística clínica, los estudios fonéticos son mayoritarios, así lo registra la revista *Clinical Linguistics and phonetics*. De 362 artículos publicados en 15 años de existencia el 67% correspondió a investigaciones en temáticas fonéticas (Crystal, 2002). La prevalencia investigativa de estos estudios fonéticos corresponde a patologías como la afasia, seguida de la apraxia de habla, la disartria, la hipoacusia, la disfemia y por último la fisura labio palatina. Igualmente, se registró que los estudios lingüísticos clínicos han sido orientados de manera importante a la descripción de los fenómenos presentes en la población infantil (60%), mientras que en menor proporción a la población adulta (40%).

En el caso de la disartria (Figura 4) frecuentemente los estudios refieren normalidad en aspectos como la selección, la planificación y la programación fonológica, mientras que los niveles fonéticos se encuentran alterados por una pérdida del control motor para hacer efectiva la realización motora del fonema.

**Figura 4.**

*Comportamiento fonético de la disartria*



Adaptado de (Kent & Kim, 2008, pág. 19)

### 3.2. Fonética clínica

La fonética clínica es considerada como la aplicación de los contenidos teóricos y metodológicos de la fonética para la descripción y el análisis de los fenómenos lingüísticos atípicos o de los desórdenes del habla por una condición clínica clara. La fonética clínica presenta tres campos de aplicación, en concordancia con las ramas de estudio de la fonética en general (Duckworth y Ball, 1996; Kent, 1996; Kent y Kim, 2008; Ziegler y Staiger, 2016):

- *Percepción del habla:* se encarga del estudio de las respuestas perceptuales de los sonidos del habla por medio de mecanismos sensoriales y neurobiológicos. La exploración perceptiva comprende la interpretación de la onda sonora tanto en el sistema auditivo como

el cerebro; esta área de la fonética desarrolla diseños experimentales que dan respuesta a evaluaciones sobre el estado de la percepción desde enfoques psicolingüísticos y psicoacústicos.

- *Producción del habla:* en su índole articulatoria, explora los desórdenes del habla y sus mecanismos fisiológicos y la disposición de los órganos fonoarticuladores para ejecutarlos. Se caracteriza por desarrollarse en metodologías de índole descriptiva y por el uso de técnicas instrumentales para la observación y la determinación de los movimientos articulatorios de labios, lengua y paladar.

La utilización de instrumentos ha permitido caracterizar los movimientos linguales con respecto al contacto con estructuras óseas. Esta área de estudio involucra equipos como el palatógrafo, el aerómetro, el articulómetro, el electromiógrafo, entre otros.

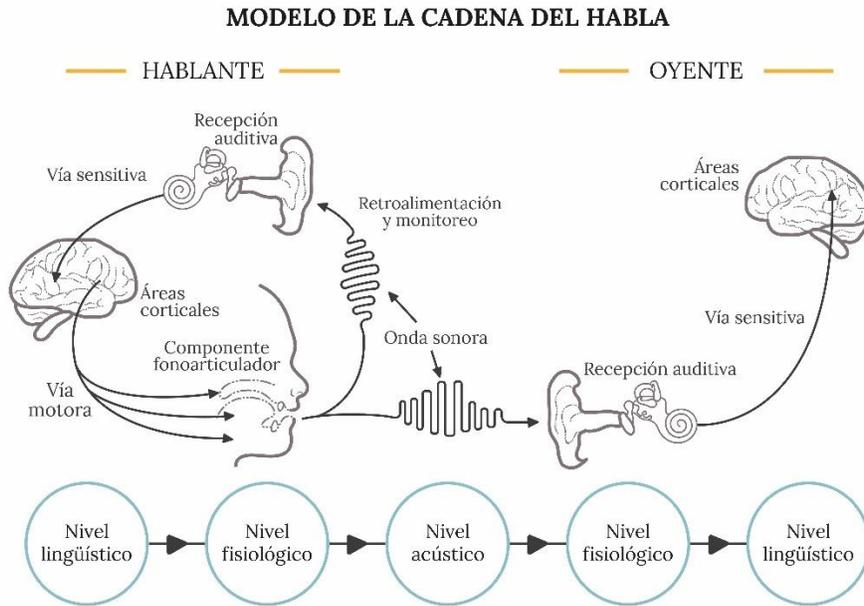
En su índole acústica, se centra en la descripción y análisis de los parámetros físicos de los sonidos del habla desde un punto de vista de producción como de percepción. Los estudios acústicos se circunscriben a métodos instrumentales objetivos y de medición que permiten la definición de parámetros y su correspondencia lingüística y fisiológica.

- *Aspectos de adquisición fonológica:* centra sus objetivos de estudio en aspectos relacionados con la fonología natural o del desarrollo, por tanto, el planteamiento de teorías de la adquisición fonológica y los marcos comparativos entre infantes y adultos. Esta área permite la parametrización de los fenómenos normales fonéticos y fonológicos; y la consolidación de esquemas de desarrollo atípicos tanto en los segmentos de producción como en la caracterización y uso de las reglas que operan internamente en una cadena hablada.

Denes y Pinson (1963) plantea un esquema que representa los mecanismos acústico-articulatorios y perceptivos presentes en la cadena fonética o del habla. (Figura 5).

**Figura 5.**

*La Cadena fonética o del habla*



Adaptado de (Denes y Pinson 1963, p. 5)

La cadena de habla o también conocida como cadena fonética comprende una fase inicial donde el hablante concibe lo que quiere decir y establece una formulación lingüística con la selección de palabras, el lugar y las reglas gramaticales y de significación (nivel lingüístico); seguido, la forma lingüística se establece a partir de comandos motores que garantizan el movimiento muscular que se necesite (nivel fisiológico). Cuando los sistemas efectores realizan el movimiento se produce una señal acústica (nivel acústico) que provoca simultáneamente la activación de la función auditiva y nerviosa, se transforma entonces, una onda sonora en una onda electroquímica en el cerebro del hablante y el oyente (nivel perceptivo). Finalmente, el cerebro interpreta los impulsos nerviosos como un mensaje en una forma lingüística e inicia su nuevo ciclo como hablante (nivel lingüístico).

La señal acústica define el contexto de estudio entre la producción del habla y la percepción del habla, siendo la producción del habla el producto de la señal (outputs); mientras que la percepción es el inicio de los inputs que ayudarán al conocimiento fonético y fonológico de una lengua.

### ***3.2.1. La fonética instrumental***

La fonética instrumental, también conocida como fonética dinámica (Trask, 2004), consiste en la implementación de un enfoque instrumental que permite medir la actividad del articulador durante el habla mediante estudios miodinámicos y aerodinámicos. Los resultados objetivos de las mediciones directas facilitan la identificación motora de los articuladores y el comportamiento del flujo de aire en el tracto vocal. Igualmente aporta precisiones en la caracterización de anomalías articulatorias, así como la progresión del tratamiento. (Gibbon, 2008; Hardcastle, 1996; Ziegler y Hartmann, 1996).

La fonética instrumental facilita una retroalimentación visual, acústica y fisiológica. La utilización de estas técnicas debe cumplir positivamente con requisitos como no ser técnicas invasivas, la utilización de instrumentos que no representen peligro para el hablante, la ausencia de interferencia en el habla y el uso de técnicas que proporcionen datos relevantes del habla desde lo fonético y lo clínico.

Los métodos o técnicas se dividen en indirectas y directas. Las técnicas indirectas permiten el desarrollo de inferencias objetivas a partir de un producto como la señal acústica. Mientras que los métodos directos proporcionan información con respecto a la estructura y la función derivada de la observación articulada (Awan, 2008; Whitehill & Lee, 2008).

Las siguientes son algunas técnicas más utilizadas dentro de la fonética clínica e instrumental.

### 3.2.1.1. Técnicas de movimientos articulatorios

- *Electroglotografía*: utilizado en la fonética articulatoria para registrar el movimiento de la vibración de los pliegues vocales, también es conocido como glotógrafo. Para esto se dispone un par de electrodos en el cuello, sobre el cartílago tiroideos.
- *Electroquimiografía*: utilizado en la fonética articulatoria, registra los cambios de la corriente de aire por vía nasal y oral; como resultado, se registra el volumen y la velocidad del aire, así como la proporción de salida por cavidades nasal y oral.
- *Electropalatografía*: técnica que cuenta con la disposición de 62 sensores en el paladar y registra los contactos entre la lengua y el paladar durante el habla (Figura 6). Su implementación permite la exploración en fonemas linguo-alveolares oclusivos, linguo-alveolares fricativos y vocales altas. Algunos reportes explican que es considerada una técnica costosa, invasiva, con interferencia en el mecanismo natural del habla, y con limitaciones en la investigación de fonema bilabiales y vocálicos (Gibbon, 2008).

**Figura 6.**

*Electropalatógrafo*

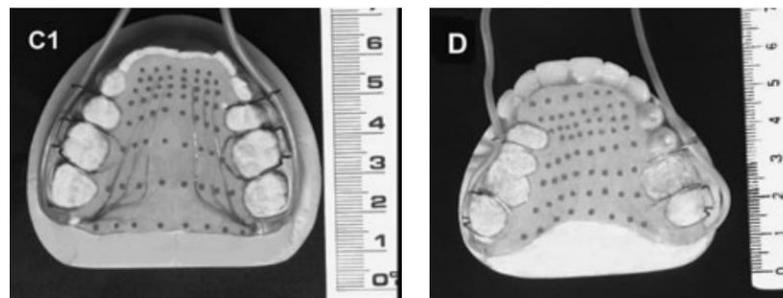


Figura tomada de (Gibbon, 2008)

- *Rayos X*: Técnica que captura imágenes del tracto vocal, incluidos los movimientos de lengua y labios en contraste con estructuras óseas como paladar duro y mandíbula, así como

la actividad del velo del paladar. Como una de sus potenciales limitaciones es la prevalente vista lateral que minimiza la descripción de las partes funcionales linguales como el ápice o el dorso. Esta técnica representa un factor de riesgo para el hablante por la exposición a rayos X sin una necesidad médica específica.

### **3.2.1.2. Técnicas de análisis neurofisiológico**

*Electromiografía:* técnica que registra la contracción muscular durante el habla. Se dispone una serie de electrodos en puntos claves del tracto vocal y se determinan factores de fuerza, contracción y tono muscular.

### **3.2.1.3. Técnicas de análisis acústico: espectrografía, análisis de la forma de la onda**

El análisis acústico es uno de los enfoques de estudio más utilizados, debido a que la señal acústica es el puente para la comprensión de la producción del habla y la percepción del habla. El análisis acústico informa sobre lo que los hablantes dicen y lo que los oyentes escuchan a partir de la señal generada, con tendencias metodológicas hacia el análisis cuantitativo y la descripción objetiva del habla (Kent y Kim, 2008).

Toda señal de habla en su descripción acústica tiene en cuenta el dominio del tiempo y la frecuencia con la exploración de parámetros como los formantes vocálicos, la frecuencia fundamental y el tiempo de duración de cada uno de los segmentos. Las medidas acústicas con aplicabilidad en el ámbito clínico (ver Tabla 7) deben cumplir con dos objetivos fundamentales: mostrar su aplicabilidad en diversos rangos de severidad de la conducta diagnóstica y representar las medidas relevantes y funcionalmente significativas que describan al trastorno del habla (Ball y Local, 1996; Ball y Code, 1997). Por lo general los datos acústicos se relacionan con características o interpretaciones fonéticas y fisiológicas (Kent y Kim, 2008)

**Tabla 7.**

*Parámetros para el análisis acústico de patologías en el habla*

<i>Parámetros fisiológicos</i>	<i>Medida acústica sugerida</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición matemática</i>
Fonación	f0	Onda simple de frecuencia más baja. Fisiológicamente, representa la presencia de vibración de los pliegues vocales.	
	Shimmer	Medición del grado de perturbación en amplitud de una señal de voz.	$shimmer\%{}^7 = \frac{100}{N \cdot Ma} \sum_{k=1}^N  A(k) - Ma $
	Jitter	Medición del grado de perturbación en la frecuencia de una señal de voz.	$jitter\%{}^8 = \frac{100}{N \cdot Mf} \sum_{k=1}^N  F0(k) - Mf $
	HNR	Cuantificación de la cantidad de ruido aditivo en la señal de voz.	$HNR^9 = \log_2 \frac{E_k}{E_r}$
Función del tracto vocal para la articulación de las vocales	Valores F1, F2	Zonas espectrales de alta concentración de energía en las cavidades de resonancia. F1 se relaciona con abertura mandibular y F2 con posición anterior o posterior de lengua.	
	VSA	Parámetro que cuantifica la reducción de la amplitud de los movimientos orales durante la articulación del habla (caracterización vocálica).	$\frac{ F1i(F2a - F2u) + F1a(F2u - F2i) + F1u(F2i - F2a) }{2}$
Función del tracto vocal- articulación de consonantes	Características acústico espectrográficas en la dimensión del tiempo, la frecuencia y la amplitud. Se presentan características espectrales para cada grupo de consonantes		

<sup>7</sup> N. Número de captura en el espectro. Ma. Máximo valor de amplitud. A(k) amplitud en la k captura.

<sup>8</sup> N. Número de captura en el espectro. Mf. Máximo valor de f0. f0 (k) Frecuencia en la k captura

<sup>9</sup> Ek. Energía armónica de la señal de voz. Er. Energía del ruido existente en la banda de frecuencia normalizada.

Coordinación de la actividad laríngea y supralaríngea	Voice onset time (VOT).	Tiempo de inicio de la voz.	Intervalo de tiempo entre la barra de explosión y el inicio de la vocal (ms).
Control temporal del habla	VOT ratio	Tiempo de inicio de la voz.	Número de segmentos del VOT producido por segundos.

Basado en Kent y Kim (2008) Novotny et al. (2014) Orozco-Arroyave (2018)

### 3.3. Mecanismo para la producción de habla

Para la comprensión de los mecanismos generales de la producción del habla y sus posibles desórdenes, existen diversas orientaciones, entre ellas las de índole psicolingüística y neurolingüística. La orientación psicolingüística plantea, de manera general, dos enfoques de abordaje: *el enfoque modular* que sistematiza los procesos por vías secuenciales, interdependientes y con jerarquía en los procesos; y *el enfoque interactivo* que promueve la interacción multidireccional de los componentes del lenguaje (Berko y Bernstein, 2000; Carmona et al., 1992; Chico y García, 1991; Cuetos et al., 2015)

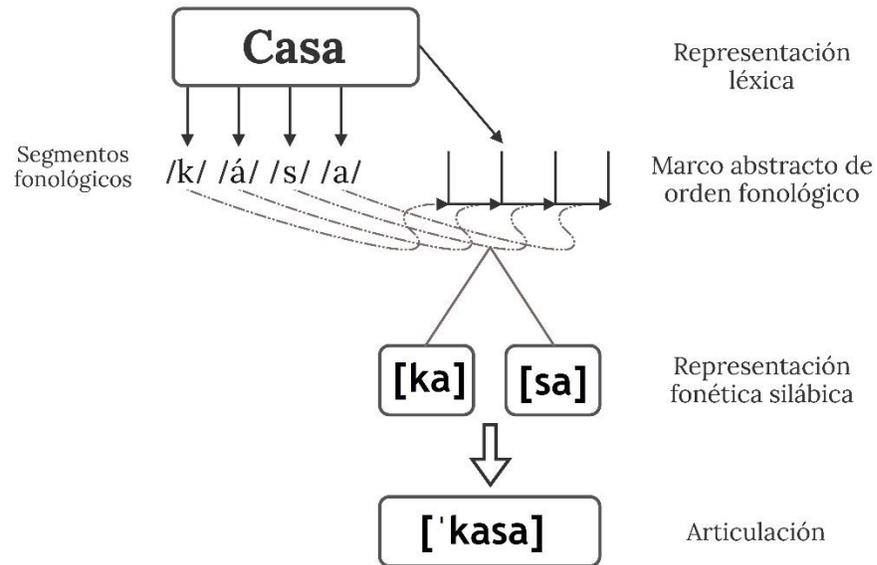
El enfoque modular consiste en un conjunto de modelos que explican los procesos cognitivos como módulos de dominio específico, de funcionamiento obligatorio ante estímulos adecuados, y de acción rápida y automática. Fromkin (1973) explica el ámbito de la producción discursiva en seis etapas que contemplan la generación de significado, la generación de estructuras sintácticas, la generación de perfiles de entonación, la selección léxica, la aplicación de reglas de pronunciación, y la generación de órdenes motoras del habla, mediante la proyección de los rasgos fonéticos en los comandos que correspondan. Tent y Clark (1980) plantean la producción del habla en el mismo sentido, resaltando tres etapas fundamentales, el nivel conceptual, el nivel oracional o de formulación y el nivel fonético articulatorio.

En el enfoque interactivo, a diferencia del modular, se proponen activaciones simultáneas o multiprocesos en paralelo. Stemberger (1990) comprende el sistema lingüístico como una red organizada de unidades conectadas entre sí que permiten una relación con la interacción constante entre niveles de conceptualización, formulación y producción. Los mecanismos de codificación para la producción del habla requieren de la constitución de la idea a expresar respaldada por la memoria semántica; posteriormente, la activación recíproca y cíclica de unidades semánticas y pragmáticas que, en forma de cláusulas o fragmentos lingüísticos, dan paso a la constitución de los procesos sintácticos y léxicos que predisponen la activación de los niveles eferentes para la codificación motora.

La Figura 7 representa la estructura de las representaciones fonéticas y fonológicas que requieren del reconocimiento de la información segmental de la palabra a producir, esto tiene que ver con la organización lógica y secuencial de cada uno de los sonidos y sus espacios dentro de la cadena hablada, y la representación silábica fonética hasta constituir el acto motor en el accionar articulatorio. De manera específica, una disartria representa su sintomatología en el acto motor, pues los procesos de planificación, integración lógica y secuencial de cada uno de los segmentos se suponen preservados. Es así como la disartria es considerada un trastorno motor del habla con sintomatología fonética segmental y suprasegmental que ocupa dimensiones fonatorias, articulatorias y prosódicas.

**Figura 7.**

*Estructura de las representaciones fonológicas y fonéticas.*

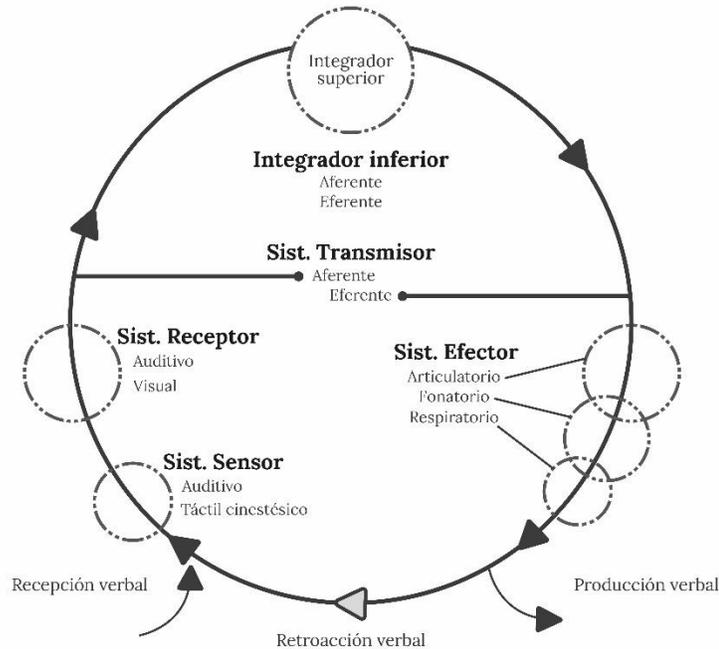


Adaptado de (Costa et al., 2012)

La orientación neurolingüística se centra en la explicación de los canales de entrada y salida de la información desde un enfoque biológico y psicofísico. El sistema de habla de Mysak (1979) plantea mecanismos y relevos neuroanatómicos que posibilitan el habla como acto motor (ver Figura 8). Es un modelo que basa su descripción en fases aferentes y eferentes.

**Figura 8.**

*Sistema del habla de Mysak*



Adaptado de (Mysak, 1979)

Este sistema considera la etapa aferente (perceptiva), como una etapa sensitiva y de transmisión, que permite el procesamiento de los estímulos del medio externo mediante los órganos de los sentidos, las vías de transmisión nerviosa y el sistema reticular ascendente que selecciona la información relevante para ser procesada. Terminada la etapa aferente, inicia el procesamiento central (comprensión y formulación), en el cual las áreas corticales lingüísticas procesan la información sensorial y formulan e integran el mensaje mediante mecanismos como la melodía cinética efectuada en áreas motoras cerebrales (áreas 44,45). Este proceso termina en la etapa eferente (respuesta y control motor) que coordina y organiza la información nerviosa mediante relevos subcorticales y de transmisión nerviosa eferente, ocasionándose la inervación

muscular, y por tanto el control del movimiento de los sistemas efectores del habla: respiración, articulación, fonación y resonancia.

El proceso de producción del habla no termina en los mecanismos de control motor del habla. Mysak declara el sistema como un sistema cíclico que logra retroalimentación, seguimiento y monitorización de lo dicho a partir del *feedback cocleo-recurrential*, entendido como el relevo sensorial y perceptivo para el desarrollo de correcciones articulatorias, aclaración de las ideas, reorganizaciones sintácticas o replanteamientos léxicos del mensaje.

En concordancia con el modelo de Mysak, se reconocen modelos complejos como el de (Nation y Aram, 1984) que plantean no solo un enfoque neurobiológico, sino que reconoce la importancia del contexto ambiental multidimensional (aspectos sensoriales, socioculturales y familiares) tanto en los componentes de entrada (inputs) como en los componentes de salida (outputs).

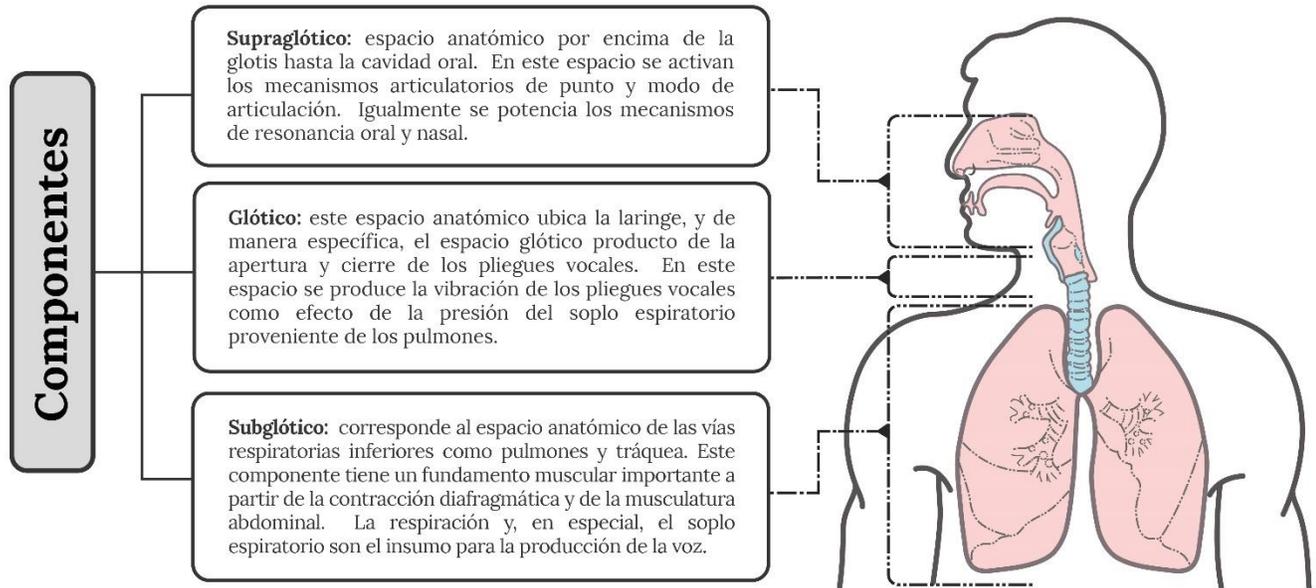
### **3.4. Mecanismo fisiológico del habla**

El habla es un proceso que fisiológicamente se desarrolla mediante tres componentes anatómicos fundamentales. La denominación de estos componentes toma como punto de referencia la ubicación de la glotis en la laringe (ver Figura 9)

- El componente infraglótico o subglótico.
- El componente glótico o laríngeo propiamente dicho.
- El componente supraglótico.

**Figura 9.**

*Componentes anatómicos del habla*



Elaboración propia

Durante la producción del habla, la respiración es el mecanismo base para la producción del sonido, ya que gracias al soplo espiratorio es posible la formación de la constricción en el espacio glótico, y por tanto, la vibración de los pliegues vocales (Dickson y Maue-Dickson, 1982; Stevens, 1998). Posteriormente, se inicia la modulación y precisión articulatoria en la zona supralaríngea donde se ubican los órganos articulares y las cavidades de resonancia.

Ladefoged y Johnson (2011), por su parte, explican que la producción del habla está mediada por cuatro procesos fundamentales:

- Proceso de la corriente del aire o respiratorio.
- Proceso fonatorio.
- Proceso articulatorio.

- Proceso oro nasal.

### ***3.4.1. Proceso respiratorio – Componente subglótico***

El mecanismo respiratorio lo componen estructuras como los pulmones, los bronquios y la tráquea. Los movimientos respiratorios son controlados por fuerzas ascendentes y descendentes provocados por la musculatura diafragmática y abdominal que expanden y contraen la cavidad torácica. Catford (1994) establece esta etapa subglótica como el componente de iniciación del habla en la cual la función pulmonar determina el impulso del soplo espiratorio, y a su vez, la presión glótica y velar según las características del fonema a articular.

El sistema respiratorio provee de energía a la producción del habla (Massone y Borzone de Manrique, 1985) manifestándose en el movimiento de la corriente de aire y la presión o constricción sobre las estructuras laríngeas. La influencia acústica de la corriente del aire permite la determinación de características acústico-perceptuales relacionadas con la intensidad de la voz, la frecuencia fundamental ( $f_0$ ), el acento, y el tiempo máximo fonatorio (TMF).

Dell (1977) expone la función pulmonar como el parámetro fisiológico de inicio de la palabra articulada. Los pulmones expulsan el aire por medio de mecanismos espiratorios ayudados por la fuerza costal diafragmática, así el aire viaja por la tráquea hasta incorporarse en la primera obstrucción del aire en la laringe. El paso del aire en esta región hace contacto con los pliegues vocales, produciéndose un efecto de vibración – sonido, que posteriormente pasa a través de la faringe y según la realización del fonema será prevalentemente oral o prevalentemente nasal.

### ***3.4.2. Proceso fonatorio – Componente glótico***

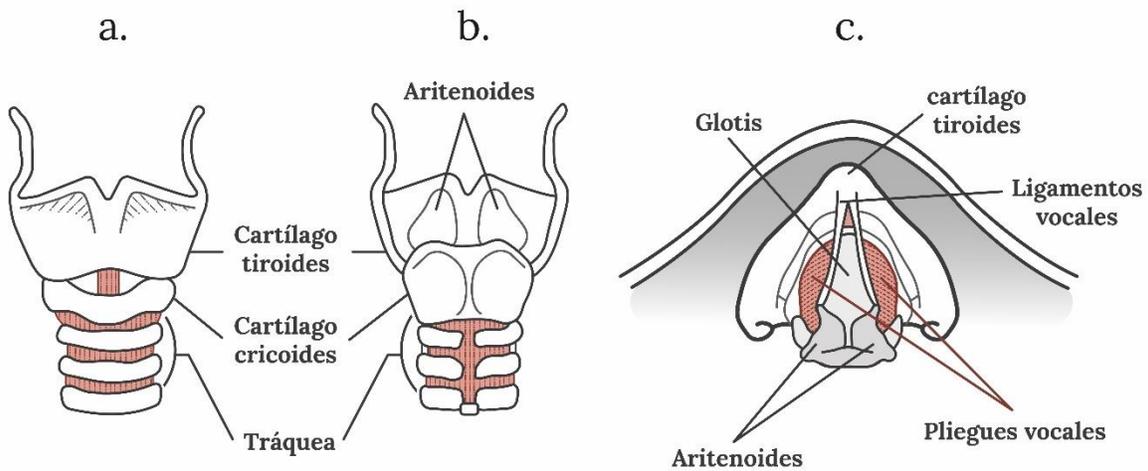
La laringe, específicamente los pliegues vocales, son la estructura generadora de la producción del tono fundamental como fuente primaria de sonido. La laringe es una estructura cartilaginosa

provista de músculos y membranas que soportan la función por medio de los movimientos de abducción y aducción de los pliegues durante acciones como hablar, respirar, deglutir y proteger la vía respiratoria (ver Figura 10).

El proceso fonatorio consiste en la vibración de los pliegues vocales con el paso del soplo espiratorio proveniente de la tráquea; esta fuente de aire es interrumpida al pasar por la glotis originándose una excitación acústica que proporciona los rasgos de sonoridad de algunos fonemas. Catford (1994) O'Connor (1980) y Stevens (1998) lo caracterizan como la etapa de fonación, en donde el soplo espiratorio proveniente de la fase subglótica, asciende a estructuras laríngeas propiamente dichas e interactúan con la mecánica vibratoria de los pliegues, convirtiéndose en un soplo fonatorio de rasgos sordo o sonoro (ver Figura 11).

**Figura 10.**

*Descripción anatómica de la laringe<sup>10</sup>*

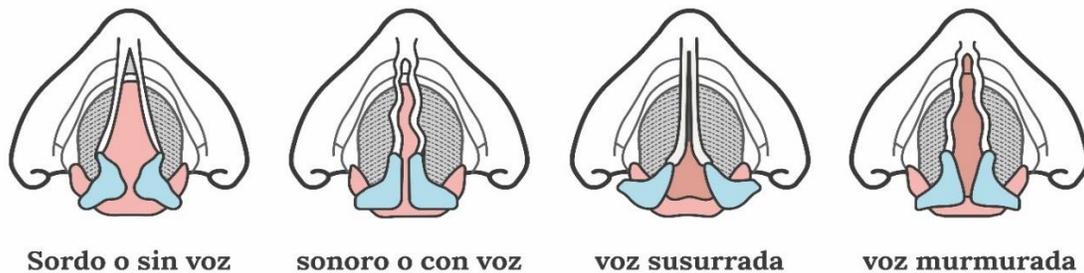


Basado en (Dobrovolsky y Katamba, 2011, pág. 20)

<sup>10</sup> Esta figura representa las estructuras anatomofisiológicas que constituyen los segmentos subglóticos y glóticos. En la figura A. se observa la cara anterior de la laringe cuyo segmento subglótico está compuesto por la parte superior de la tráquea, el cartílago cricoides y la membrana cricotiroides. En la figura B. se observa la parte posterior de la laringe, específicamente la porción aritenoides que soporta el movimiento de aducción y abducción de los pliegues vocales. En la figura C. se presenta una proyección superior de la laringe con una vista directa del espacio glótico (glotis) y de las porciones laterales de los pliegues vocales.

## Figura 11.

### *Descripción de la función glótica<sup>11</sup>*



Basado en (Dobrovolsky & Katamba, 2011) (p.21)

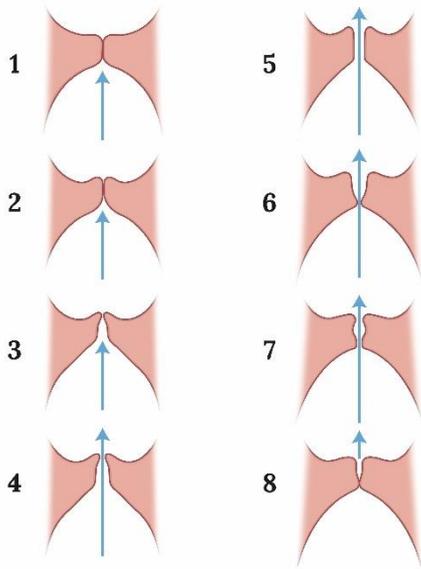
La función fonatoria se sustenta en la teoría aerodinámica-mioelástica (Van Den Berg, 1958) que explica que la voz es el producto de la fusión entre el fundamento mioelástico que describe el comportamiento y la elasticidad de los tejidos de los músculos, ligamentos y mucosas laríngeas; y el fundamento aerodinámico del soplo espiratorio como una fuerza constante proveniente del componente subglótico (Figura 12).

---

<sup>11</sup> La producción del rasgo sordo indica la ausencia de la vibración de los pliegues vocales, por tanto, el sostenimiento de una postura en abducción constante; mientras que el rasgo sonoro indica la presencia de la vibración de pliegues vocales, es decir, una postura en aducción durante la producción. Otras modalidades como la voz susurrada se refieren a una vibración sin completa aducción de pliegue vocal con prevalente abducción en parte posterior, por tanto, salida de aire. Y la voz murmurada constituye la presencia de vibración de los pliegues vocales con voz entrecortada y leve salida de aire en la porción media del espacio glótico.

**Figura 12.**

*Acción aerodinámica-mioelástica*



- El ciclo vibratorio inicia en la aducción de los pliegues vocales (1,2) esta postura de cierre se separa paulatinamente por la presión subglótica (3,4)
- El paso del soplo espiratorio provoca la abducción (5) pero la elasticidad de los pliegues vocales promueve el desplazamiento hacia línea media, esto hace que el espacio glótico disminuya y aumente la presión subglótica (6,7)
- Posteriormente se genera una aducción completa, lo que provoca una vibración con un número determinado de repeticiones por segundo, dando origen a la frecuencia fundamental (8) (Gordon, 2018)

Massone y Borzone de Manrique (1985) lo explican de la siguiente manera: “La vibración de las cuerdas vocales está determinada por la interacción entre las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre la superficie libre de las mismas, y las fuerzas mioelásticas que se generan dentro de los tejidos” (pág. 25).

### ***3.4.3. Proceso articulatorio – Componente supraglótico***

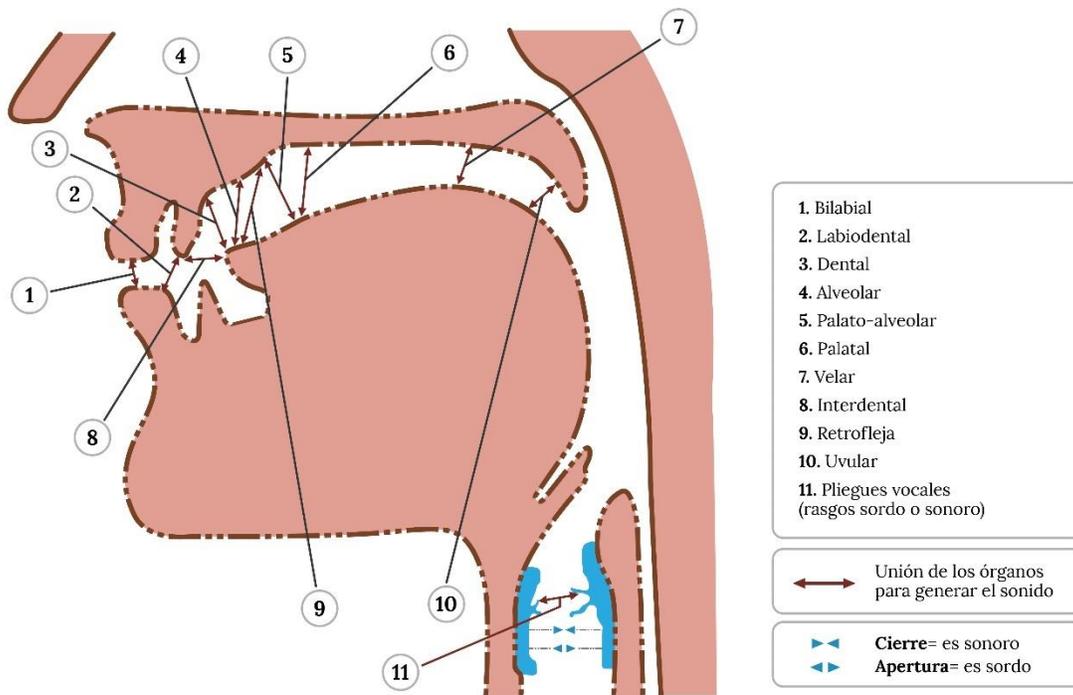
Este proceso está representado anatómicamente por los órganos fonoarticuladores los cuales poseen una alta movilidad que origina el gesto articulador requerido para el habla. La fase articulatoria (Catford, 1994; Ladefoged y Johnson, 2011; Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007; O’Connor, 1980) inicia con el soplo fonatorio proveniente de la glotis, este se modifica por

la movilidad de las estructuras supralaríngeas que esbozan motrizmente al fonema y por la manera en que se libera la presión supraglótica.

La clasificación articulatoria de los sonidos del lenguaje se determina por el *lugar de articulación* entendido como el contacto entre estructuras orales para la obstrucción o constricción del soplo en la cavidad oral (Figura 13). Y *el modo de articulación* que consiste en la descripción de la modificación de la corriente del aire producto de la movilidad de los articuladores (Crystal, 2011; Dell, 1977; Ladefoged y Johnson, 2011; Quilis, 1993).

**Figura 13.**

*Órganos articulatorios y puntos de contacto durante el habla*

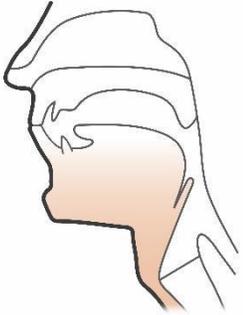
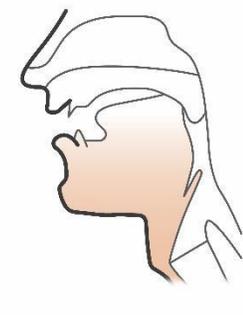


Elaboración propia

De manera específica, las consonantes obstruyentes oclusivas sordas caracterizan las orientaciones de punto articulatorio y modo articulatorio de la siguiente manera (ver Tabla 8):

**Tabla 8.**

*Consonantes obstruyentes oclusivas sordas (COOS)*

<i>Punto de articulación</i>	<i>Esquema</i>	<i>Modo de articulación</i>	<i>Sonoridad</i>
<p><i>Bilabial /p/:</i>                      producido con los labios cerrados o casi cerrados (Catford, 1994). Hecho con los dos labios (Crystal, 2011; P. Ladefoged y Johnson, 2011).</p>		<p><i>Oclusivo/obstruyente:</i>                      Cierre completo de los articuladores implicados para que la corriente de aire no pueda escapar de la boca. Los oclusivos orales presentan un cierre articulado en la boca con el velo del paladar bloqueando la salida nasal. (Crystal, 2002; P.</p>	<p><i>Sordo:</i>                      sonido articulado sin vibración de los pliegues vocales.</p>
<p><i>Dentales /t/:</i> punta de lengua contra dientes incisivos superiores (Crystal, 2011; Ladefoged, 1996; Trask, 2004).</p>		<p>Ladefoged y Johnson, 2011; Martínez Celdrán, 2013; Trask, 2004).</p>	
<p><i>Velares /k/:</i>                      articulación de parte posterior de la lengua contra velo del paladar. Fonemas pronunciados con el dorso lingual en contacto con velo.</p>			

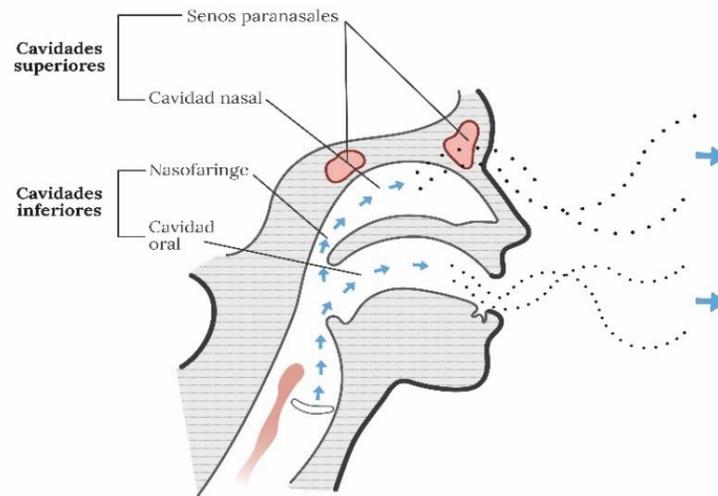
Elaboración propia

#### 3.4.4. Proceso oronasal

Fase determinada por la función del velo del paladar y la característica de resonancia nasal u oral. En la resonancia nasal el velo del paladar ocluye la cavidad oral y el soplo fonatorio se proyecta por la nasofaringe (ver Figura 14). Por el contrario, los sonidos orales requieren de una función velar de ascenso y oclusión de la cavidad nasal dejando espacio libre en la cavidad oral para la producción vocálica y consonántica. (Crystal, 2011; Ladefoged y Johnson, 2011; Stevens, 1998).

#### Figura 14.

*Representación gráfica de la resonancia oral y nasal*



Basado en (Greene, 1975)

### 3.5. Consonantes obstruyentes oclusivas sordas del español

En el español existen seis consonantes oclusivas: sordas p, t, k; y sonoras b, d, g. Estas se oponen tanto por el criterio de sonoridad o disposición laríngea como por el criterio de lugar de articulación, es decir, bilabiales (p, b), dentales (t, d) y velares (k, g) (Llorach, 1991; Quilis, 1993; Navarro Tomás, 1990). Los fonemas sonoros tienen una realización oclusiva pura en la pausa, posición inicial de palabra y en adyacencia con consonantes nasales. En otros contextos, los

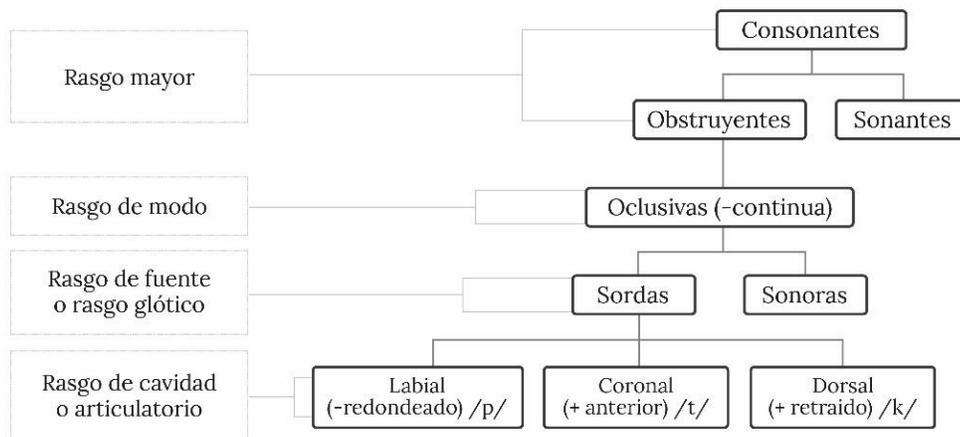
oclusivos sonoros se establecen como sonidos fricativos de resonancia baja (Quilis, 1981), espirados o aproximantes (Martínez Celdrán, 1991).

La fonología generativa (Núñez-Cedeño et al., 2014) proponen una descripción articulatoria de los rasgos que componen la realización de las consonantes, teniendo en cuenta rasgos distintivos y fases de articulación (ver Figura 15).

- El rasgo mayor distingue las generalidades básicas del sonido articulado entre una consonante obstruyente o resonante.
- El rasgo de modo caracteriza las modificaciones de la corriente del aire con una clasificación entre oclusivas, fricativas y africadas.
- El rasgo de fuente o glotal orienta la clasificación según el comportamiento glótico con presencia o ausencia de vibración.
- El rasgo de cavidad o articulatorio especifica los puntos de contacto articulatorio de los fonemas teniendo en cuenta rasgos labiales, coronales y dorsales.

**Figura 15.**

*Rasgos distintivos de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas del español*



Elaboración propia

Este grupo consonántico se constituye de tres o momentos acústico-articulatorios (ver Tabla 9 y Figura 16):

- *Fase de intensión* definida como la fase implosiva que corresponde al cierre de la cavidad bucal (Catford, 1994; Schubiger, 1990). Es la fase de organización y adaptación del gesto articulatorio, entre el órgano activo y el punto de articulación (Martínez Celdrán, 2013) dicha fase podría presentarse como ausente cuando le precede un sonido de las mismas características articulatorias, por ejemplo, en la secuencia /mp/ en la palabra *tiempo*, por lo cual el gesto articulatorio ya queda predeterminado.

Gili Gaya (1978) y Quilis (1993) sostienen que la fase implosiva logra ser notoria desde la vocal o el sonido precedente ya sea por cambio de punto articulatorio o como vestigio de la transición vocálica.

- *La fase de tensión* se define como la posición sostenida de la oclusión (Schubiger, 1990) provocada por el aumento de aire y presión en la cavidad oral que produce una sobrecarga sostenida. Para Martínez Celdrán (2013) es el momento en el que los órganos fonoarticuladores entran en contacto sostenido obstruyéndose el paso del aire proveniente de la región glótica, esta obstrucción incrementa la presión intraoral. Algunos autores (Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007; Ladefoged y Johnson, 2011) advierten que dicha fase siempre estará presente en la producción de sonidos oclusivos y facilitará la identificación de los mismos.
- *La fase de distensión* también llamada fase explosiva, se refiere al momento en que la presión de la cavidad bucal vence la tensión del cierre y sale el aire (Martínez Celdrán, 2013; Quilis, 1993; Ladefoged y Johnson, 2011). En ocasiones, esta fase puede

establecerse como ausente o difusa en casos de oclusivas concurrentes [pp], de esta manera la explosión de la primera oclusiva será la implosión de la segunda consonante.

Por su parte, en las concurrencias como [kt] la tensión de ambas consonantes coexiste produciéndose una superposición de las fases explosivas-implosivas (Catford, 1994; Ladefoged y Johnson, 2011; Martínez Celadrán, 1998; Quilis, 1993). Martínez Celadrán y Fernández Planas (2007) concluyen que este fenómeno está relacionado con la velocidad del habla, así, a mayor velocidad del habla, mayor probabilidad de superposición articulatoria y a menor velocidad, mejor diferenciación articulatoria de las fases.

La fase de relajación de la oclusión articulatoriamente implica una separación entre el órgano activo y el punto de articulación. Cabe aclarar que estos contactos de presión están directamente relacionados con la proporción del área, por lo cual, entre más pequeña sea el área o superficie de contacto la relajación será más rápida, pero si la superficie es amplia la relajación se tornará lenta.

**Tabla 9.**

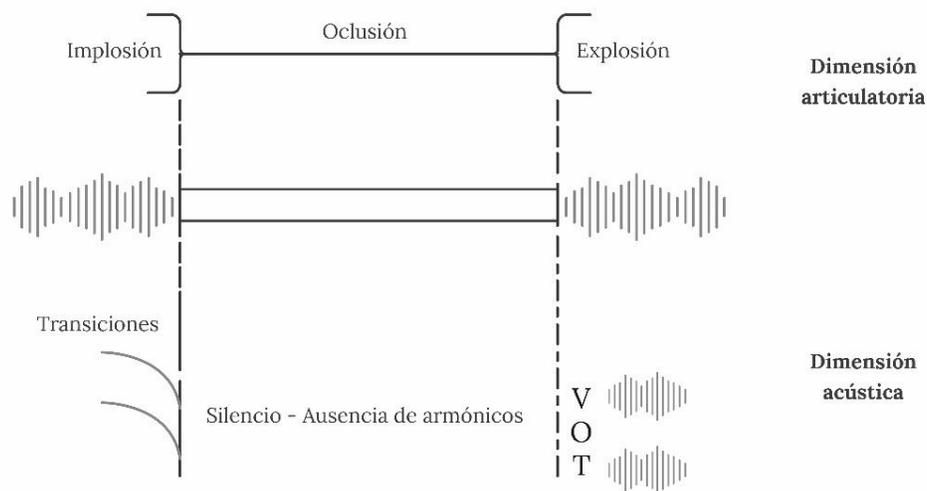
*Fases acústico-articulatorias de las consonantes obstruyentes*

<i>Fases</i>	<i>Dimensión articulatoria</i>	<i>Dimensión acústica</i>	<i>Dimensión perceptual</i>
Fase intensiva o implosiva	Gesto articulatorio	Estructuras formánticas de las transiciones vocálicas en VCV	
Fase tensiva o sostenida	Punto de contacto entre el órgano activo y el punto de articulación	La duración de la tensión determina la categoría de la oclusiva entre tensa y	Silencio sostenido

laxa (Martínez Celdrán, 2013)			
Fase distensiva o explosiva	Separación de puntos de contacto, liberación de la presión supraglótica	La barra de explosión	Fase de explosión audible
Elaboración propia			

**Figura 16.**

*Representación de la dimensión acústica y articuladora de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas*



Adaptado de (Machuca Ayuso, 1998, pág. 47)

### 3.5.1. Caracterización de la dimensión articulatoria

A la denominación de este grupo consonántico se le atribuyen clasificaciones como oclusivo, obstruyente o explosivo, diferencias nominales que describen el efecto acústico y articulatorio durante la producción.

- *Explosivas*: es característico de este grupo consonántico el momento más audible, es decir el de la explosión momentánea producto de la sobrepresión oral liberada (argumento perceptual) (Borzone, 1980; Gili Gaya, 1978; Quilis, 1993).
- *Oclusivas*: la definición se orienta por la característica de cierre con aumento de la presión oral (Catford, 1994; Gili Gaya, 1978; Martínez Celdrán, 2013). Gili Gaya (1978) enfatiza en el cierre bucal, Catford (1994) y Martínez Celdrán (2013) enfatizan en la ausencia de sonido y el mantenimiento de la tensión. (argumento articulatorio y acústico).
- *Obstruyentes*: describe la existencia de un factor de obstrucción o interrupción de la corriente de aire proveniente de la glotis. El término obstruyente permite pensarse la posibilidad descriptiva de valores aproximantes o aspirados según su aparición en la producción evaluada (argumento articulatorio, acústico y categorial) (Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007).

Autores como Martínez Celdrán (2013), Crystal (2011) Jakobson, Fant, y Halle (1953) Quilis (1993) referencian que las consonantes oclusivas para su categorización requieren necesariamente del contraste entre rasgo tenso y rasgo laxo, características de habitual coincidencia en la determinación de rasgo de sonoridad o sordez (ver Tabla 10 y Tabla 11).

Algunas de las distinciones planteadas se establecen como:

**Tabla 10.**

*Algunas diferencias entre consonantes oclusivas sordas y sonoras*

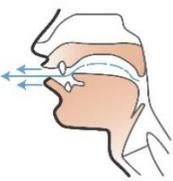
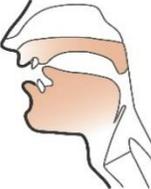
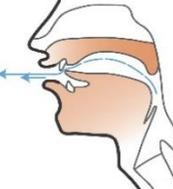
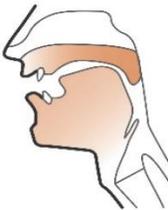
<i>Consonantes oclusivas sordas</i>	<i>Consonantes oclusivas sonoras</i>
Rasgo tenso. La tensión se estima entre 93,01 ms (Martínez Celdrán, 1998)	Rasgo laxo. La tensión de 54, 45 ms (Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007)
En posición intervocálica se establece un acortamiento de la vocal y consonantes nasales precedentes, aumentándose el tiempo de tensión de la oclusiva.	Alargamiento de vocal y nasal precedente abreviándose la duración de la oclusiva.
Silencio o fase tensiva más larga (Borzzone, 1980)	
Presión intraoral alta. Mayor expulsión de aire.	Presión intraoral baja.
Aumento de la tensión muscular en los puntos de contacto.	Disminución de la tensión muscular en el lugar de articulación.
Postura de abducción de los pliegues vocales.	Postura de aducción de pliegues vocales.

Elaboración propia

Sobre las consonantes oclusivas sordas, Navarro Tomás (1990) declaró una frecuencia de aparición en el español del 3,06% en /p/ 4,82% en /t/ y /k/ en el 4,23%. Y Quilis (1993) plantea una frecuencia de aparición alrededor de /p/ 2,7%, /t/ 4,5 % y /k/ 3,9%.

**Tabla 11.**

*Caracterización de la fase articulatoria en las COOS*

<i>/p/ Obstruyente sorda bilabial</i>	Fase de intensión	Fase de tensión	Fase de distensión
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La lengua permanece plana dentro de la boca. Se da la aproximación de los articuladores (intensión).</li> <li>2. Se origina la elevación del velo del paladar para la resonancia oral.</li> <li>3. Se aumenta de la presión intraoral generada por la oclusión del velo y los labios (fase tensiva).</li> <li>4. Se da la expulsión del aire en forma de explosión (fase distensiva o explosiva).</li> <li>5. La glotis permanece en abducción.</li> </ol>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La punta de la lengua asciende para establecer contacto con la cara palatina de los incisivos superiores y el reborde alveolar superior (fase intensiva).</li> <li>2. Se eleva el velo del paladar para promover la resonancia oral.</li> <li>3. Se aumenta la presión oral generada por la oclusión del velo y el contacto del ápex lingual -dientes (fase tensiva).</li> <li>4. Se genera la explosión con salida de aire (fase intensiva o explosiva).</li> <li>5. Glotis permanece en abducción.</li> </ol>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La parte posterior de la lengua se eleva para entrar en contacto con la porción anterior del velo del paladar.</li> <li>2. El velo se mantiene ascendido para dirigir la resonancia oral.</li> <li>3. Se aumenta la presión oral generada por la oclusión del velo y el contacto de la parte posterior lingual con la porción anterior del velo.</li> <li>4. Se genera la expulsión del aire en forma de explosión.</li> <li>5. Glotis permanece en abducción.</li> </ol>			

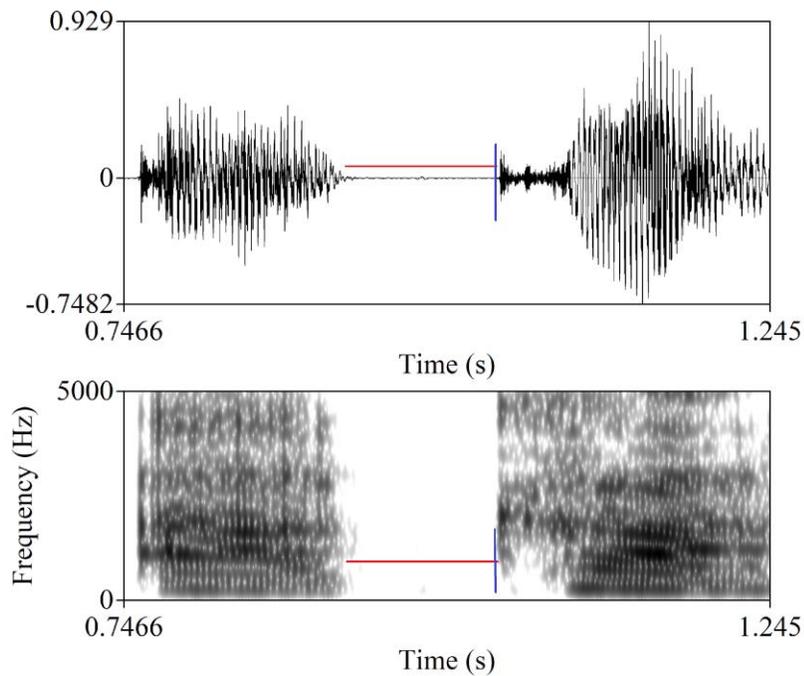
Elaboración propia

### 3.5.2. Caracterización de la dimensión acústica

Las fases de las COOS se representan acústicamente de la siguiente manera:

**Figura 17.**

*Espectrograma [aká]<sup>12</sup>*



Las características acústicas de las COOS exploran los contactos articulatorios establecidos en forma de cierre, apertura o estrechamiento (Borzzone, 1980). Teniendo en cuenta lo anterior, la intensidad, la tensión y la distensión o explosión guardan una correspondencia en el plano acústico con representaciones en la dispersión final de las estructuras formánticas de la vocal adyacente, la

---

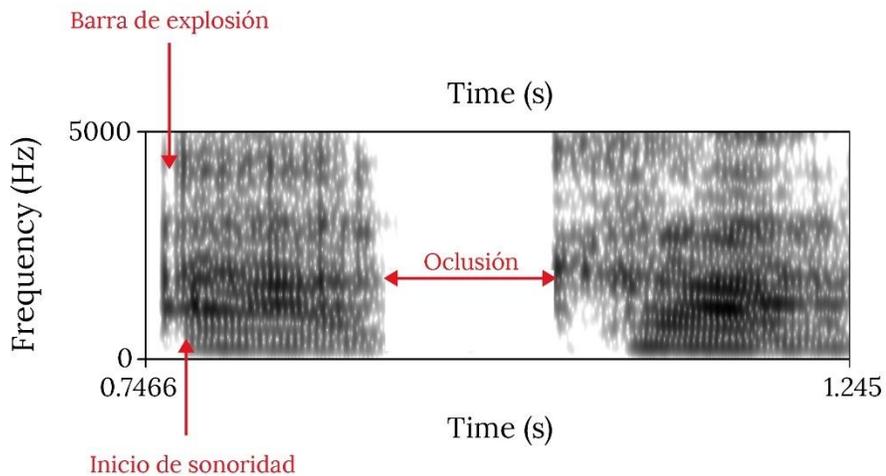
<sup>12</sup> En esta señal de habla se muestra la sílaba intervocálica [aká] donde la línea roja define la fase intensiva-tensiva constituida por el gesto articulador velar (incluyendo mínimas estructuras formánticas de la vocal antecedente) y la oclusión sostenida (silencio), es decir el tiempo de tensión. La línea azul representa la fase de explosión o distensión que da lugar a la liberación de la presión supraglótica (barra de explosión).

ausencia de energía o silencio que representa la fase de oclusión sostenida y la barra de explosión que establece relación del VOT con respecto al inicio de la sonoridad de la vocal siguiente.

Siguiendo a Lisker y Abramson (1964) las características acústicas de este grupo de consonantes están determinadas, según el análisis espectrográfico, por el silencio u oclusión, la barra de explosión y el VOT. Por su parte Martínez Celdrán (2007) y Hayward (2000) declaran las propiedades acústicas de las obstruyentes por medio del rasgo de sonoridad (acción de los pliegues vocales), tensión (grado de tensión muscular) y presencia o no de aspiración. En la Figura 18 se establece un reconocimiento espectrográfico de las características acústicas que constituyen la producción de una COOS.

**Figura 18.**

*Identificación espectrográfica de las COOS. Espectrograma /taka/*



Representación de la secuencia /taka/

### 3.5.2.1. La Barra de Explosión o ruido de explosión.

Es considerada como un indicio espectrográfico o pista acústica que orienta la exploración del punto de articulación en la máxima concentración de grises en el espectrograma (Quilis, 1993), de manera general se plantean promedios de realización en sus picos espectrales. Para las consonantes bilabiales el valor es menor a 1000 Hz, para dentales por encima de 2500 Hz hasta un máximo de 3450 Hz; y fonemas velares entre 1000 y 3000 Hz según la vocal adyacente (ver Tabla 12).

Jackobson et al. (1953) explican la importancia de la caracterización de la barra de explosión y la distribución de energía para explorar el concepto de punto de articulación, esta información requiere complementarse con la información fonética contextual de la explosión, por lo cual, la zona de máxima concentración de energía orientará la localización de los formantes de las vocales precedentes. Esta relación complementaria, algunos la definen como dependiente por el proceso de coarticulación de la consonante y la vocal, pero a la vez, se establece como independiente, ya que no es un rasgo exclusivo para la identificación de consonantes oclusivas (Machuca Ayuso, 1998; Poch, 1984).

La configuración espectral de la barra de explosión se define para bilabiales como difusa decreciente o difusa y plana, para fonemas dentales y alveolares como difusa creciente, y para fonemas velares como compacta (Blumstein y Stevens, 1979).

#### **Tabla 12.**

*Valores de los picos espectrales o puntos de máxima concentración de energía*

<i>Referencia</i>	<i>/p/</i>	<i>/t/</i>	<i>/k/</i>
(Martínez Celdrán, 2013)	Menor a 1000	2500-3450	1000 /o-u/ 3000 /i-e/

(Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007)	620	Por encima de 2500	1500 en adelante
(Jacobson et al., 1953)	500-1500	Por encima de 4000	1500-4000
(Asensi et al., 1998)	Hombres 451 Mujeres 619	Hombres 5535 Mujeres 6268	Hombre 1794 Mujeres 1939
(Borzzone, 1980)	500-1500	2500-3500	1500-3000

\*valores en Herzt (Hz)

### 3.5.2.2. Silencio

Hace parte de la característica espectrográfica que corresponden a la fase tensiva en la que se incrementa la presión oral, específicamente en el punto de contacto de los órganos articuladores. El silencio o fase oclusiva o tensiva logra su medición bajo variables distribucionales que corresponden a la posición interna de la palabra y pueden variar según la velocidad del habla (Catford, 1994; Martínez Celdrán, 2013).

La unidad de medida que representa esta característica acústica y espectrográfica es el milisegundo (ms) (ver Tabla 13). Las relaciones de proporciones se establecen de la siguiente manera: entre mayor duración mayor tensión, por tanto, mayor contracción muscular y permanencia de posición oclusiva entre los puntos de contacto articulatorio.

#### Tabla 13.

*Promedios de duración del silencio o fase de tensión en las consonantes obstruyentes del español*

<i>Referencia</i>	<i>Sordas</i>	<i>Sonoras</i>
	93,01	54,45

(Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007)		
(Martínez Celdrán, 1998)	70-140	20-70
(Borzone, 1980)	80	50
(Machuca Ayuso, 1998)	/p/: 15,3 /t/: 15,62 /k/:21,86	
(Asensi et al., 1998)	/p/: 4,8-6,4 /t/: 6,2-7,8 /k/: 12,9-15,5	
(Villamizar, 2002)	/p/: 48,72 /t/:52,38 /k/:55,97	/b/:25,73 /d/:31,64 /g/:33,65

\*valores en milisegundos (ms)

### 3.5.2.3. Sonoridad

La característica acústica de sonoridad es el resultado de un mecanismo fisiológico desarrollado en el espacio glótico, donde el matiz glotal viene determinado por la acción y postura de los pliegues vocales durante la producción consonántica. Es así, como la participación de los pliegues vocales en un patrón postural de abducción es indicador de ausencia de vibración, por tanto, un matiz glotal sordo o sonoridad ausente. Por el contrario, la participación de pliegues vocales en aducción sostenida indica presencia de vibración. Jakobson et al. (1953) y Schubiger (1990) afirman que las consonantes sordas presentan oscilaciones aperiódicas que no están basadas en un sonido armónico, mientras que una consonante sonora presenta armónicos y permite la determinación del tono o frecuencia fundamental.

El *voice onset time* se declara un parámetro efectivo para la distinción de los rasgos de sonoridad entre consonantes oclusivas sordas (valores positivos) y sonoras (valores negativos), así como un rasgo que caracteriza el punto de articulación. Se determina entonces la siguiente relación para las COOS: a mayor duración de VOT el punto de articulación será posterior, y a menor duración del VOT, el punto de articulación será anterior.

### 3.5.2.3.1. *Voice onset time (VOT)*

Lisker y Abramson (1964) propusieron el VOT como una medida acústica que se vincula a la relación temporal entre el momento de la liberación de la oclusión y el inicio de las pulsaciones glotales. Así, las oclusivas sonoras tienen presencia de vibración glotal durante el cierre o barra de explosión, esto quiere decir, existencia de armónicos de baja frecuencia. Mientras que las oclusivas sordas están caracterizadas por la barra de explosión con ausencia de vibración. Existen tres condiciones de producción de dichos fonemas en la sílaba directa (Tabla 14).

**Tabla 14.**

*Descripción acústica de las consonantes oclusivas obstruyentes*

<b>Sílaba Inicial</b>	<b>Espectrograma</b>	<b>Tipo de Oclusiva</b>
	Voz o vibración antes de la explosión.	Sonora no aspirada
CV	Voz o vibración justo después de la explosión.	Sorda no aspirada
	Voz o vibración mucho después de la explosión.	Sorda y aspirada

Adaptado de Abramson & Whalen (2017)

Lisker y Abramson (1964) son precisos en su definición del VOT; así, lo refieren como la diferencia de tiempo entre la realización de la constricción u obstrucción oral de la producción de la oclusiva y el inicio de la vibración de los pliegues, con un valor representado en milisegundos.

El VOT puede estar afectado por aspectos de índole lingüístico y aspectos de índole no lingüístico (ver Tabla 15). Los primeros hacen referencia a la influencia del punto de articulación, contextos vocálicos adyacentes y la velocidad del habla; mientras que los aspectos no lingüísticos

corresponden a variables como la edad, el sexo y las características fisiológicas del hablante (Yao, 2007; 2009).

**Tabla 15.**

*Aspectos lingüísticos y no lingüísticos que influyen en el VOT*

<b>Aspectos lingüísticos</b>		
<i>Referencia</i>	<i>Aspecto</i>	<i>Explicación</i>
(Castañeda Vicente, 1986; Cho y Ladefoged, 1999; Jakobson et al., 1953; Klatt, 1975; Lisker y Abramsson, 1964; Martínez Celdrán, 2013)	Punto de articulación	El VOT incrementa cuando el punto de articulación es posterior y se disminuye cuando el punto articulatorio es anterior.
(Baum y Ryan, 1993; Blumstein y Stevens, 1979; Tjaden et al., 2005)	Velocidad del habla	El aumento de la velocidad del habla ha reportado acortamiento del VOT. Esto se relaciona con las tareas lingüísticas evaluadas, es así como en las tareas de habla controlada, el VOT reporta mayor duración que en tareas de habla espontánea.
(Forrest et al., 1989; Koenig, 2000; Lisker y Abramsson, 1964; Yao, 2007; 2009)	Contexto vocálico	Se reporta VOT aumentado ante vocales altas y VOT disminuido ante vocales abiertas y bajas. Igualmente, influencia de la acentuación de la vocal.
<b>Aspectos no lingüísticos</b>		
<i>Referencia</i>	<i>Aspecto</i>	<i>Explicación</i>
(Koenig, 2000; Poch, 1984; Ryalls et al., 1997; Troya, 2005)	Sexo	Parámetro de VOT es superior en mujeres que en hombres, se sugiere una hipótesis de

		diferencias anatomofisiológicas al igual que factores sociofonéticos relacionados con la velocidad del habla.
(Hoit et al., 1993; Ryalls et al., 2004)	Edad	En algunas investigaciones se sugiere en adultos mayores parámetros de VOT disminuidos con afectación a la duración silábica. Se relaciona con condiciones fisiológicas de la capacidad respiratoria y producción de posibles aspiraciones.
(Baum y Ryan, 1993; Hoit et al., 1993; Logemann et al., 1978; Ryalls et al., 1997)	Aspectos fisiológicos-patología del habla	No se establece diferencias en la medición del VOT en patologías de habla, Logemann, Fisher, Boshes, & Blonsky (1978) refieren características invariables en la EP. Otros enfoques lo consideran un parámetro importante en la caracterización de patología motoras del habla y su relación con el volumen pulmonar.

Basado en Yao (2009)

### 3.5.3.2. Correlatos fisiológicos que afectan el VOT

El VOT puede modificarse por aspectos fisiológicos en 3 condiciones: la modificación de la presión explicada por las leyes aerodinámicas, la velocidad del movimiento articulatorio y las características de densidad y masa del órgano articulador (Cho y Ladefoged, 1999)

- 1- *Leyes aerodinámicas*: las variaciones del VOT pueden estar influenciadas por el tamaño de cavidad supraglótica. Tomando como referencia la consonante velar oclusiva sorda /k/,

el contacto velar reduce el tamaño de esta cavidad, lo que hace que la presión de la corriente de aire sea alta, retrasándose la iniciación de la vibración del pliegue vocal. Esto explica la duración del VOT aumentada en la medida que el punto articulatorio es más posterior.

- 2- *Movimiento articulatorio*: basado en estudios cineradiográficos, se refiere a que los movimientos de los órganos fonarticuladores son diferentes debido a la masa muscular que lo compone. El ápice lingual presenta un movimiento rápido, el movimiento del labio inferior es intermedio y el movimiento del cuerpo lingual es lento.

Se resalta que el movimiento del dorso lingual y el labio inferior son altamente dependientes del movimiento mandibular, por lo cual desde el punto de vista articulatorio se plantea la hipótesis de disminución de la duración del VOT en consonantes alveolares y dentales con respecto a las bilabiales y velares. Es claro que la dirección de esta hipótesis poco coincide con la prevalencia de resultados acústicos reportados ( $p < t < k$ ).

- 3- *Alcance del contacto articulatorio*: La fase de distensión, es decir, la explosión implica la separación entre el órgano articulador fijo y móvil. Si la superficie de contacto es pequeña la relajación es rápida, pero si la superficie es grande la relajación es lenta. Por tanto, *[p] menor área-menor tiempo; [ɹ] área media- tiempo intermedio; [k] área mayor – tiempo mayor* (Cho y Ladefoged, 1999; Martínez Celdrán, 1998).

### **3.5.3.3 Panorama del VOT en el sistema consonántico hispánico**

Lisker y Abramson (1964) realizaron una investigación interlingüística en 11 idiomas categorizados en tres grupos. El primer grupo estuvo conformado por los idiomas inglés, cantonés, alemán, húngaro, español de Puerto Rico y tamil; el segundo grupo, por coreano, armenio y thai; y, finalmente, el tercer grupo, por hindi y marathi. Metodológicamente, se contó con una muestra de 17 hablantes, quienes ejecutaban tareas referidas a la producción de palabras con sílaba inicial

y consonante oclusiva prevocálica y, además, la producción de dos oraciones con palabras con sílaba prevocálica inicial y no inicial que incita a un registro de habla natural y el desarrollo de un marco comparativo. Como resultado de tal investigación, se plantearon los rasgos mínimos y máximos de realización de VOT por cada idioma evaluado.

Para el interés del presente trabajo, el español de Puerto Rico (Tabla 16) registra el parámetro acústico de VOT así:

**Tabla 16.**

*VOT en el español de Puerto Rico*

<b>Tarea</b>	<b>Indicador</b>	<b>/p/</b>	<b>/t/</b>	<b>/k/</b>
Palabras	Medida (ms)	4	9	29
	Rangos (ms)	0-15	0-15	15-55
Oración con palabra inicial	Medida (ms)	4	7	25
	Rangos (ms)	0-15	0-15	15-55
Oración con palabra no inicial	Medida (ms)	4	8	20
	Rangos (ms)	0-15	0-15	18

Adaptado de Lisker & Abramson (1964)

En el español de Argentina, Borzone de Manrique (1980) estudió este parámetro acústico en torno a las distinciones entre consonantes oclusivas. Consideró como factores determinantes la duración del silencio, el VOT y la intensidad del ruido. Adicionalmente, declaró el parámetro de VOT como una muestra confirmatoria del estado de la sonoridad, es decir, el VOT negativo advierte vibración de pliegues vocales, mientras que, en rangos positivos, advierte rasgo de sordez.

Castañeda (1986) describió el comportamiento de las consonantes oclusivas al evaluar a 10 informantes con una lista de palabras que contenían sílabas iniciales acentuadas y no acentuadas

en una cadena hablada bisilábica. El estudio concluyó que los valores obtenidos para oclusivas sordas eran positivos y para las sonoras, negativos. La revelación de la relación entre el punto articulatorio y VOT reportó que cuanto más posterior es la consonante oclusiva, más prolongado es su valor de realización. Esto es similar teniendo en cuenta la vocal de la sílaba, entre más posterior sea la vocal más se demorará en iniciar la sonoridad. Igualmente, dentro de los resultados se confirmó que en las sílabas átonas la sonoridad comienza más tarde que en las sílabas tónicas.

Poca a poco, con la importancia creciente de los análisis instrumentales acústicos, la caracterización espectrográfica de las consonantes oclusivas precisó nuevos parámetros de exploración. Asensi et al. (1998) afirmaron el interés por caracterizar las cualidades acústicas intrínsecas de las consonantes oclusivas, teniendo en cuenta parámetros como la duración de la barra de explosión, el VOT y la frecuencia en la máxima amplitud en la barra de explosión. Para ello, evaluaron a seis informantes adultos con secuencias bisilábicas, repetidas cuatro veces por cada hablante, esto con el fin de identificar aspectos diferenciales entre la sílaba inicial y la posición intervocálica. Esta investigación confirma, al igual que en otras realizadas en español latinoamericano (Rangel et al., 2016; Villamizar, 2002), la relación entre la duración prolongada del VOT y el punto articulatorio posterior.

En el español chileno, se realizaron precisiones en el parámetro del VOT y se complementó con medidas acústicas adyacentes (Tabla 17). Soto-Barba y Valdivieso (1999) evaluaron a seis informantes masculinos, por medio de la producción de 15 pares mínimos en contexto fonético de sílaba prevocálica precedida de nasal. Las variables acústicas evaluadas y consideradas como rasgos distintivos entre consonantes sordas y sonoras fueron las siguientes: VOT, duración absoluta de consonante, índice relativo de la duración de la sílaba, intensidad de la onda periódica

y velocidad de las transiciones vocálicas. La caracterización acústica registró nuevos parámetros de exploración:

**Tabla 17.**

*Otros parámetros acústicos de las consonantes oclusivas obstruyentes en español*

<b>Variable Acústica</b>	<b>Consonantes /p-t-k/</b>	<b>Consonantes /b-d-g/</b>
VOT	Valores positivos. Relación con zona de articulación (entre más posterior sea el contacto mayor prolongación).	Valores negativos. Relación con zona de articulación (entre más anterior sea el contacto mayor prolongación.)
Duración absoluta	Aumentada	Disminuida
Índice relativo de la duración de la sílaba	La proporción de las consonantes con respecto a la sílaba se mantiene entre 60 mseg a 65mseg	La proporción de la consonante con respecto a la sílaba se mantiene entre 36mseg a 37 mseg.
Intensidad de la onda periódica	Ausencia total de onda periódica	Presencia de onda periódica.
Velocidad de la transición vocálica	Transición hacia formantes 1 y 2 son más lentas	Transición hacia formante 1 y 2 son más rápidas.

Adaptado de Soto-Barba y Valdivieso (1999)

En el estudio desarrollado por Troya (2005), se determinó la importancia de la identificación de la duración media del VOT en relación con variables sociales y fonéticas, concluyéndose que la sonoridad se inicia de manera tardía en la sílaba átona, el VOT disminuye en posición intervocálica, y el VOT se incrementa ante vocales /o/ /u/ /i/, en el sexo femenino y en personas adultas jóvenes. A continuación, se consolidan las duraciones medias del parámetro del VOT en estudios desarrollados en español (Tabla 18 y Figura 19).

**Tabla 18.***Duración media del VOT en español.*

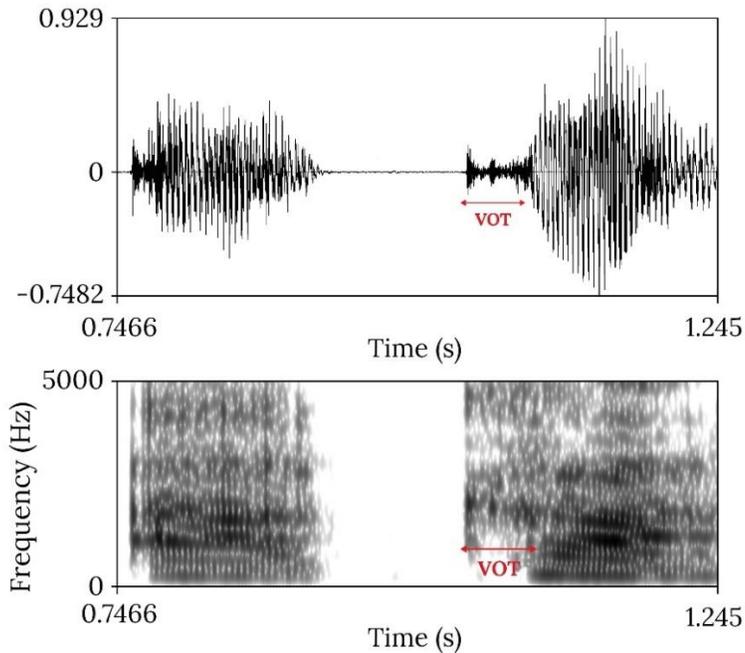
<b>Referencia</b>	<b>/p/</b>	<b>/t/</b>	<b>/k/</b>
Lisker y Abramson (1964)	4	9	29
Borzzone (1980)	10	15	25
Poch (1984)	18	17	32
Castañeda (1986)	6,5	10,4	25,7
Asensi et al. (1998)	14,7	20,2	35,4
Soto-Barba y Valdivieso (1999)	13,2	16,4	30
Troya (2005)	9,8	16,7	28,5

Valores milisegundos (ms)

En el español, Machuca Ayuso (1998) & Poch (1984) declaran las variables que afectan su producción: el punto de articulación, el timbre de la vocal, el acento, el sexo y la velocidad.

**Figura 19.**

*Representación espectrográfica del VOT para las COOS<sup>13</sup>*



Lisker y Abramson (1964), además de declarar el concepto VOT, sugieren la metodología apropiada para su medición, por lo cual, el espectrograma de banda ancha fue el instrumento que orientó sus investigaciones interlingüísticas. Los espectrogramas permiten mostrar la dimensión de tiempo, frecuencia y amplitud, así como su correspondencia con los correlatos fisiológicos.

La medición inicia en la barra de explosión hasta el inicio de la sonoridad de la vocal o comportamiento periódico de la onda (Forrest et al., 1989; Klatt, 1975; Lisker y Abramsson, 1964). Auzou et al. (2000) precisan como punto límite el segundo formante de la vocal siguiente. El

---

<sup>13</sup> En el parámetro VOT el inicio de la vibración se puede orientar por la presencia de formantes vocálicos, la frecuencia fundamental y la periodicidad en el oscilograma.

oscilograma también es considerado como un recurso que calcula el inicio de la consonante sorda hasta la representación espectrográfica de la vocal (Koenig, 2000; Ryalls et al., 1997)

Durante la realización de las mediciones es relevante la determinación de criterios de exclusión que pueden perturbar la selección de la medida como la ausencia de la barra de explosión, estriaciones irregulares, interferencias acústicas y realización incorrecta de las tareas lingüísticas de los hablantes (Fischer y Goberman, 2010; Özsancak et al., 2001).

Como se referenció en el capítulo 1 el VOT es un parámetro acústico del habla relevante en las investigaciones de corte clínico, y su caracterización ha logrado determinar factores clasificadores para habla sana *versus* habla patológica. Su uso se ha implementado en contextos clínicos que se ocupan de diagnósticos médicos como la parálisis supranuclear, la atrofia multisistémica, la córea de Huntington, la EP y la esclerosis lateral amiotrófica; con un hallazgo acústico en común, el aumento del VOT con respecto al grupo control.

De manera específica, la EP caracteriza la disartria hipocinética que incluye múltiples manifestaciones en las dimensiones del habla representadas en fenómenos acústicos como la restricción del VSA, monotonía con disminución en la variabilidad de  $f_0$ , VOT aumentado, aceleraciones inesperadas e imprecisión articulatoria en las consonantes.

### **3.6. Enfermedad de Parkinson**

#### ***3.6.1. Generalidades***

La EP es una enfermedad neurodegenerativa que afecta principalmente el sistema motor por una disfunción en los ganglios basales. Su definición se consolidó hacia 1960 declarándose como una afectación de la vía dopaminérgica nigroestriatal caracterizada por una pérdida o disminución de dopamina que ocasiona manifestaciones clínicas y bioquímicas. Las manifestaciones clínicas

cardinales o sintomatología principal son de tipo exclusivamente motor con signos como aquinesia o bradicinesia, rigidez y temblor; subyacente a esto se establecen otras manifestaciones clínicas secundarias: alteraciones sensoriales, trastorno del sueño, depresión, ansiedad y alteraciones en la función ejecutiva y en los procesos cognitivos como la memoria de trabajo (Colman et al., 2009; Emre et al., 2007; Gelb et al., 1999; Hauser y Flint, 2008; Rodriguez-Oroz et al., 2009)

Los síntomas motores cardinales (Gelb et al., 1999) son la aquinesia o bradicinesia, según sea el caso, que consiste en la reducción de la frecuencia y amplitud del movimiento como la expresión facial (reducción de la gesticulación), y diversos movimientos del cuerpo involucrados en las actividades la vida diaria. La rigidez que consiste en el incremento del tono muscular y reducción de la distensión muscular en movimientos pasivos lo que ocasiona mayor resistencia a praxias de estiramiento por tanto acortamiento y movilidad restringida. Y el temblor que se presenta en un rango de 4 a 6 Hz con prevalencia de índole distal, en la progresión diagnóstica, el temblor se posiciona en zonas axiales que incluyen musculatura mandibular y lingual afectándose funcionalmente el habla y la alimentación (Duffy, 2016).

La EP además de tener sintomatología motora, puede presentar sintomatología de índole cognitivo tanto en etapas iniciales como en la progresión de la enfermedad. El déficit de índole cognitivo se ha relacionado anatómicamente con el deterioro dopaminérgico, serotoninérgico, noradrenérgico y colinérgico; además con una representación variable, tanto en la severidad clínica como en el impacto en las actividades de la vida cotidiana. La caracterización neuropsicológica de este deterioro muestra dificultad en tareas vinculadas a la memoria de trabajo, la atención, la función ejecutiva, el lenguaje y las funciones visoespaciales (Aarsland et al., 2021; Chandler et al., 2021). En el caso del deterioro cognitivo leve, Stennis Watson et al (2010) declara que en etapas tempranas del diagnóstico la sintomatología se centra en tres dominios específicos: el déficit

mnésico, el déficit en la función ejecutiva y el déficit visoespacial. Igualmente, en lo que tiene que ver con la dimensión lingüística declara tres fenómenos contundentes de compromiso progresivo: la fluidez verbal fonémica, la fluidez verbal semántica y la denominación por confrontación visual.

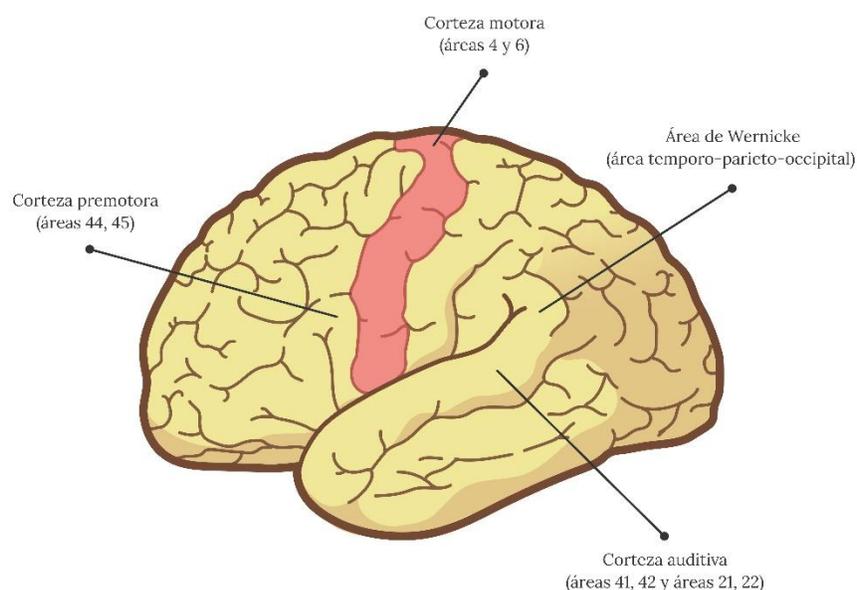
### ***2.6.2. Algunos aspectos fisiopatológicos de la EP***

El cerebro se compone de una serie de estructuras encargadas de codificar y decodificar información proveniente del medio externo. La corteza cerebral para el desarrollo de los actos motores como el habla, realiza una planificación motora y una programación lingüística en las áreas premotoras (44,45) (Cuetos et al., 2015; Marini, 2008; Ortiz Alonso, 1995).

Posteriormente, el proceso viene dado por la corteza motora (área 4) que ordena y desarrolla relevos neurológicos para organizar, coordinar y ajustar la respuesta motriz (ver Figura 20).

### **Figura 20.**

*Cara lateral del hemisferio izquierdo. Corteza motora*



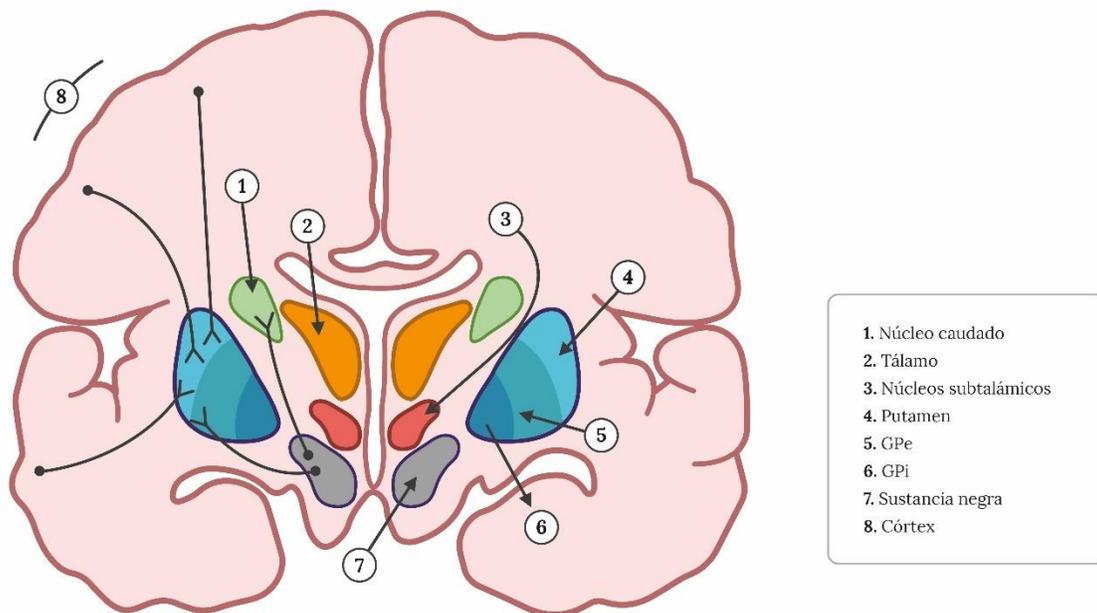
Elaboración propia

En términos globales el cerebro tiene tres sistemas neuroquímicos, uno de índole excitatorio (células glutaminérgicas), uno de índole inhibitorio (células GABAérgicas), y otro de modulación con neurotransmisores como la dopamina, acetilcolina, entre otros.

La corteza cerebral es predominantemente excitatoria, aproximadamente el 70% de las células corresponden a una naturaleza glutaminérgica y el 30% restante GABAérgicas. Para la generación del movimiento se requiere de un equilibrio neuroquímico entre la acción excitatoria e inhibitoria, esta última controlada por los núcleos de la base que se encargan de regular la actividad de la corteza (ver Figura 21) (Bustamante B., 2001; Fauci y Braunwald, 2008; Snell, 2003).

**Figura 21.**

*Núcleos de la base*



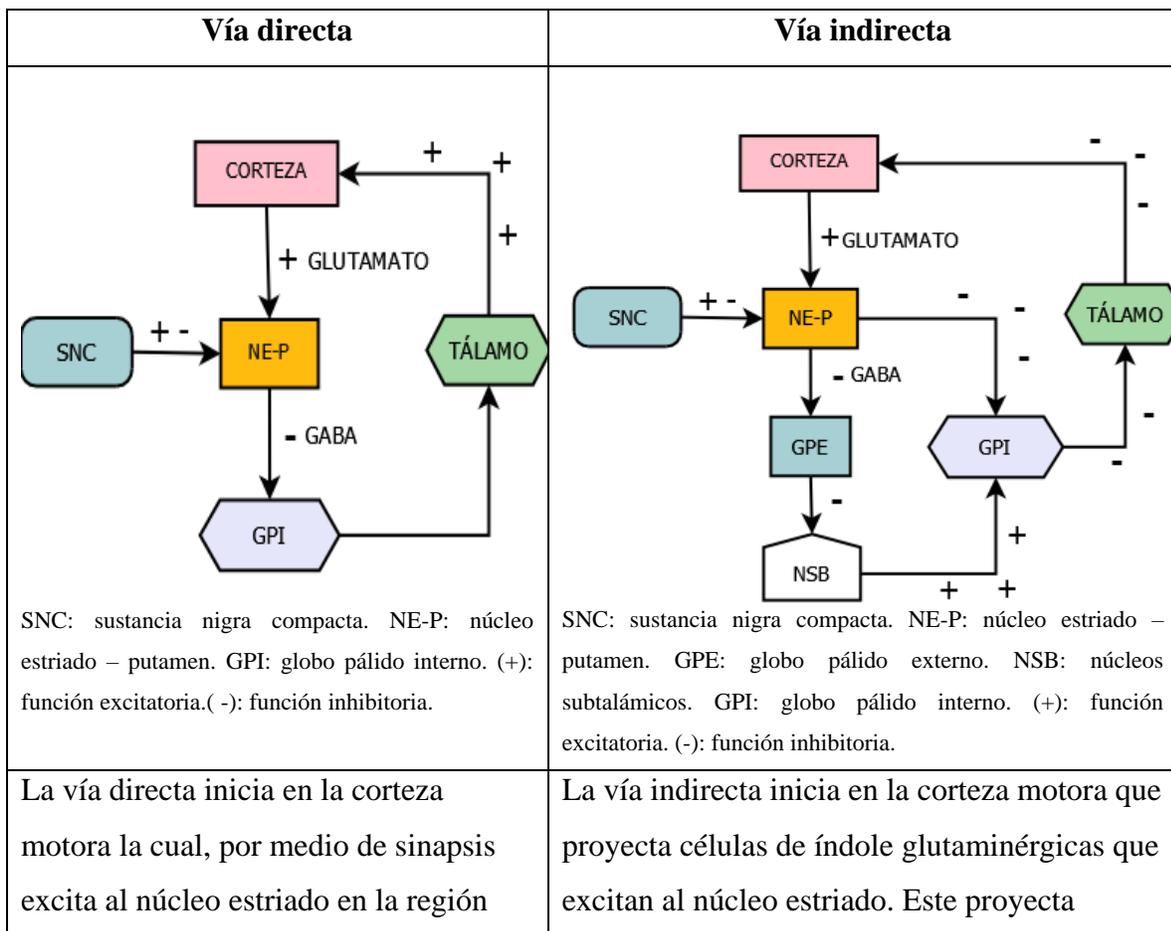
Elaboración propia

El cuerpo estriado hace parte del complejo de los núcleos de la base, éste se constituye por tres porciones con funciones específicas. El núcleo caudado tiene funciones eminentemente cognitivas, el putamen tiene funciones predominantemente motoras y el núcleo accumbens es predominantemente límbico (ubicado en la porción ventral del núcleo caudado).

Los núcleos de la base desempeñan un papel importante en el control de la postura y el movimiento voluntario, para ello requieren de una serie de interconexiones complejas determinadas por la vía directa y la vía indirecta (ver Figura 22) (Allam et al., 2003; Dickson, 2009; Kulisevsky et al., 2013; Rodríguez-Oroz et al., 2009; Sáez-Francàs et al., 2016):

**Figura 22.**

*Circuitos de los núcleos de la base y la EP*



<p>del putamen. El putamen proyecta células GABAérgicas al globo pálido interno (GPi) el cual se inhibe y libera la función del tálamo excitando la información nerviosa e incrementando el input nervioso hacia la corteza motora. <b>FUNCIÓN AGONISTA</b></p>	<p>células nerviosas de índole inhibitorio al globo pálido externo (GPe), que también inhibe la función de los núcleos subtalámicos (NS). Esta inhibición permite la excitación del globo pálido interno quien libera su función inhibitoria sobre el tálamo restringiendo la actividad motora. <b>FUNCIÓN ANTAGONISTA</b></p>
<p><i>La EP:</i> la sustancia nigra compacta manda dopamina a la sinapsis proveniente de la corteza motora potenciando y modulando en un 80% a la función del putamen y en el 20% al núcleo caudado. La disminución de células dopaminérgicas ocasiona la EP, por lo que sus síntomas son eminentemente motores con una posibilidad de sintomatología cognitiva subyacente.</p> <p>La ausencia de células dopaminérgicas en la vía directa disminuirá la potencia excitatoria del estímulo, inhibiéndose la acción glutaminérgica proveniente de la corteza y, por tanto, una disminución de la respuesta motora. En el caso de la vía indirecta la ausencia de células dopaminérgicas disminuye la inhibición o función antagonista, por lo cual aumentará la acción motora en esta vía.</p>	

Elaboración propia

### **3.6.3. Trastorno motor del habla en la EP**

La alteración del habla producida por la EP se denomina disartria hipocinética caracterizada en un inicio por la reducción de la amplitud de los movimientos articulatorios de lengua y labios, la ejecución diadococinética lenta y ritmo de habla variable (Goberman y Coelho, 2002). Su diagnóstico diferencial inicial fue desarrollado de manera perceptual (Darley et al., 1969) teniendo en cuenta dimensiones del tono vocal, la intensidad, la respiración, la prosodia y la articulación, concluyéndose características acústico-articulatorias prioritarias para su diagnóstico como: voz monótona, acentuación reducida, intensidad vocal baja, imprecisión articulatoria, silencios y pausas inapropiadas, tiempo máximo fonatorio reducido y voz ronca y entrecortada.

La disartria hipocinética es una alteración del habla (Darley et al., 1969; Russell et al., 2017; Ziegler y Staiger, 2016) de origen neurológico que se caracteriza por cambios en la velocidad, el volumen y el ritmo de habla. La base neuroanatómica de tal diagnóstico se ubica en defectos del sistema extrapiramidal, específicamente en los núcleos de la base presentándose un déficit motor con movimientos involuntarios. Se estima que entre el 60% al 80% de pacientes con EP desarrollan este déficit (De Letter et al., 2005; Hely et al., 2008; Sapir et al., 2002).

Las limitaciones de la expresión verbal afectan diferentes instancias de base anatomofisiológica que consolidan el diagnóstico de disartria. Esta alteración del habla afecta cada uno de los mecanismos o funciones efectoras involucradas en la expresión verbal como la función respiratoria, fonatoria, articulatoria y prosódica.

#### **3.6.3.1. Alteración de la función respiratoria**

El aumento de la rigidez muscular en la región torácica, la falta de coordinación de los movimientos respiratorios (inspiración-espирación) y la pérdida del control postural hacen que la mecánica respiratoria se torne con un tipo respiratorio superior y superficial lo que disminuye la calidad del soplo espiratorio para fonar. La modificación en la mecánica respiratoria afecta la producción normal de frases de extensión media y larga con síntomas como baja intensidad vocal, disminución de la habilidad para la variabilidad del tono y disminución de prolongaciones vocálicas (Bowen et al., 2013; Ho et al., 2001; Metter y Hanson, 1986).

#### **3.6.3.2. Alteración en la función fonatoria**

Las modificaciones de la mecánica respiratoria disminuyen la presión subglótica con afectación en la intensidad vocal, el tiempo máximo fonatorio e hipofonía. Algunos estudios reportan aumento de la frecuencia fundamental por la rigidez de la musculatura laríngea (Kent et al.,

1999) (ver Tabla 19). Frente a los parámetros acústicos de control supralaríngeo como VOT, se reporta variabilidad (Forrest et al., 1989) debido al déficit en la coordinación de la musculatura laríngea, la rigidez laríngea y la reducción de los tiempos para el cambio de un patrón abducción – aducción del pliegue vocal.

**Tabla 19.**

*Alteración fonatoria: correlatos acústicos y correlatos fisiológicos*

<i>Síntomas cardinales</i>	<i>Medida acústico-articulatoria</i>	<i>Correlato Fisiológico</i>
	Incremento de f0	- Aumento de la tensión laríngea.
Rigidez	Aumento de la variabilidad del f0	- Aumento de la tensión laríngea. - Disminución de la estabilidad laríngea.
	Disminución de la intensidad vocal	- Disminución de la función respiratoria. - Aumento de la tensión laríngea. - Disminución de la movilidad laríngea. - Aumento de la debilidad articulatoria.
Temblor	Déficit en la coordinación laríngea (VOT)	- Aumento de la debilidad articulatoria y laríngea.

Reinterpretado de (Goberman y Coelho, 2002)

### 3.6.3.3. Alteración de la función articulatoria y de resonancia

La extensión de los síntomas cardinales provoca falta de coordinación, agilidad y fuerza en las praxias fonoarticuladoras específicamente en labios, lengua, mandíbula y velo del paladar, este último afectando el mecanismo de resonancia oral (ver Tabla 20) (Love y Webb, 2001). La restricción de dichas praxias limita los movimientos linguales y labiales para la producción de fonemas oclusivos y fricativos (Logemann et al., 1978), al igual que una significativa reducción del espacio vocálico.

**Tabla 20.**

*Alteración articulatoria: correlatos acústicos y correlatos fisiológicos*

<i>Síntomas cardinales</i>	<i>Medida acústico-articulatoria</i>	<i>Correlato Fisiológico</i>
Rigidez, bradicinesias y temblor	Producción con imprecisión articulatoria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rango de movimiento labial y lingual.</li> <li>- Aumento de la debilidad articulatoria.</li> </ul>
	Aplanamiento de la transición F2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rango de movimiento labial y lingual.</li> <li>- Aumento del tiempo para iniciar el movimiento del órgano fonoarticulador.</li> <li>- Aumento de la debilidad articulatoria.</li> </ul>
Rigidez y bradicinesias	Disminución del espacio vocálico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rango de movimiento labial y lingual.</li> </ul>

Reinterpretado de (Goberman y Coelho, 2002)

### 3.6.3.4. Alteraciones de la prosodia

Habitualmente se describe como un habla monótona con carencia de inflexiones que propongan una línea melódica acorde a lo expresado. Se caracteriza por presentar ritmo lento al iniciar y ritmo lento al terminar una expresión (ver Tabla 21). Igualmente se evidencia el desarrollo de silencio y pausas inapropiadas con posibles tartamudeo o aceleraciones inesperadas que afectan el ritmo del habla (Martínez-Sánchez et al., 2016).

**Tabla 21.**

*Alteración prosódica: correlatos acústicos y correlatos fisiológicos*

<i>Síntomas cardinales</i>	<i>Medida acústico-articulatoria</i>	<i>Correlato Fisiológico</i>
Rigidez	Disminución de la variabilidad de la intensidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la función respiratoria.</li> <li>- Aumento de la tensión laríngea.</li> </ul>
	Disminución de la variabilidad de f0 durante la lectura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la tensión laríngea.</li> <li>- Disminución del rango de movimiento laríngeo.</li> </ul>
	Aumento de pausas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incoordinación fono respiratoria.</li> </ul>
Bradicinesia y temblor	Alteración en la velocidad del habla	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rango de movimiento lingual y labial.</li> <li>- Aumento de la debilidad articulatoria.</li> </ul>

Reinterpretado de (Goberman y Coelho, 2002)

### 3.6.4. Evaluación y diagnóstico de la disartria hipocinética consecuente a la EP

El impacto de la EPen las tareas motoras cotidianas se evalúa por medio de escalas neurológicas que determinan el compromiso motor y funcional de la persona que lo padece. La escala UPDRS (Unified Parkinson's disease rating scale) evalúa dichos aspectos en cuatro secciones (Goetz et al., 2008; Rodríguez-Violante y Cervantes-Arriaga, 2014). La primera parte evalúa aspectos no motores (I) y motores (II) cotidianos a partir de un cuestionario autoadministrado. El componente de exploración motora (III) es efectuado por el evaluador sobre los signos y síntomas observados en el evaluado, contemplando aspectos como el lenguaje, el habla, la expresión facial, la marcha y el movimiento de miembros superiores e inferiores. Finalmente se exploran las complicaciones motoras como la acentuación de discinesias, las fluctuaciones y las distonías.

Otra de las escalas de evaluación neurológica que explora el impacto en acciones motoras es la escala Hoehn y Yahr (1967) con la que se puede determinar el nivel de discapacidad y pérdida de independencia en el desarrollo de las actividades motoras cotidianas. Estas escalas de evaluación neurológica serán profundizadas en la sección 4.1.2.

De manera específica para la evaluación de la disartria existe un protocolo de evaluación integral llamado *Frenchay Dysarthria Assessment* publicado en 1983 después de identificarse que el desarrollo anormal de los movimientos oromotores y de la producción del habla estaban asociados con alteraciones neurológicas puntuales, representados en síntomas como debilidad, lentificación, incoordinación, tono muscular alterado e inexactitud de los movimientos orales (Enderby y Palmer, 2008). Esta batería debe ser aplicada por un médico tratante y comprende aspectos como la evaluación de reflejos, la deglución, la respiración, los labios, el paladar, la laringe, la lengua y la inteligibilidad del habla (Tabla 22). Esta escala presenta una actualización (m-FDA) que excluye la evaluación deglutoria y facilita la aplicación de manera remota a partir de grabaciones de voz que incluyen aspectos como respiración durante el habla, el movimiento de

labios, movimiento del velo del paladar, laringe, lengua, monotonicidad e inteligibilidad (Vásquez-Correa et al., 2018)

**Tabla 22.**

*Características evaluativas de la escala Frenchay Dysarthria assessment*

<i>Aspecto evaluado</i>	<i>Características evaluadas</i>
Reflejos	Tos, deglución, control motor de saliva en boca.
Respiración	En reposo y en fonación
Labios	Se evalúan en reposo, en la ejecución de praxias laterales, de protrusión y retracción. Igualmente, labios en función articulatoria aislada e integrada en sílabas o palabras.
Paladar	Se evalúa el aspecto, la elevación durante vocalizaciones sostenidas, y la presencia o no de emisiones nasales.
Laringe	Se evalúa el tiempo máximo de fonación, la variabilidad del tono en 6 notas, la intensidad vocal y la entonación.
Lengua	Se evalúa la postura en reposo, en protrusión, elevación, movimientos laterales, movimiento alternado y en la producción de sílabas.
Inteligibilidad	Se evalúa por medio de la lectura de palabras, frases cortas y conversación.

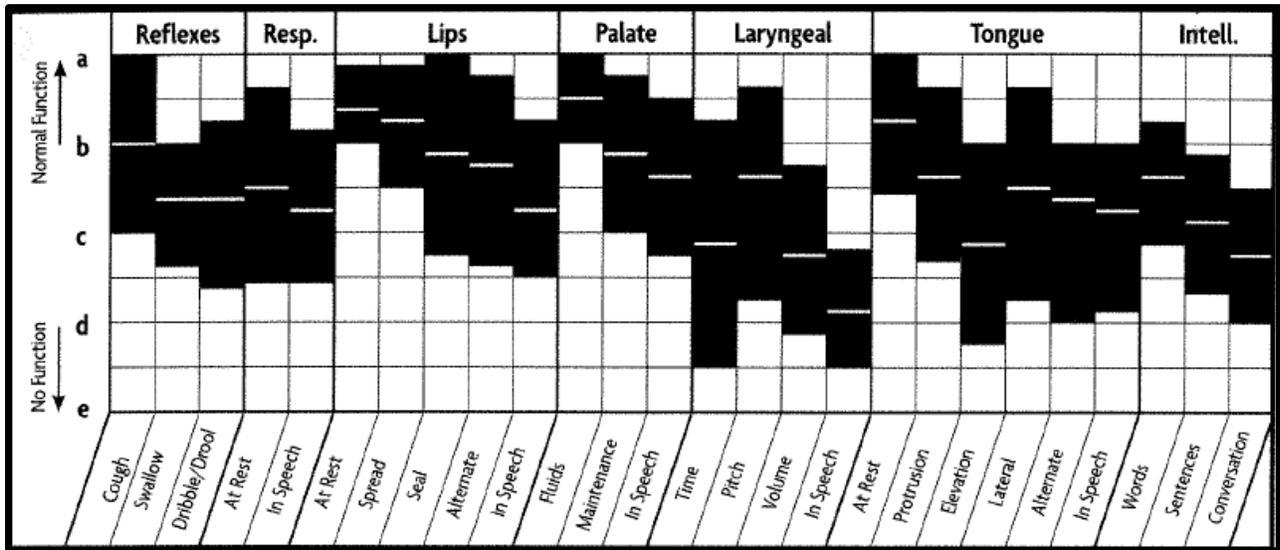
Tomado de (Enderby y Palmer, 2008)

Esta escala advierte que dentro de la prueba hay siete factores que pueden afectar el análisis de los procesos del habla, entre ellos se consideran las pérdidas auditivas y visuales, las maloclusiones dentales, patologías del lenguaje, el estado de ánimo, la actitud postural, la velocidad del habla y las sensaciones o esquema corporal vocal durante la expresión de mensajes.

Para las disartrias extrapiramidales, es decir, aquellas generadas por situaciones clínicas como la EP plantean el siguiente perfil diagnóstico (ver Figura 23)

**Figura 23.**

*Perfil evaluativo de las disartrias extrapiramidales*



Tomado de (Enderby y Palmer, 2008)

El promedio y la desviación estándar de las características evaluadas, de manera particular en las lesiones de tipo extrapiramidal, indican una mejor habilidad para tareas motoras no relacionadas con el habla, mientras que en las tareas motoras que involucran el habla hay un detrimento importante en aspectos relacionados con la lengua, el paladar, los labios y la función laríngea.

Las consideraciones teóricas abordadas en este capítulo recogen aspectos que son considerados relevantes para trazar la ruta teórica en el estudio de las COOS en la EP, cada uno de los apartados presentados son la base para el diseño metodológico, el análisis y la discusión de los resultados obtenidos.

## Capítulo IV.

### 4. Metodología

El marco metodológico de esta investigación se establece en un tipo de estudio observacional analítico de casos y controles que permitió, a partir de las señales de habla, comparar las características acústicas de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas (COOS) del grupo caso (EP) y el grupo control (GC).

Siguiendo la perspectiva metodológica planteada en la sección 3.1.3, sobre el desarrollo de estudios en el ámbito de la lingüística clínica, la naturaleza de los datos de esta investigación se determinó como:

- Alteración lingüística de carácter secundario: la disartria es asumida como una manifestación clínica de una alteración de origen, en este caso, la EP.
- Causa del trastorno: neurológico.
- Proceso afectado: la producción del lenguaje.
- Nivel de análisis lingüístico: fonético.

Desde la perspectiva metodológica de la fonética clínica esta investigación utilizó técnicas instrumentales indirectas, de manera precisa, el análisis acústico del habla.

En el presente capítulo se plantea la descripción del Corpus PC GITA, a partir del cual se construye el Subcorpus GITA\_VOT que organiza, segmenta, etiqueta y sistematiza los datos lingüísticos con sus respectivas variables clínicas. Posteriormente se presenta el protocolo para el análisis acústico espectrográfico utilizado en las producciones diadococinéticas de cada uno de los participantes y por último se establece la caracterización de variables que se tuvieron en cuenta para la consolidación de los resultados.

## 4.1. Corpus PC GITA

El corpus PC-GITA consiste en una base de datos desarrollada a partir de grabaciones de personas con EP y su respectivo control. Dicho corpus se crea en la facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia, al interior del Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Aplicadas GITA.

Las grabaciones se realizaron en colaboración con la Clínica Noel de Medellín y Fundalianza Parkinson Colombia<sup>14</sup>.

### 4.1.1. Participantes

Este corpus comprende una muestra de 100 personas hablantes nativos de español de Medellín - Colombia, distribuidos en 50 personas con EP y 50 personas sanas.

Las Tablas 23 y 24 presentan los criterios de inclusión y exclusión tanto para el grupo caso (EP) como para el grupo control (GC) y la Tabla 25 consolida la información clínica de los hablantes evaluados.

#### Tabla 23.

##### *Criterios de selección para el grupo caso (EP)*

<i>Criterios de Inclusión</i>	<i>Criterios de exclusión</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Voluntad participante.</li><li>- Hablantes de español colombiano hablado en Medellín.</li><li>- Personas con diagnóstico neurológico de EP.</li><li>- Nivel educativo que garantice habilidades lectoras.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- No voluntad de participar en el estudio.</li><li>- Hablante de otra lengua o variedad distinta al español de Medellín.</li><li>- Comorbilidades que comprometan las funciones mentales superiores.</li><li>- Persona analfabeta.</li></ul>

<sup>14</sup> <http://www.fundalianzaparkinson.org/>

**Tabla 24.***Crterios de seleccin para el grupo control (GC)*

<i>Crterios de Inclusin</i>	<i>Crterios de exclusin</i>
- Voluntad participante.	- No voluntad de participar en el estudio.
- Estado de salud ptimo, sin ningn compromiso neurolgico.	- Presencia de alteraciones del habla o lenguaje.
- Hablantes de espaol hablado en Medelln -Colombia.	- Hablante de otra lengua o variedad distinta al espaol de Medelln
- Nivel educativo que garantice habilidades lectoras.	- Persona analfabeta.
- Rangos de edad en concordancia con el promedio de edad establecido en el grupo caso.	

**Tabla 25.***Informacin clnica de los hablantes<sup>15</sup>*

<b>H- EP</b>				<b>H – GC</b>	<b>M-EP</b>				<b>M-GC</b>
<b>Edad</b>	<b>MDS-UPDRS</b>	<b>H&amp;Y</b>	<b>t</b>	<b>Edad</b>	<b>Edad</b>	<b>MDS-UPDRS</b>	<b>H&amp;Y</b>	<b>t</b>	<b>Edad</b>
81	5	2	12	86	75	52	3	3	75
77	92	5	15	76	73	38	2	4	73
75	13	1	1	71	72	19	2	2,5	76
75	75	3	16	68	70	23	2	12	68
74	40	2,5	12	68	69	19	2	12	65
69	40	3	5	67	66	28	2	4	65
68	14	1	1	67	66	28	2	4	64
68	67	4	20	67	65	54	3	8	63
68	65	3	8	67	64	40	2	3	63
67	28	2	4	65	62	42	3	12	63
65	32	2	12	64	61	21	1	4	63
65	53	2	19	63	60	29	2	7	62
64	28	2	3	63	59	40	2	14	62
64	45	2	3	62	59	71	3	17	61
60	44	3	10	60	58	57	2	1	61
59	6	1	8	59	57	41	3	37	61
57	20	2	0,4	56	57	61	3	17	60
56	30	2	14	55	55	30	2	12	58
54	15	3	4	55	55	43	3	12	57
50	53	2	7	54	55	30	2	12	57
50	19	2	17	51	55	29	2	43	55
48	9	3	12	50	54	30	2	7	55
47	33	2	2	42	51	38	3	41	50

<sup>15</sup> H-EP: Hombre con enfermedad de Parkinson. H-GC: Hombre grupo control. M-EP: Mujer con enfermedad de Parkinson. M-GC: Mujer grupo control. T: Tiempo de diagnstico en aos.

45	21	1	7	42	51	23	2	10	50
33	51	2	9	31	49	53	2	16	49

Tomada de (Orozco-Arroyave, 2016)

Las grabaciones fueron realizadas a 50 personas con EP y 50 personas sanas, los grupos no muestran diferencias significativas por sexo ( $p\text{ valor}=0.99$ ) ni por edad ( $p\text{ valor}=0.77$ ). El grupo de EP presenta un rango de edad en los hombres de 33 a 81 años (prom  $61.6 \pm 11.2$ ) y en mujeres de 49 a 75 años (prom.  $60.7 \pm 7.3$ ) (Orozco-Arroyave et al., 2014; Orozco-Arroyave, 2016). En el caso del GC se presenta una distribución de edad en los hombres de 31 años a 86 años (prom.  $60.3 \pm 11.6$ ) y en las mujeres de 49 años a 76 años (prom.  $61.4 \pm 7.0$ ) (Ver Gráfico 2).

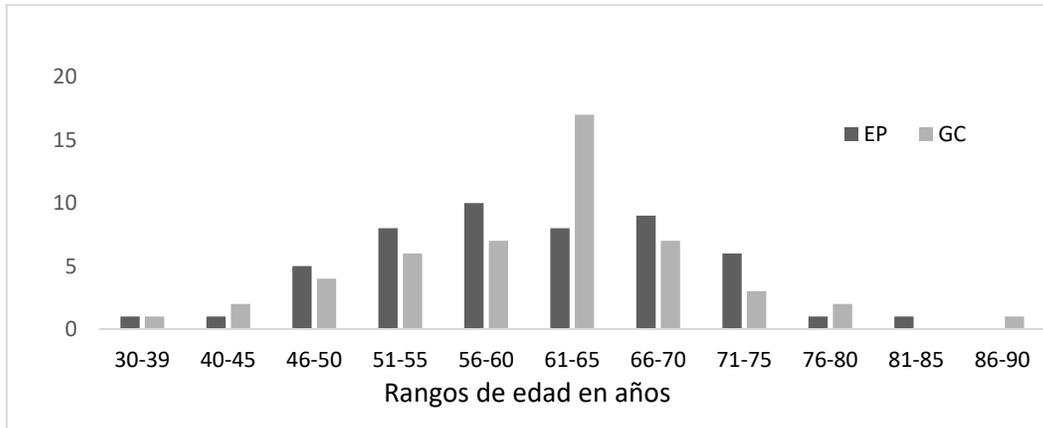
Las personas del EP fueron diagnosticadas por un neurólogo de acuerdo al tiempo de diagnóstico de la enfermedad (Ver Gráfico 3) y las escalas MDS-UPDRS III y escala H&Y. Durante las grabaciones este grupo debía estar en estado *ON*<sup>16</sup> de la medicación no más de 3 horas después de la dosis de la mañana. Por su parte en el GC se confirma la inexistencia de síntomas asociados a EP y a ningún desorden neurológico.

---

<sup>16</sup> Estado ON de la medicación significa que el paciente se encuentra bajo el efecto del fármaco indicado para el tratamiento de la EP.

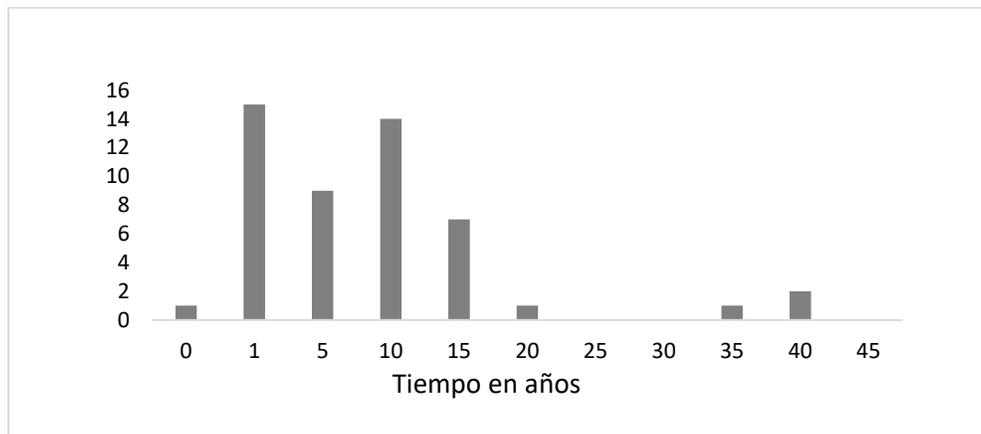
## Gráfico 2.

*Distribución por edad*



## Gráfico 3.

*Tiempo de diagnóstico*



### 4.1.2. Procedimiento

Para consolidar la información clínica de los hablantes (Tabla 25) se utilizaron dos escalas de diagnóstico aplicadas por el neurólogo tratante. *La escala unificada de evaluación de la enfermedad de Parkinson (Unified Parkinson's disease rating scale- UPDRS)* fue diseñada en 1987 y reestructurada por la Sociedad de Movimientos Anormales en 2001 y 2008 (Goetz et al.,

2008; Rodríguez-Violante y Cervantes-Arriaga, 2014). Esta escala es reconocida como la más importante para la evaluación, seguimiento y control de los síntomas motores y no motores de la EP; al igual que para el establecimiento de un análisis claro de la progresión o evolución del diagnóstico a partir de cuatro componentes de evaluación con sus respectivos ítems. Esta escala ha tenido modificaciones lideradas por la *Movement Disorder Society (MDS)* que, en la medida del tiempo, actualizan las precisiones en el compromiso y descripciones de signos y síntomas en la EP.

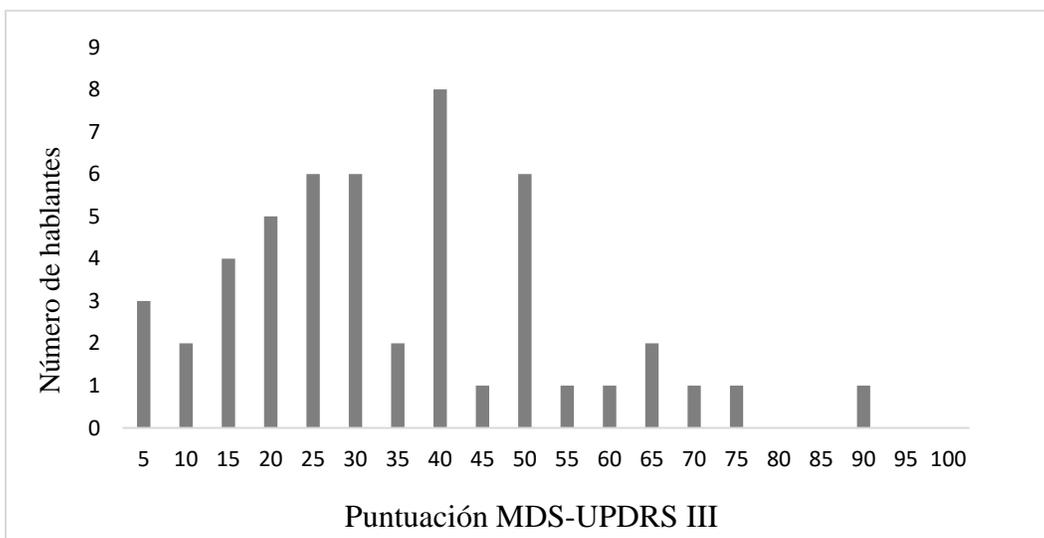
El componente I y II están dirigidos hacia la identificación de los síntomas, por tanto, tienen en cuenta las percepciones y sensaciones de los pacientes y sus cuidadores. En el componente I se evalúan las experiencias no motoras de la vida diaria (13 ítems), el componente II (13 ítems) caracteriza el grado de compromiso motor en actividades rutinarias, los componentes III (18 ítems) y IV (6 ítems) identifican los signos clínicos, por lo cual, la observación del examinador frente a tareas motoras y cognitivas es fundamental, ya que es quien calificará las reacciones o manifestaciones clínicas.

En especial, el componente III enfatiza en tareas motoras que inciden en el habla, como la pronunciación en acciones conversacionales puntuales o en tareas lingüísticas específicas, las praxias faciales, el movimiento de los miembros superiores e inferiores con tareas motoras finas y gruesas, la marcha y la actitud postural. Esta escala plantea una metodología de evaluación con un rango de 0 a 4, donde 0 refiere normalidad; 1 (leve) síntomas de baja frecuencia sin impacto en el funcionamiento; 2 (medio) síntomas que podrían impactar el funcionamiento; 3 (moderado) signos y síntomas de suficiente intensidad que impactan relevantemente el funcionamiento; y 4 (severo) síntomas y signos que impiden totalmente el funcionamiento.

El impacto de la EP en el habla es considerado de manera puntual en el componente III, en un único apartado denominado *speech*. Sin embargo, la evaluación total del componente III es necesaria para caracterizar los indicios del estado motor en general y su incidencia progresiva en el habla. Esta sección motora es evaluada por 33 puntuaciones distribuidas en los 18 ítems de evaluación, obteniéndose un rango de puntuación de 0 a 132 (33 ítems x 4=132) (Rodríguez-Violante y Cervantes-Arriaga, 2014). La distribución de los hablantes con EP, teniendo en cuenta la aplicación de la escala MDS-UPDRS III, muestra que en su mayoría se ubican en un compromiso leve-moderado; y en muy baja proporción, se evidencia un único caso que corresponde a una persona con 15 años de diagnóstico y compromiso severo de la enfermedad (ver Gráfico 4).

**Gráfico 4.**

*Distribución según MDS-UPDRS III*



El segundo instrumento para corroborar la información clínica de los participantes fue *La escala de Hoehn & Yarh (H & Y)*, que evalúa la condición motora del paciente, la evolución de los

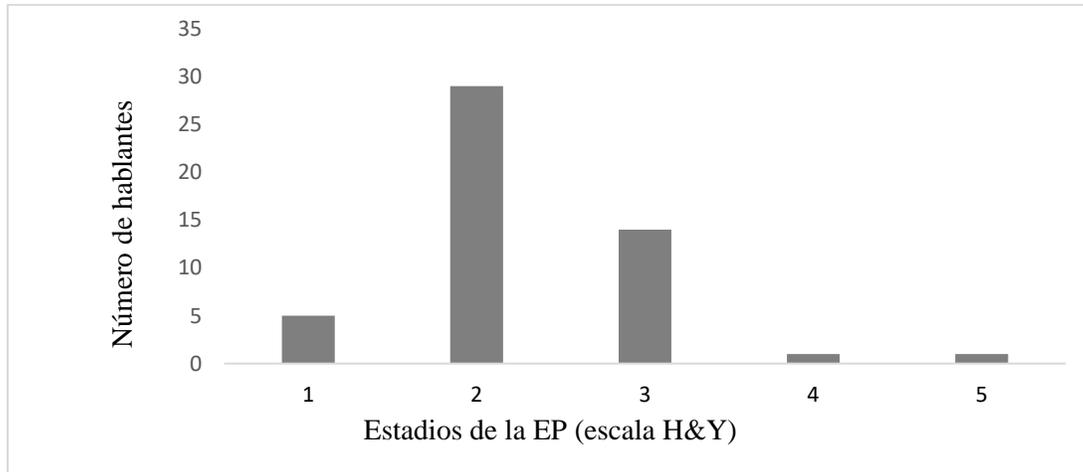
síntomas motores y describe el grado de compromiso o de incapacidad motora a partir de 5 estadios (Hoehn y Yahr, 1967):

- *Estadio 0*: no hay signos de la enfermedad.
- *Estadio 1*: afectación unilateral con deterioro funcional mínimo.
- *Estadio 2*: afectación bilateral o de línea media sin deterioro en el equilibrio.
- *Estadio 3*: reacciones de enderezamiento afectadas que dificultan la estabilidad del paciente y su equilibrio con restricciones en las actividades cotidianas. No hay pérdida de la independencia motriz.
- *Estadio 4*: existencia de un compromiso motor completo, severamente incapacitante, afectación de la marcha y bipedestación sostenida.
- *Estadio 5*: pérdida del control motor con uso de sillas de ruedas o en cama.

La escala *H & Y* es imprecisa en la caracterización de las dificultades o alteraciones del habla derivadas de la EP. Sin embargo, la mayoría de estudios sobre el análisis de habla utiliza esta escala para desarrollar análisis multivariados con grados de severidad clínica de la EP resultantes de su aplicación, o como una herramienta de medida descriptiva para caracterizar la población objeto de estudio. El corpus GITA la retoma como insumo para la corroboración del diagnóstico neurológico, presentándose la siguiente distribución (Ver Gráfico 5):

## Gráfico 5.

### *Distribución escala H&Y*



### **4.1.3. Grabaciones**

Las grabaciones fueron realizadas en un ambiente controlado; para esto se utilizó una cabina insonorizada en las instalaciones de la Clínica Noel, un micrófono dinámico omnidireccional (Shure, SM 63L), y parámetros de grabación a 44100 Hz con 16 bits de resolución; la captura de las grabaciones se realizó con una tarjeta de sonido de 24 bits<sup>17</sup>.

Estas grabaciones cuentan con aprobación del comité de ética de Clínica Noel de Medellín y están soportadas mediante el consentimiento informado de cada uno de los hablantes.

### **4.1.4. Tareas lingüísticas del Corpus PC GITA**

El Corpus orienta su exploración a la evaluación de tres aspectos: la fonación, la articulación y la prosodia. La evaluación de la fonación presenta una serie de tareas dirigidas a la producción vocálica sostenida y con cambio de tono de grave a agudo. La evaluación articulatoria presenta

---

<sup>17</sup> Las grabaciones se encuentran normalizadas, es decir, la potencia sonora es igual en todos los puntos de la señal. Los archivos de audio fueron procesados en .WAV

tareas diseñadas por el Grupo de Estudios Sociolingüísticos de la Universidad de Antioquia que se enmarcan en un registro repetido con la producción de sílabas, de palabras fonéticamente balanceadas, repetición de oraciones simples y complejas, lectura de diálogos y conversación espontánea (ver Tabla 26).

En el caso de esta investigación, se retoma de manera específica las tareas diadococinéticas, las cuales están contrabalanceadas, de manera particular para esta investigación el análisis tomó la secuencia /pataka/.

**Tabla 26.**

*Descripción de las tareas lingüísticas del corpus PC GITA*

<i>Secciones</i>	<i>Tareas</i>
Fonación sostenida	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producción sostenida de cada una de las vocales.</li> <li>2. Producción de cada una de las vocales con variación de tono de grave a agudo.</li> </ol>
Diadococinecias (DDK) y palabras aisladas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producción rápida y repetida de diadococinecias /pataka/ /pakata/ /petaka/ /papapa/ /tatata/ /kakaka/.</li> <li>2. Repetición de palabras aisladas distribuidas en:            SET I. palabras de uso común en el español colombiano: petaca, pato, campana, plato, trato, atleta, grito, fruta, caucho, coco, gato.            SET II. Verbos motores: acariciar, patalear, pisotear, trotar, masticar.            SET III. Sustantivos concretos: barco, bosque, establo, hospital, montaña, puente, tractor.</li> </ol>
Oraciones aisladas, lectura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repetición de oraciones simples y complejas.            Simples:           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mi casa tiene tres cuartos.</li> <li>- Los libros nuevos no caben en la mesa de la oficina.</li> </ul>           Complejas:           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Omar, que vive cerca, trajo miel.</li> <li>- Laura sube al tren que pasa.</li> <li>- Rosita Niño, que pinta bien, donó sus cuadros ayer.</li> </ul> </li> </ol>

de diálogos y oraciones.	<p>- Luisa Rey compra el colchón duro que tanto le gusta.</p> <hr/> <p>2. Lectura de enunciados (D) doctor (P) paciente:</p> <p>P: Ayer fui al médico.  D: ¿Qué le pasa? Me preguntó.  P: Yo le dije: ¡Ay doctor! Donde pongo el dedo me duele.  D: ¿Tiene la uña rota?  P: Sí.  D: Pues ya sabemos qué es. Deje su cheque a la salida</p> <hr/> <p>3. Lectura de oraciones con énfasis en palabras.</p> <p>a. ¿Viste las noticias? Yo vi GANAR la medalla de plata en pesas.  ¡Ese muchacho tiene mucha fuerza!  b. Juan se ROMPIÓ una PIERNA cuando iba en la MOTO.  c. Estoy muy triste, ayer vi MORIR a un amigo.  d. Estoy muy preocupado, cada vez me es más difícil HABLAR.</p>
Discurso espontáneo	Un monólogo sobre la descripción de las acciones rutinarias de un día común. La grabación de dichos monólogos tuvo una duración de 48±29 segundos en el EP y 45±24 segundos en GC.

Tomado de (Orozco-Arroyave et al., 2014; Orozco-Arroyave, 2016)

#### 4.2. Subcorpus\_GITA VOT

El desarrollo del trabajo de campo de esta investigación se consolidó en el denominado Subcorpus GITA\_VOT, que es el producto de la caracterización de las COOS en la tarea de la DDK /pataka/ teniendo en cuenta los parámetros acústicos de VOT, duración de la consonante, duración de la fase oclusiva-tensiva, punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión, y la descripción complementaria de los fenómenos glóticos y supraglóticos (Arias-Vergara et al.; Argüello-Vélez et al., 2020).

La metodología de consolidación del Subcorpus contó con procesos de segmentación y etiquetado, registro computarizado de los datos y manejo de archivos *.collection* que, contienen

por producción, la pieza de audio, el etiquetado y el corte del espectro de cada una de las consonantes y los datos sistematizados en rejillas de Excel.

#### ***4.2.1. Tarea lingüística: Diadococinecia /pataka/***

Las DDK se definen como la repetición silábica rápida que requiere la alternancia de movimientos articulatorios (Ackermann et al., 1995). Su uso se destina para la evaluación clínica de la función motora oral, específicamente, la capacidad motora básica de los articuladores como labios, mandíbula y lengua en planos de movimiento anteroposterior (Yang et al., 2011).

Su constitución fonética facilita la evaluación instrumental directa e indirecta así como la medición cuantitativa y objetiva de la función articulatoria, sus regularidades o variaciones (Montaña et al., 2018; Pérez et al., 2015).

La tarea consiste en solicitar al hablante que con una toma de aire profunda repita la secuencia /pataka/ cuantas veces pueda. Esta construcción fonética de una misma estructura silábica formada por consonantes oclusivas sordas /p/ /t/ /k/ y por vocal central abierta /a/ deriva hallazgos que permiten el conteo de los movimientos producidos en un intervalo de tiempo, la identificación de la frecuencia y la regularidad de los movimientos repetitivos de los articuladores orales (índice de eficacia articulatoria – índice de habilidades motoras en el habla), la descripción y evaluación del movimiento aductor y abductor de los pliegues vocales, la caracterización de la coordinación supraglótica y glótica, el establecimiento de correlaciones del trastorno motor del habla y su respectivo grado de severidad (Lotze et al., 2000; Renout et al., 1995; Wang et al., 2009) y la participación activa de los núcleos basales durante el habla (Zgaljardic et al., 2006).

La tarea /pataka/ ha demostrado, en metodologías de análisis automático, la efectividad en la detección del habla disártrica (Moofarry et al., 2020), además de ser una construcción lingüística

adaptable a diferentes lenguas que posibilita futuros análisis interlingüísticos en diagnósticos de prevalencia mundial como la EP.

Sobre la pertinencia de las tareas lingüísticas Novotny et al. (2014) expresan que:

PD-induced articulatory impairment may be clearly apparent when patients perform diadochokinetic (DDK) tasks. The most typical DDK utterance includes repetition of the /pa/-/ta/-/ka/ syllable train. This DDK task is widely preferred because it consists of fast syllable-train repetitions with bilabial, alveolar and velar places of articulation. Such an approach requires complex movements of the articulators (lips, jaws, and tongue) during a task with well-defined structure, which contributes to a reduction in data processing complexity. Such tasks may allow the automatic detection of a variety of relevant features that would be difficult to reliably assess from running speech. (pag. 1367).

#### ***4.2.2. Organización de los datos***

El proceso de segmentación y etiquetado, de manera general, consistió en establecer cuatro niveles de segmentación:

- Duración de la sílaba<sup>18</sup>.
- Duración del segmento consonántico.
- Marcación del VOT, en su tiempo de inicio (barra de explosión) y en su tiempo final (inicio de la sonoridad).
- Duración de la fase oclusiva-tensiva.

---

<sup>18</sup> La duración silábica se etiquetó con el fin de delimitar el contexto de medición de la DDK y no fue considerado como un parámetro de análisis acústico de las COOS.

- La extracción del corte del espectro de la barra de explosión para tomar el pico de mayor concentración de energía fue registrada en la base de datos.

A continuación, se precisa el protocolo de segmentación, etiquetado y análisis acústico espectrográfico utilizado para la consolidación del Subcorpus GITA\_VOT.

### **4.3. Protocolo para el análisis acústico espectrográfico**

Los desórdenes motores del habla consecuencia de la EP pertenecen a dimensiones de índole fonatorio, articulatorio y prosódico debido a la inestabilidad del componente neuromuscular para la determinación de la calidad del soplo espiratorio, la vibración de los pliegues vocales y la estabilidad en el movimiento articulatorio de lengua, labios y mandíbula. El análisis acústico del habla, de manera específica, de las COOS, aporta desde una metodología instrumental indirecta, información sobre la capacidad del paciente para lograr la precisión articulatoria, además de caracterizar y analizar las imbricaciones fisiológicas alteradas o no en la coordinación laríngea y supralaríngea.

Para el análisis de dichas consonantes el parámetro acústico frecuente en investigaciones sobre los trastornos motores del habla es el *Voice Onset Time – VOT*. La metodología de medición de tal parámetro habitualmente opta por el análisis en espectrogramas de banda ancha<sup>19</sup> ya que posibilita la representación en dimensiones de tiempo, frecuencia y amplitud; y estipulan una propuesta de representación de señales acústicas que corresponden a correlatos fisiológicos de la producción consonántica.

La barra de explosión es el insumo espectrográfico para la identificación de las COOS, pues marca el espacio que transcurre entre dicha barra y el inicio del primer pulso glotal, es decir,

---

<sup>19</sup> Los espectrogramas de banda ancha muestran la relación de tiempo, frecuencia y amplitud. La representación de la salida de la voz muestra el tiempo en el eje X, la frecuencia en el eje Y y la amplitud en el eje Z.

el inicio de la sonoridad o periodicidad de la vocal (Baum y Ryan, 1993). Özsancak et al. (2001) advierten que en ocasiones la observación de la barra es compleja, sea por condiciones contextuales del habla o la presencia de patologías que alteran la integridad articulatoria de la consonante. Por tal razón, para el análisis de este grupo consonántico se sugiere efectuarlo con el uso simultáneo del oscilograma y el espectrograma.

Román (2017) caracteriza esquemáticamente a las COOS de la siguiente manera en la secuencia [ápa]:

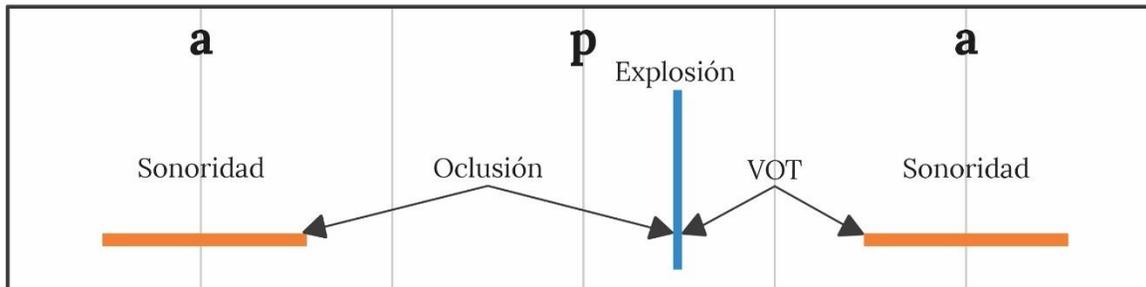
1	2	3	4	5
á	p			a
+	-	-	-	+

Donde (1) corresponde a la postura articulatoria de la vocal con presencia de sonoridad (+), (2) se refiere a la fase de intensión en la formación del gesto articulador, (3) la fase de tensión con aumento de la presión supraglótica sostenida y (4) la fase explosiva de liberación de la oclusión. Estas fases son consideradas de índole consonántico sordo, por lo tanto, se espera ausencia de energía sonora. Finalmente, en la etapa (5) se incorpora la sonoridad propia de la vocal adyacente.

Teniendo en cuenta lo anterior, las COOS en el momento previo a la explosión son caracterizadas por una fase de oclusión (Figura 24); la presencia de la barra de explosión muestra los puntos de máxima energía y el inicio de la salida de presión supraglótica contenida hasta el inicio de la siguiente vocal es representado por el VOT.

**Figura 24.**

*Representación gráfica de los parámetros espectrográficos de las COOS*



Tomado de (Román, 2017)

#### ***4.3.1. Indicios acústicos para la medición del VOT***

Para el análisis de los parámetros acústicos de las COOS se utilizó el software Praat® versión 6.0.4.3<sup>20</sup> (Boersma y Weenink, 2019) que permitió la identificación de la señal acústica tanto en el oscilograma como en el espectrograma. Ambas estrategias permitieron la observación e interpretación de la señal desde el inicio de la fase explosiva hasta el inicio de la actividad fonatoria.

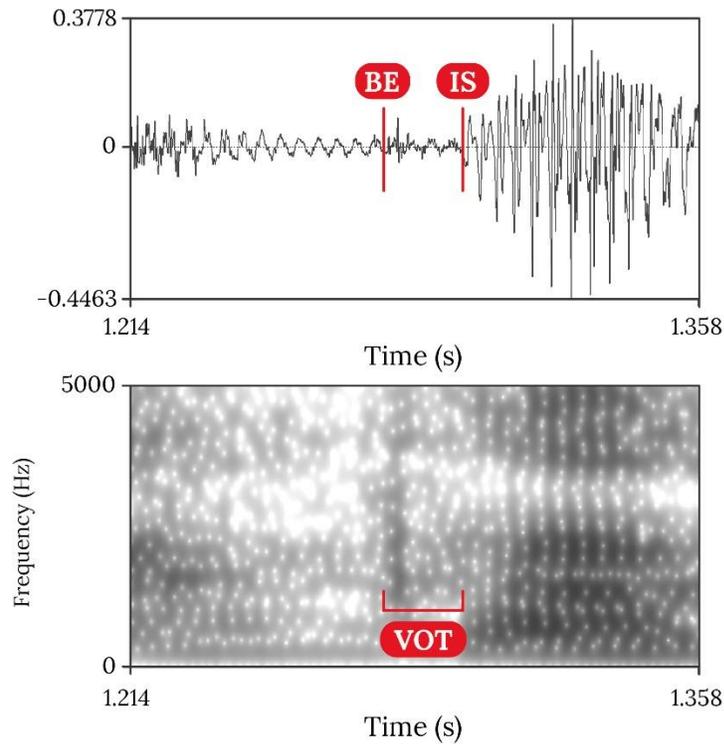
El VOT comienza desde la barra de explosión (BE) hasta el inicio de pulsos glóticos o de la sonoridad (IS), representada por la periodicidad en la onda y aparición de formantes propios de la vocal siguiente. Como lo muestra la Figura 25, el análisis simultáneo del oscilograma y el espectrograma permite con precisión, la determinación de los tiempos de inicio y final del VOT.

---

<sup>20</sup> Computador Asus Intel core i3, 8gb de memoria RAM, Windows 10, 64bits.

**Figura 25.**

*Voice Onset Time - VOT*



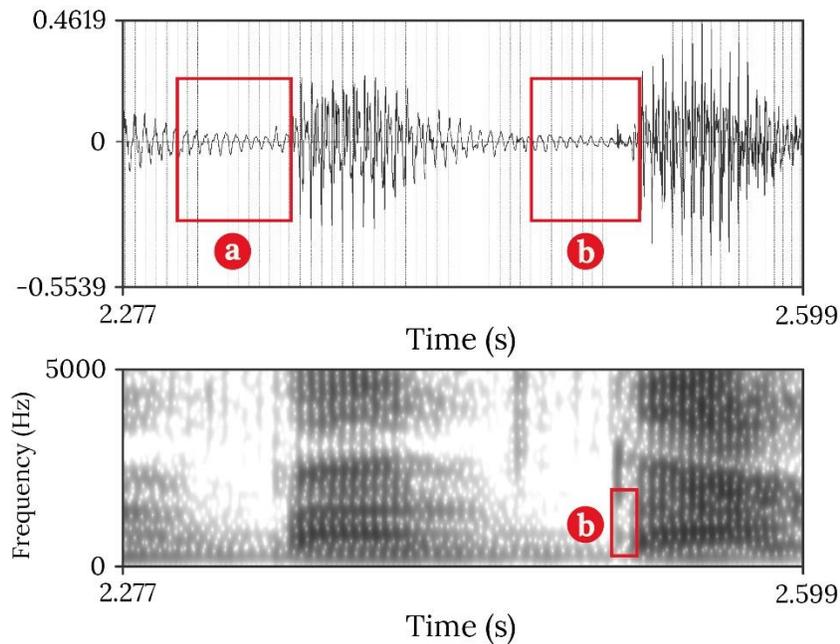
[k<sup>h</sup>a] de tercera secuencia DDK hablante femenina GC 0019

El VOT de las COOS presenta valores de duración positivos y durante el tiempo entre la explosión y el inicio de la voz puede presentarse señales de ruido que sugieren presencia de aspiración en la consonante, así como, rasgos sonorizados o semisonorizados próximos a la vocal siguiente. En la Figura 26 se representa el recuadro naranja (a) que sugiere la presencia de estructuras resonantes y pulsos glotales de las vocales adyacentes que sonorizan la fase oclusiva y el VOT, por su parte la Figura (b) muestra pulsos glotales previos a la barra de explosión y un VOT sordo con presencia espectrográfica de resonancias dispersas que sugieren aspiración.

Hansen et al. (2010) caracteriza la aspiración como la presencia de gotas de energía que suceden durante el estallido.

**Figura 26.**

*Manifestaciones acústicas en el VOT*



*[paʔa] de sexta secuencia DDK hablante femenina GC 0019*

**4.3.2. Indicios acústicos para la medición de la fase oclusiva-tensiva**

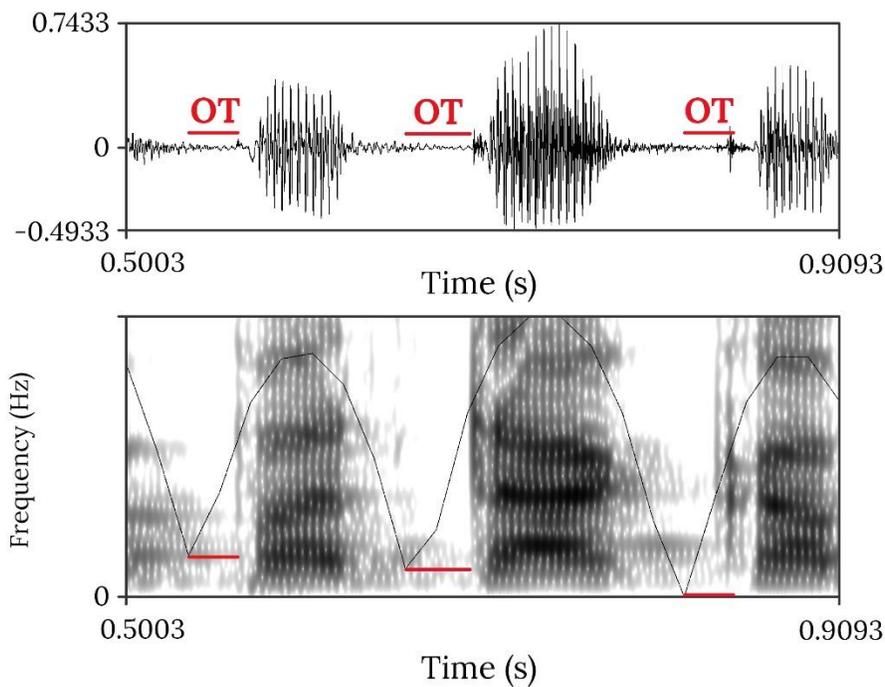
La caracterización acústica de la fase oclusiva se orienta como el tiempo previo a la barra de explosión donde sucede el gesto articulatorio y el contacto tenso y sostenido de los articuladores. Por tanto, la sumatoria de la fase intensiva (FI) y la fase tensiva (FT) será igual a la duración de la oclusión de la consonante.

Habitualmente, para la caracterización de la oclusión o *closure* se toma el área que comprende desde las últimas estructuras formánticas de la vocal antecedente hasta la barra de explosión. Novotny (2014) la describe como el debilitamiento lento de los formantes de la vocal

adyacente, específicamente el debilitamiento del formante 2 siendo considerado un punto de partida para la descripción de la fase oclusiva y advierte que la energía sonora se hace evidentemente menor. Teniendo en cuenta lo anterior, para este estudio se planteó una caracterización detallada de la duración de la tensión articulatoria, debido a esto se denominó como fase oclusiva-tensiva (Figura 27) donde la referencia para su medición se estableció como el punto de menor energía sonora orientada por la curva de intensidad que envuelve a la sílaba hasta la barra de explosión. (Arias-Vergara et al., 2020).

**Figura 27.**

*Definición fase oclusiva tensiva - OT*



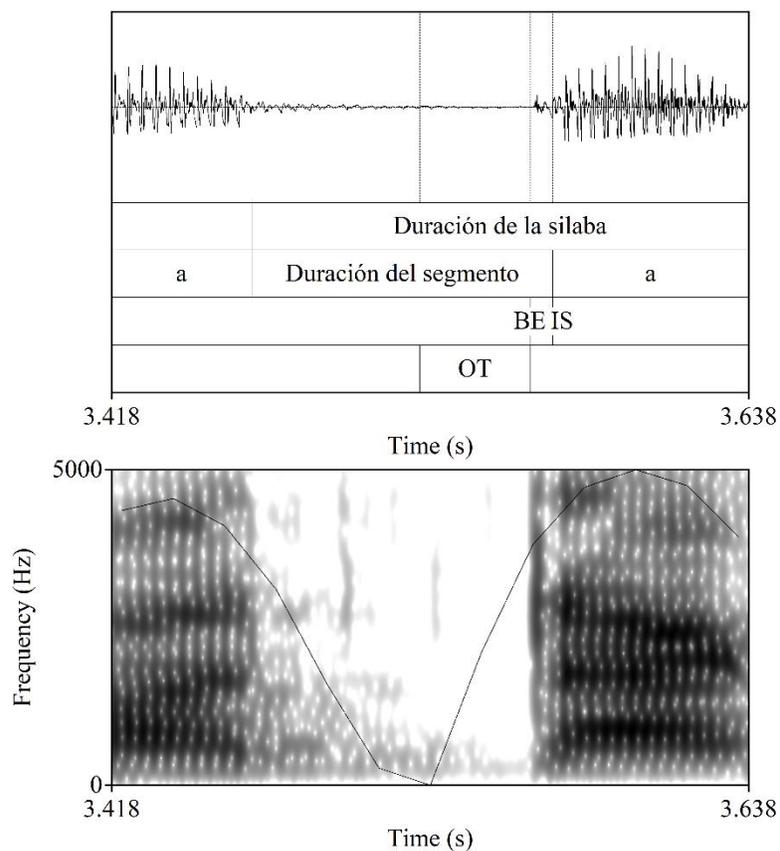
[paˈtaka] de segunda secuencia DDK hablante masculino GC 0024

En la Figura 28 se observan los cuatro niveles de etiquetado utilizado, la duración silábica comprende el segmento consonántico + vocálico, la duración del segmento consonántico cuya

medición se orientó en la selección del inicio del declive de la curva de intensidad hasta el inicio de la periodicidad de la vocal, el VOT y la fase oclusiva-tensiva teniendo como referencia el punto mínimo de intensidad.

**Figura 28.**

*Niveles de etiquetado de parámetros de medición*



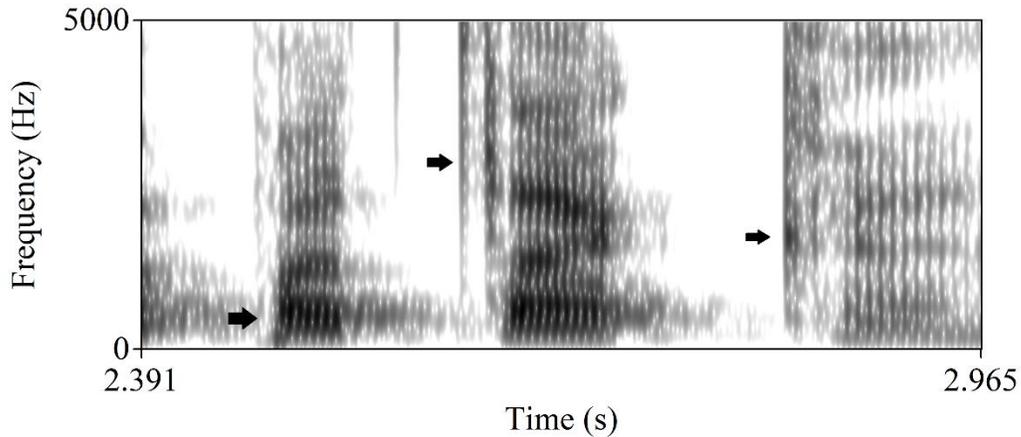
*[[ta] de novena secuencia DDK hablante femenino GC 0024*

**4.3.3. Indicios acústicos para la determinación de punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión**

Borzzone (1980) y Martínez Celdrán (2013) expresan que este factor descriptivo orienta la hipótesis sobre la realización de la zona de articulación (ver Figura 29).

## Figura 29.

*Punto de máxima energía en la barra de explosión*



[paˈtaka] de sexta secuencia DDK hablante masculino GC 0005

La producción de sonidos bilabiales por lo general muestra sus puntos de máxima concentración de energía en frecuencias bajas, los sonidos dentales en frecuencia altas; y los sonidos velares en frecuencias medias. El parámetro de medición se expresa en hertzios y su representación da los indicios articulatorios del rasgo de punto (Blumstein y Stevens, 1979; Halle et al., 1957)

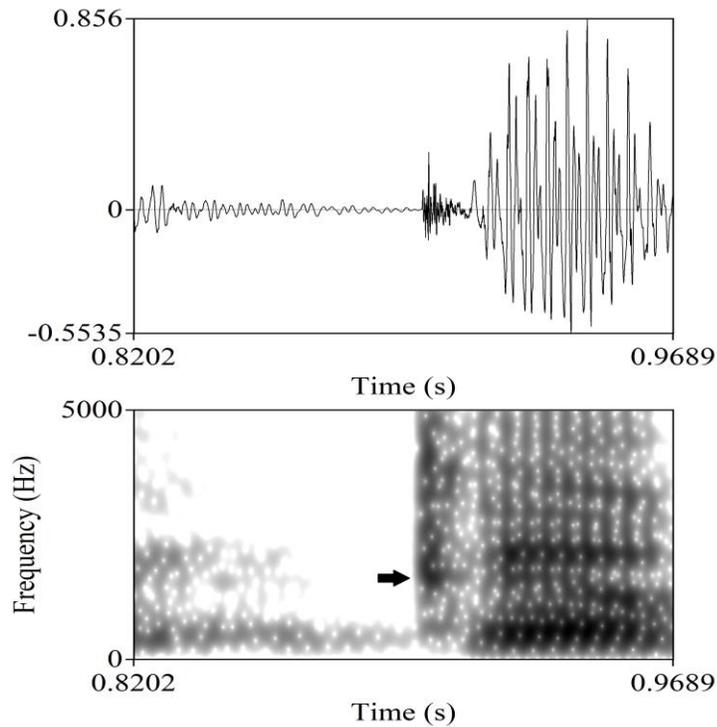
Por ser un recurso impresionístico, para una corroboración del punto de máxima energía de la barra de explosión, es necesario utilizar herramientas espectrográficas como el *spectral slice*<sup>21</sup> tomándose como criterio los dos picos espectrales mas sobresalientes de 0 a 5000 Hz que permiten inspeccionar el contenido frecuencial de la señal propia de la barra de explosión (Figura 30).

---

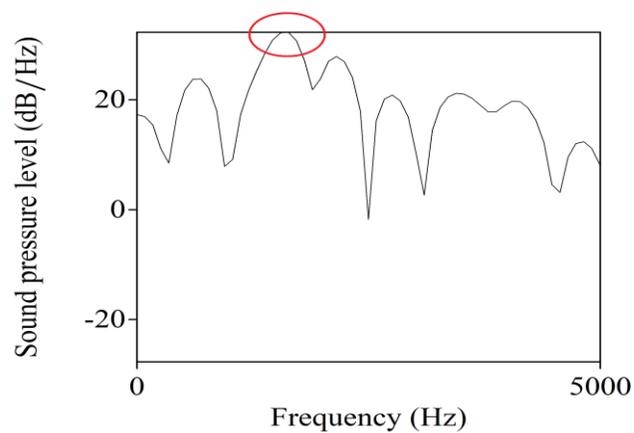
<sup>21</sup> Para este corte se tomó una ventana de máximo 10 ms en la barra de explosión.

**Figura 30.**

*Spectral slice para determinación de punto de máxima energía*



Punto de máxima energía en barra de explosión – recurso impresionístico



Punto de máxima energía de barra de explosión teniendo en cuenta lo picos espectrales sobresalientes.

*[ka] de segunda secuencia DDK hablante masculino GC 005*

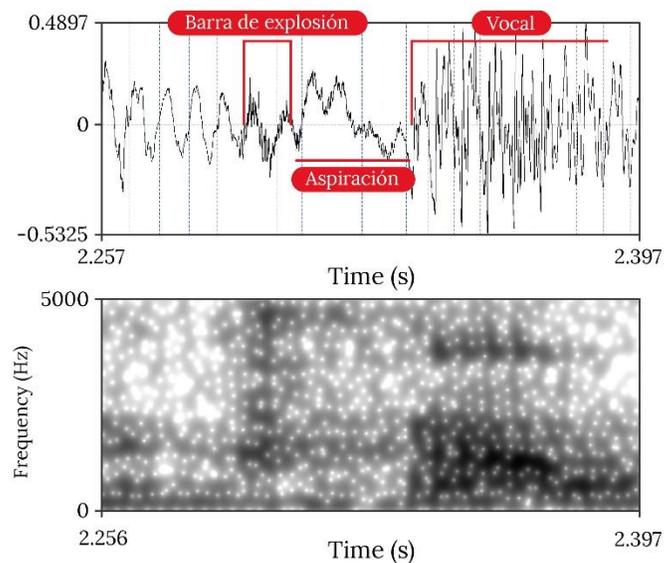
#### 4.3.4. Caracterización complementaria: los fenómenos glóticos y supraglóticos

Como criterios descriptivos de los parámetros acústicos medidos, se opta por la determinación de cualidades espectrográficas encontradas durante el análisis objetivo. Estas características se dividen en aspectos glóticos y aspectos supraglóticos.

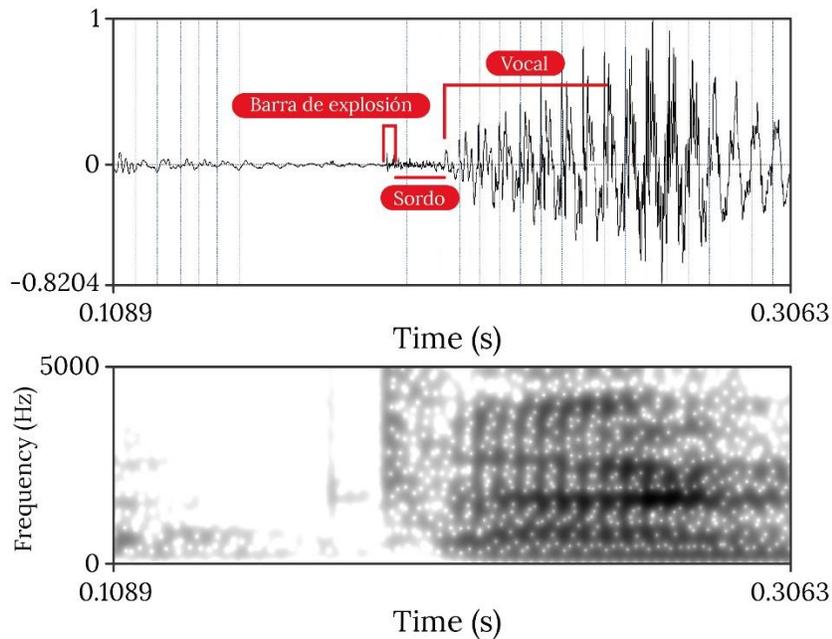
La descripción de los aspectos glóticos está relacionada con la presencia total, regular o nula de pulsos glotales en la producción de COOS, para esto se determinan categorías como sonorización, semisonorización, sorda, aspirada y características mixtas (sonorizadas y aspirada, semisonorizada y aspirada) (ver Figura 31).

**Figura 31.**

*Ejemplificación de fenómenos glóticos*



**Aspiración.** [ $k^h a$ ] de sexta secuencia DDK hablante masculino EP 16. Se evidencia presencia de energía o estructuras espectrográficas dispersas, además de la distorsión de la señal en el eje del tiempo con presencia irregular de pulsos glotales.



**Ausencia de armónicos de baja frecuencia (sordo):**[ta] de primera secuencia DDK hablante masculino EP 25. Se evidencia mínima presencia de pulsos glotales, la distorsión de la señal en el eje del tiempo es poca.

Por su parte, la caracterización de los aspectos supraglóticos esta relacionada con las cualidades impresionistas de la barra de explosión. Se determina entonces categorías como barra de explosión definida, debilitada, doble barra de explosión, mixta (doble barra de explosión con debilitamiento).

Cabe aclarar que este procedimiento está basado en la impresión observacional de los espectrogramas y se consideran como variables complementarias para el análisis acústico que se propuso.

#### **4.4. Caracterización de las variables**

La definición y caracterización de las variables de estudio trazaron la ruta metodológica para el análisis de los datos acústicos obtenidos a partir del plan de análisis de los resultados. Esta investigación retomó variables demográficas y de identificación diagnóstica, así como variables lingüísticas y acústico-espectrográficas que permitieron comparar la producción de las COOS en el GC con la producción del EP, pudiéndose correlacionar variaciones o no relacionadas a la condición diagnóstica.

Las variables demográficas caracterizaron a los hablantes en categorías de sexo y edad, mientras que, las variables clínicas caracterizan a la población del EP para confirmar y determinar el estadio de la enfermedad a partir de las escalas de diagnóstico neurológico.

Las variables lingüísticas contextualizan la realización diadococinética. El contexto vocálico y la estructura silábica son constantes dentro de la producción repetida de /pataka/. En lo que tiene que ver con el contexto segmental se determinan variables como la posición inicial absoluta y posición intervocálica para /p/. Finalmente, las variables acústico-espectrográficas son igualmente lingüísticas, pero con un comportamiento dependiente según la producción de cada uno de los hablantes y de los análisis espectrográficos efectuados.

A continuación, se presenta la sistematización de la naturaleza conceptual de cada una de las variables (Ver Tabla 27).

**Tabla 27.**

*Descripción de las variables*

<b>Variables sociodemográficas y de diagnóstico clínico</b>			
<i>Nombre de la variable</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Nivel operativo</i>	<i>Fuente de la información</i>
<i>Edad</i>	Años cumplidos del sujeto, desde el nacimiento hasta su participación en el corpus GITA	18 A 100 Años - Números enteros	Corpus GITA – datos identificación.
<i>Sexo</i>	Características biológicas diferenciales entre hombre y mujer.	(1) Femenino (2) Masculino	Corpus GITA- datos identificación.
<i>Tiempo de diagnóstico</i>	Tiempo transcurrido en años desde el diagnóstico de EP hasta su participación en el corpus GITA.	Números enteros 0-43 años	Corpus GITA- datos identificación.
<i>Escala MDS-UPDRS III</i>	Escala que caracteriza la estadio y el compromiso motor de la patología.	0= asintomático 1= compromiso leve 2= compromiso medio 3= compromiso moderado 4= compromiso severo	Corpus GITA - datos identificación.
<i>MDS-UPDRS SPEECH</i>	Subescala de MDS-UPDRS III que evalúa, controla y sigue la sintomatología motora y no motora que afecta el habla.	0= normal 1= compromiso leve 2= compromiso medio 3= compromiso moderado. 4= compromiso severo	Corpus GITA - datos identificación.

<b>Variables lingüísticas</b>			
<i>Nombre de la variable</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Nivel operativo</i>	<i>Fuente de la información</i>
<i>Contexto segmental</i>	Ubicación del segmento consonántico en la producción de DDK	0= Posición inicial absoluta.CV 1= posición interna. V.CV	Corpus GITA - tareas lingüísticas.

<b>Variables acústico- espectrográficas</b>			
<i>Nombre de la variable</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Nivel operativo</i>	<i>Fuente de la información</i>
<i>VOT</i>	Tiempo de inicio de la sonoridad	Milisegundos (m.)	Subcorpus GITA_VOT-grabaciones y análisis espectrográfico.

<i>Punto de máxima energía en barra de explosión</i>	Indicio espectrográfico de la fase de explosión de la consonante obstruyente oclusiva sorda.	Hertz (Hz)	Subcorpus GITA_VOT- Grabaciones y análisis espectrográfico.
<i>Duración de la fase oclusiva-tensiva</i>	Tiempo en (ms) que indica la fase tensiva de la consonante obstruyente oclusiva sorda.	Milisegundos (m.)	Subcorpus GITA_VOT. Grabaciones y análisis espectrográfico.
<i>Duración de la consonante</i>	Tiempo en (ms) que representa la sumatoria de las intensiva, tensiva y explosiva de las COOS.	Milisegundos (ms)	Subcorpus GITA_VOT- grabaciones y análisis espectrográfico.

### Variables complementarias de orden cualitativo

<i>Nombre de la variable</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Nivel operativo</i>	<i>Fuente de la información</i>
<i>Fenómenos glóticos</i>	Característica observacional que se orienta por la presencia total, parcial o nula de pulsos glotales.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sonorizada</li> <li>2. Semisonorizada</li> <li>3. Sonorizada y aspirada</li> <li>4. Semisonorizada y aspirada</li> <li>5. Sorda</li> <li>6. Aspirada</li> </ol>	Subcorpus GITA_VOT - grabaciones y análisis espectrográfico.
<i>Fenómenos supraglóticos</i>	Característica observacional que se orienta por la concentración de grises en la barra de explosión.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barra definida</li> <li>2. Barra debilitada</li> <li>3. Doble barra de explosión.</li> <li>4. Doble barra de explosión y debilitamiento.</li> </ol>	Subcorpus GITA_VOT - grabaciones y análisis espectrográfico.

## Capítulo V

### 5. Resultados

Este capítulo presenta los resultados obtenidos divididos en cinco secciones. De manera general, estas secciones dan cuenta de la revisión de los datos a partir de un ejercicio de validación de las medidas obtenidas; la descripción general de los datos y las pruebas de hipótesis con estadística no paramétrica; y el análisis multivariado para la comprensión del sistema de clasificación que brindan los parámetros acústicos de las COOS para la diferenciación entre el habla de las personas sanas y el habla disártrica de las personas con EP.

El apartado 5.1 describe la revisión y validación de los datos con base al protocolo de segmentación y etiquetado teniendo en cuenta el criterio *intra-class correlation* (ICC) sobre las mediciones obtenidas.

El apartado 5.2 y 5.3 presenta el análisis uni-bivariado, describe y compara las características fonético-acústicas, la escala de diagnóstico clínico (MDS-UPDRS III) y los fenómenos complementarios de las COOS presentes tanto en el grupo caso (EP) como en el grupo control (GC).

El apartado 5.4 describe desde una perspectiva multivariada el sistema de clasificación dada a partir de los datos acústicos obtenidos y propone un perfil acústico de realización de las COOS en el habla disártrica que se consolida como un indicio para la identificación del habla sana frente al habla de las personas que tienen EP.

El apartado 5.5 muestra las pruebas de validez diagnóstica y sus respectivas medidas de desempeño, éstas denotan la efectividad del VOT como parámetro acústico para la clasificación entre hablantes sanos y con EP.

Para los resultados se realizó el análisis estadístico mediante el software gratuito R versión 3.6.3. Este es un software basado en JAVA, que permite el análisis estadístico descriptivo y analítico con un uso extendido a diferentes estudios interdisciplinarios, multi y transdisciplinarios.

### 5.1. Revisión de datos

El proceso de revisión y control de la calidad de los datos se realizó sobre 137 producciones, que corresponden al 10% de los datos del grupo control. Estos fueron seleccionados de manera aleatoria y representan a 48 hablantes. La Tabla 28 muestra la distribución por sílabas resultantes de esta revisión.

**Tabla 28.**

*Distribución por sílabas*

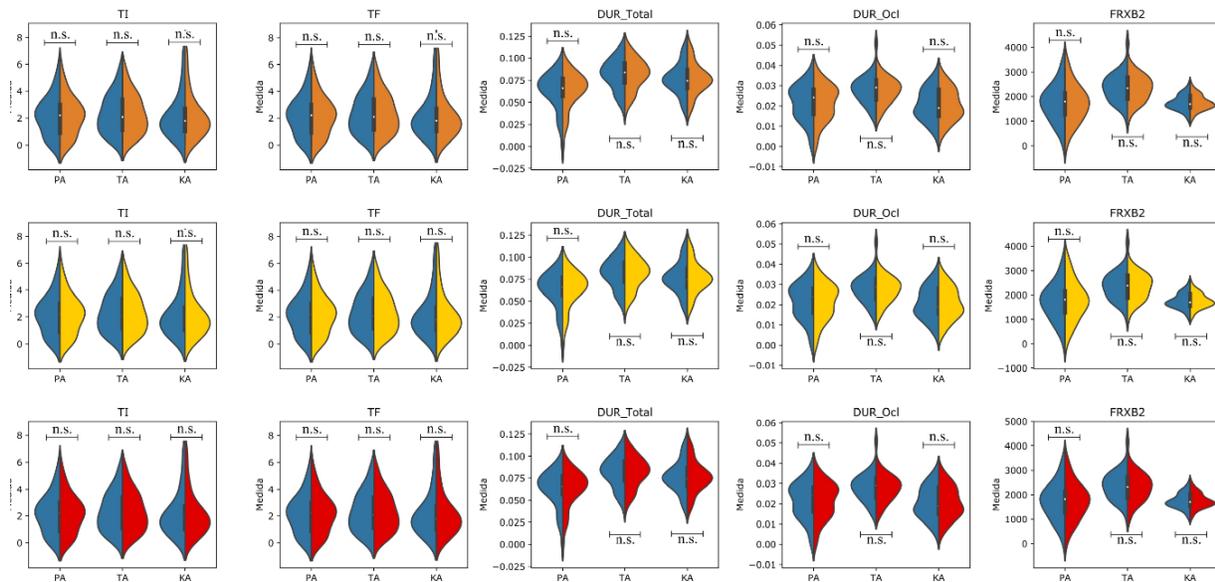
	[pa]	[t̪a]	[ka]	[βa]	[ɣa]
Conteo	46	47	38	3	1

El proceso consistió en revisar una a una las medidas tomadas de los cuatro parámetros acústicos tanto en Praat como en los registrados en la base de datos (VOT, duración de la consonante, duración de la fase oclusiva-tensiva y el punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión). Estas revisiones fueron desarrolladas por tres personas: un filólogo en formación con desconocimiento metodológico y teórico del estudio; un joven investigador en filología, conocedor tanto de la metodología como del contenido teórico del estudio; y una doctora en lingüística, experta en fonética acústica, sin conocimiento de la metodología ni de la orientación teórica del estudio. A los tres participantes se les entregó una síntesis del estudio, un tutorial audiovisual que explica la metodología para la toma de mediciones y una tabla de números aleatorios.

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre las perspectivas de medición (Gráfico 6). Para este análisis se utilizó el criterio Intra-Class Correlation (ICC)<sup>22</sup> que establece las diferencias entre etiquetadores. Teniendo en cuenta esto, los parámetros de VOT, duración de la consonante y duración de la fase oclusiva-tensiva presentan un ICC igual a 1.0; mientras que el punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión presenta un ICC de 0,969 lo que demuestra similitud entre los etiquetadores<sup>23</sup>.

## Gráfico 6.

### Similitudes entre etiquetadores



TI: Tiempo de inicio del VOT. TF: tiempo final del VOT. DUR\_Total: duración total de la consonante. DUR\_Oclu: duración de la fase oclusiva-tensiva. FRXB2: Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión. n.s.: sin significancia.

<sup>22</sup> El Criterio intra-class correlation (ICC) mide la confiabilidad de las calificaciones o mediciones de los conglomerados, es decir, datos que se han recopilado como grupos o clasificados en grupos (Shrout & Fleiss, 1979).

<sup>23</sup> Cada etiquetador se representa con un color diferente. El color azul representa al etiquetado de referencia.

## 5.2. Descripción general de los datos

La muestra de estudio se caracterizó por 50 personas con EP y 50 personas sanas balanceados en edad ( $p$  valor= 0.77) y sexo ( $p$  valor=0.99) (ver Tabla 29 y sección 4.1.1)

### Tabla 29.

*Promedio de edades de acuerdo con los grupos estudiados*

	<i>Femenino</i>	<i>Masculino</i>
<i>Casos (EP)</i>	60,72 (n=25)	61,32 (n=25)
<i>Controles (GC)</i>	61,44 (n=25)	60,52 (n=25)

\*Edad expresada en años

Para la caracterización del EP se tomaron en cuenta variables clínicas basada en la Escala MDS UPDRS III<sup>24</sup> que indica el compromiso motor general, y de manera específica, el apartado *speech* de evaluación del habla que indica el impacto en la articulación de los sonidos y la inteligibilidad de la palabra, al igual que el tiempo de diagnóstico. La Tabla 30 muestra el comportamiento de las variables de caracterización clínica y éstas como se distribuyen a partir de los grados de afectación en el habla (MDS-UPDRS-*speech*). Se evidencia que un tiempo de diagnóstico menor a 5 años está asociado en promedio a la ausencia o mínima sintomatología motora, mientras que el impacto en el habla inicia de manera leve en promedio hacia los 11 años de diagnóstico y un impacto moderado en el habla que en promedio inicia a los 15 años de diagnóstico o más.

---

<sup>24</sup> La distribución por edades y por escalas de diagnóstico neurológico están explicadas en el apartado 4.1.1 sobre las características específicas de los participantes.

**Tabla 30.***Promedio de diagnóstico y de compromiso motor*

<i>MDS-UPDRS Speech</i>	<i>Normal</i>	<i>Leve</i>	<i>Medio</i>	<i>Moderado</i>	<i>Total</i>
<i>Tiempo de diagnóstico (años)</i>	4,86	11,85	13,29	15,11	11,86
<i>MDS-UPDRS III (puntaje de escala)</i>	16,30	33,76	49,08	56,67	39,14
<i>N</i>	7	23	16	4	50

Las tareas lingüísticas desarrolladas consistieron en la producción de la diadococinecia (DDK) /pataka/. La Tabla 31 muestra que el promedio de producción por persona es de 9 repeticiones.

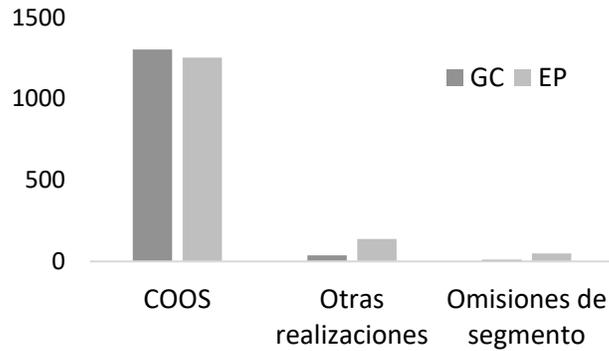
**Tabla 31.***Promedio de repeticiones de /pa'taka/ en los grupos estudiados*

	<i>Femenino</i>	<i>Masculino</i>	<i>Total por grupo</i>
<i>EP</i>	9,92 (n=25)	9,6 (n=25)	9,76 (n=50)
<i>GC</i>	9,48 (n=25)	8,48 (n=25)	8,98 (n=50)
<i>Total por sexo</i>	9,7 (n=50)	9,04 (n=50)	9,37 (n=100)

Durante la producción de DDK tanto en el EP como GC se presentaron modificaciones en la producción de las consonantes oclusivas sordas con presencia de consonantes aproximantes [β] [δ] [γ], articulación de sonidos fricativos y nasales, al igual que modificaciones articulatorias en el segmento vocálico principalmente [a] por [e]. En el EP se evidencia una mayor ocurrencia de sonidos aproximantes y modificaciones en la integridad de la sílaba analizada. El Gráfico 7 muestra la distribución de los datos de las COOS y sus diferentes producciones, al igual que las omisiones de segmentos realizadas. Por su parte el Gráfico 8 enfatiza en las producciones aproximantes encontradas.

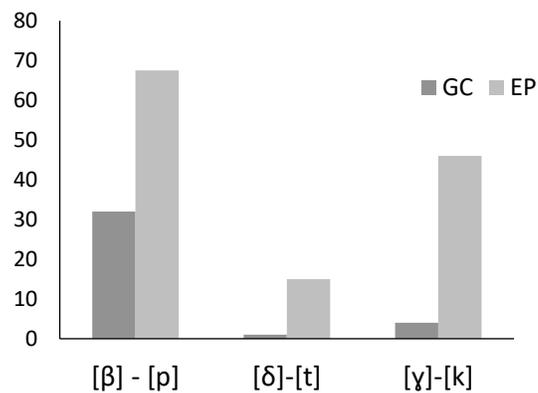
### Gráfico 7.

*Distribución de los datos encontrados*



### Gráfico 8.

*Producción de aproximantes*



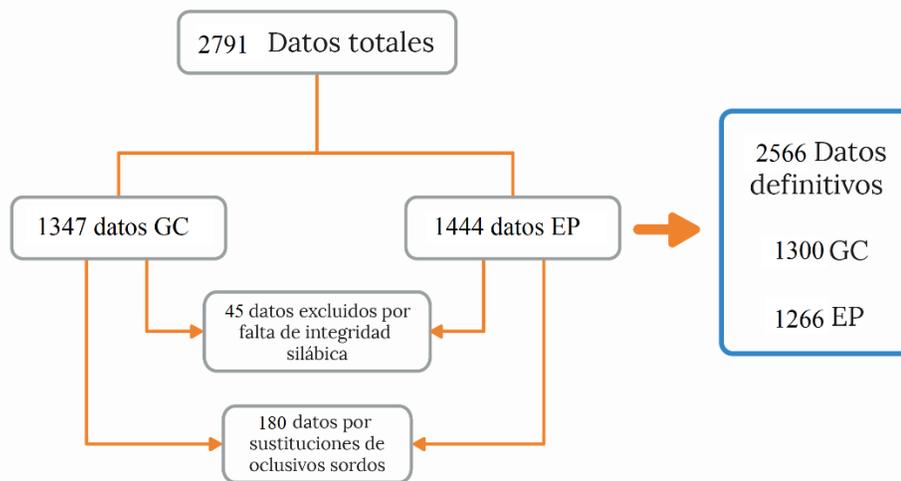
Para el análisis de las tareas lingüísticas, de un total de 2791 producciones analizadas (1347 GC Y 1444 EP), 45 fueron excluidas del análisis ya que presentaban inconsistencias en la integridad del espectro, la integridad de la sílaba por ausencia de la vocal o de la consonante

(omisiones de segmento), y por presencia de habla murmurada diferente a los sonidos objeto de estudio. El 80% (36) de los casos se presentaron en el EP y el 20% (9) restante en el GC.

Igualmente, se presentaron producciones diferentes a las oclusivas sordas, con una alta producción de sonidos aproximantes en 180 ocurrencias, donde el 79% (142) de ellos corresponden al EP y el 21% (38) al GC. Teniendo en cuenta esto, las producciones diferentes a las COOS son excluidas con el fin de analizar en pleno las características acústicas de dichos segmentos. La Figura 11 muestra la distribución definitiva de los datos.

**Figura 32.**

*Distribución general de los datos*



### 5.3. Pruebas de hipótesis con estadística no paramétrica<sup>25</sup>

Para este proceso se utilizó la prueba estadística Mann Whitney Wilcoxon, que se caracteriza por ser una metodología no paramétrica, esta consiste en comparar las medias de acuerdo con unas características por pares. En este caso se plantearon las siguientes hipótesis:

<sup>25</sup> Prom. Promedio. DE: desviación estándar. Me: Mediana

- Hipótesis nula:  $H_0: \mu_i = \mu_j$
- Hipótesis alternativa  $H_a: \mu_i \neq \mu_j$

A partir de esto se realizó la prueba de diferencia de medias y los valores que se van a mostrar más adelante, corresponde al *p valor*, donde si este valor es menor a 0,05 quiere decir que:

1. Se rechaza la hipótesis nula
2. La existencia de una diferencia significativa entre cada una de las variables o categorías comparadas.

### ***5.3.1. Características acústicas de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas***

#### ***5.3.1.1. Voice Onset Time***

Este parámetro describe el tiempo que transcurre entre la barra de explosión y el inicio de la vocal (Véase apartado 3.5.2.3.1). En la sílaba [pa] [t̪a] y [ka] el EP reporta promedios de VOT superiores a los de GC. El EP presenta un mayor número de datos atípicos principalmente en [p] y [k] que demuestran un aumento significativo de su duración.

Estos reportes de incrementos del tiempo del VOT corresponden a correlatos fisiológicos que indican mayor tiempo de coordinación supraglótica y glótica e inicio de la vibración del pliegue vocal lentificada. Además, se resalta que el relato de punto de articulación se mantiene en la relación  $t_{[p]} < t_{[t̪]} < t_{[k]}$ , donde  $t_{[p]}$  es tiempo de [p],  $t_{[t̪]}$  es tiempo de [t̪] y  $t_{[k]}$  el tiempo de [k] (Ver Tabla 32 y Gráfico 9). Se afirma entonces que el parámetro de VOT presenta diferencias significativas entre personas de EP y GC.

**Tabla 32.**

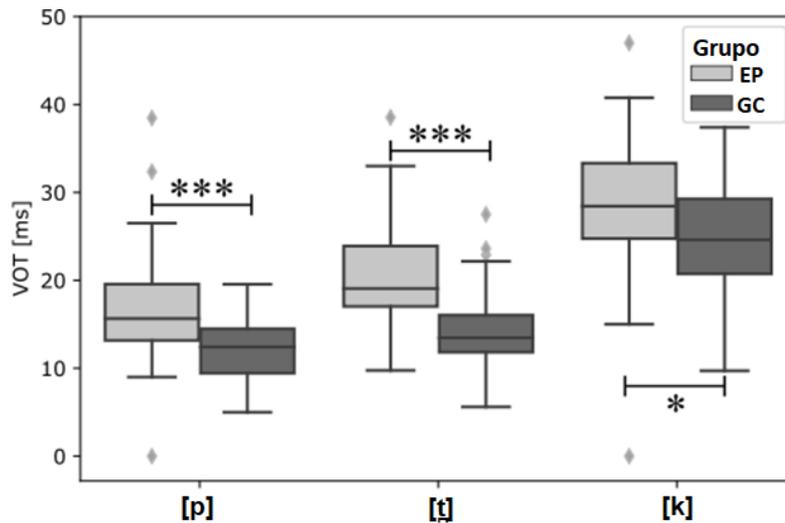
*Promedio de VOT por segmento consonántico*

	Parámetro acústico de VOT											
	[p]			[t]			[k]			Total por grupo		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
EP	16,7	6,1	15,5	20,3	5,6	19,3	29,3	10,8	27,6	22,1	9,4	20,7
GC	11,9	3,9	12,4	14,4	4,5	13,6	24,7	6,6	24,2	17,0	7,5	14,9
Total	14,3	5,6	13,7	17,3	5,9	16,7	26,9	9,2	26,0	19,5	8,9	17,6

Valores en milisegundos (ms)

**Gráfico 9.**

*Promedio de VOT de cada una de las COOS*



*p* valor: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

[p] *p* valor 0,00003. [t] *p* valor 0,00000012, [k] *p* valor 0,011

### 5.3.1.2. Duración de la fase oclusiva-tensiva

Esta fase de la consonante se caracteriza como el tiempo que transcurre entre el mínimo punto de intensidad hasta la barra de explosión (Veáse apartado 3.5.2.2. y apartado 4.3.2.). En los resultados se evidencia que las personas del EP presentan un promedio de realización menor que el GC. En el GC presenta una desviación estándar muy baja que indica homogeneidad de datos y concentración de los mismos alrededor del promedio.

Esta característica de duración de la oclusión, representa fisiológicamente una pérdida de la tensión en las consonantes explosivas en EP, que demuestra una modificación en la integridad acústica de dichos segmentos, específicamente en el decremento de la tensión consonántica que podría debilitar la fuerza de la explosión. Por otro lado, el tiempo se establece como  $t_{[k]} < t_{[p]} < t_{[t]}$ . (Ver Tabla 33 y Gráfico 10). Entre ambos grupos se evidencian diferencias significativas.

**Tabla 33.**

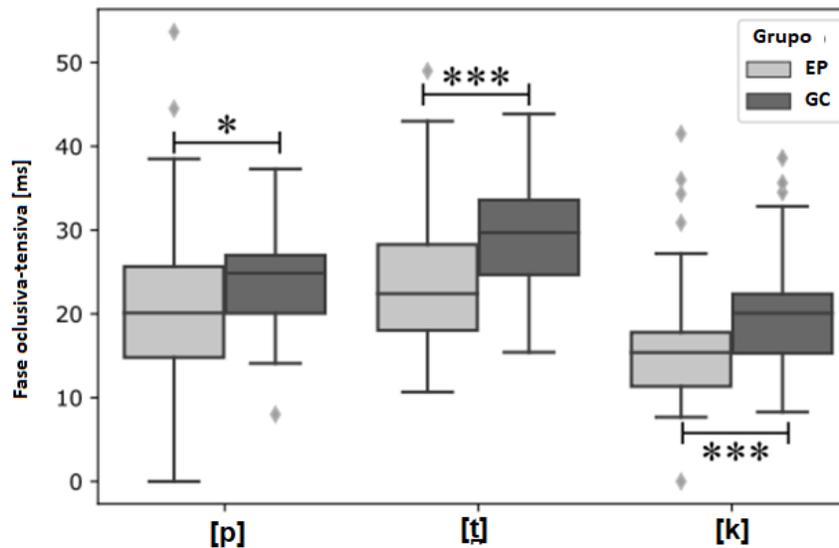
*Parámetro de duración de la fase oclusiva-tensiva*

<i>Parámetro de duración de la fase oclusiva-tensiva</i>												
	<i>[p]</i>			<i>[t]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>EP</i>	21,1	9,2	20,0	23,8	8,7	22,4	15,5	7,7	13,9	20,2	9,2	18,3
<i>GC</i>	23,4	5,5	24,0	28,9	6,0	29,7	19,8	6,8	18,7	24,0	7,2	23,7
<i>Total</i>	22,3	7,6	22,4	26,4	7,9	26,8	17,6	7,5	16,6	22,1	8,5	21,1

*Valores en milisegundos (ms)*

**Gráfico 10.**

*Duración de la fase oclusiva-tensiva*



*p* valor: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$   
 [p] *p* valor 0,0165. [t] *p* valor 0,00037. [k] *p* valor 0,000382

### 5.3.1.3. Duración total de la consonante

La duración de la consonante es el tiempo que caracteriza las tres fases articulatorias de las oclusivas sordas (intensión + tensión + explosión). En el EP se presenta un aumento de la duración con respecto al GC, ambos promedios sin verse afectados significativamente por datos atípicos.

La duración del segmento consonántico en [t̪a], tanto en el EP como en GC, se encuentra aumentada con respecto a las consonantes velar y bilabial. En ambos grupos se establece una relación de  $t_{[p]} < t_{[k]} < t_{[t̪]}$ . (ver Tabla 34 y Gráfico 11).

**Tabla 34.**

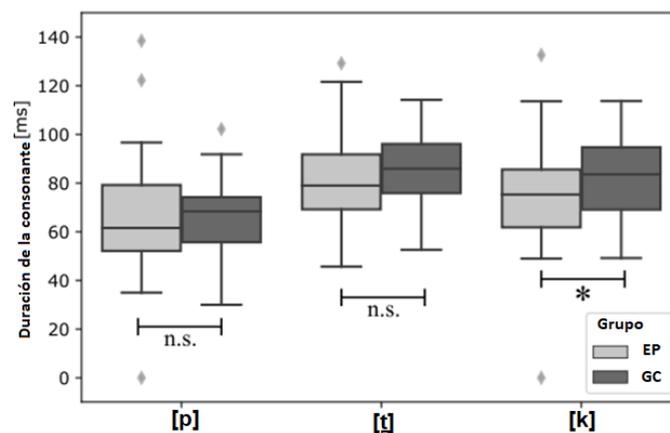
*Duración total de la consonante*

	<i>Parámetro acústico de Duración total de la consonante</i>											
	<i>[p]</i>			<i>[t̪]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>EP</i>	67,6	28,7	59,6	82,6	20,7	79,0	74,9	26,3	69,6	75,1	26,0	72,3
<i>GC</i>	65,2	14,2	67,5	86,0	14,6	85,9	81,3	15,2	82,0	77,5	17,1	76,4
<i>Total</i>	66,4	22,5	63,7	84,3	17,9	83,3	78,1	21,6	77,7	76,3	22,0	75,7

*Valores en milisegundos (ms)*

**Gráfico 11.**

*Duración total de la consonante*



*p* valor: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$ ; n.s sin significancia

[p] *p* valor 0,705. [t̪] *p* valor 0,1225. [k] *p* valor 0,0185

### 5.3.1.4. Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión

Esta característica acústica se establece como correlato fisiológico de punto de articulación (Véase apartado 3.5.2.1. y apartado 4.3.3.) donde por medio del reconocimiento del pico espectral entre GC y EP no se presentan diferencias significativas en las realizaciones articulatorias de [t] y [k]. Mientras que el segmento [p] sí muestra diferencias significativas entre ambos grupos, presentándose en el EP picos espectrales bajos. Por tanto,  $f_{[p]} < f_{[k]} < f_{[t]}$ , siendo  $f_{[p]}$  frecuencia de [p],  $f_{[t]}$  frecuencia de [t] y  $f_{[k]}$  frecuencia de [k]. (ver Tabla 35 y Gráfico 12)

**Tabla 35.**

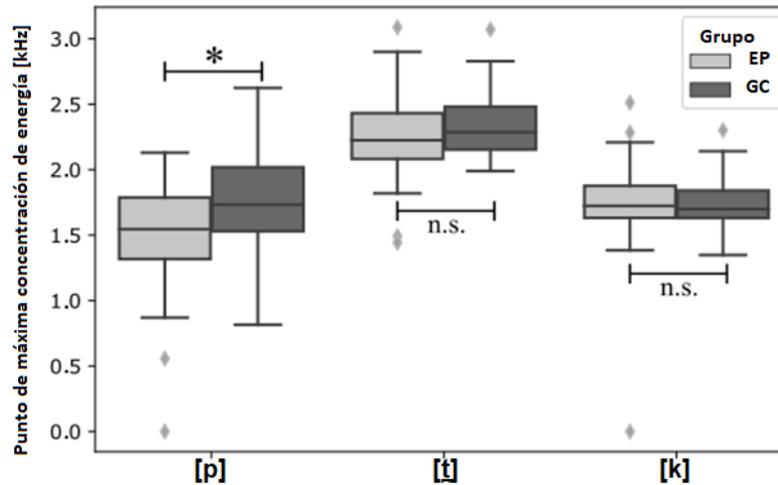
*Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión*

<i>Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión</i>												
	<i>[p]</i>			<i>[t]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>EP</i>	1,537.9	342,6	1,567.2	2,259.2	321,5	2,227.8	1,776.6	242,3	1,731.0	1,860.6	427,8	1,813.4
<i>GC</i>	1,741.8	382,1	1,705.9	2,342.0	239,9	2,286.0	1,740.9	187,2	1,699.3	1,941.6	399,0	1,895.2
<i>Total</i>	1,640.9	375,5	1,672.9	2,300.6	285,3	2,262.9	1,758.6	215,9	1,717.3	1,901.4	414,9	1,854.0

*Valores en Hertzios (Hz)*

## Gráfico 12.

*Punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión*



*p* valor: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$ ; n.s sin significancia  
 [p] *p* valor 0,0116. [t] *p* valor 0,1575. [k] *p* valor 0,5084

### 5.3.1.5. El caso de la [p] y la variabilidad del contexto segmental

El segmento consonántico [p] presenta dos contextos de realización, la posición inicial absoluta y la posición intervocálica. En concordancia con los parámetros acústicos caracterizados, se concluye de manera general que las diferencias en duración son mínimas y no se establecen como importantes o de alta variación entre estos contextos. En la Tabla 36 se especifican estas proporciones.

**Tabla 36.**

*Diferencias de [p] en contexto segmental inicial e intervocálico*

<i>Parámetro acústico</i>	<i>Grupos</i>	<i>Diferencia entre la posición inicial absoluta y posición intervocálica</i>
<i>VOT</i>	GC	0,002 ms
	EP	0,002 ms
	GC	0,001 ms

<i>Duración del segmento consonántico</i>	EP	0,003 ms
<i>Duración de la fase oclusiva-tensiva</i>	GC	0,001 ms
	EP	0,001 ms
<i>Punto de máxima concentración de energía</i>	GC	40 Hz
	EP	20 Hz

### 5.3.1.6. Elementos concluyentes

- El VOT se constituye como un parámetro que diferencia entre EP y GC, con una tendencia al aumento de su duración en EP tanto para los segmentos de [p] [t] y [k].
- El parámetro de duración de la fase oclusiva-tensiva también se constituye como un elemento diferenciador entre EP y GC, de manera fundamental en los segmentos [t] y [k]. La tendencia de realización en EP es hacia el decremento de la duración, por tanto, se establece una relación inversamente proporcional con respecto al VOT.
- El parámetro de frecuencia en la barra de explosión se constituye como un rasgo diferenciador entre EP y GC únicamente para [p].
- La duración total de la consonante y el punto de máxima concentración de energía no presentaron diferencias significativas entre EP y GC. (ver Tabla 37).
- La variación del contexto segmental en posición inicial absoluta y en posición intervocálica de [p] no configuró diferencias importantes en su realización.

**Tabla 37.**

*Valores p de cada parámetro acústico*

	<i>VOT</i>	<i>Duración total</i>	<i>Duración de la oclusión</i>	<i>Frecuencia barra de explosión</i>
<i>EP</i>	1,323E-09	0,08586	3,551E-6	0,114
<i>GC</i>				

### 5.3.2. Características acústicas y escala MDS-UPDRS speech

Como lo muestra la Tabla 30 las variables clínicas de tiempo de diagnóstico, puntaje en la escala MDS-UPDRS III y la subsección Speech son directamente proporcionales, es decir, a mayor tiempo de diagnóstico de la EP mayor impacto motor general y del habla.

En este apartado se retoman las categorías de severidad dadas por la escala MDS-UPDRS en su apartado Speech. Esta escala evalúa de manera subjetiva el habla espontánea del paciente mediante una conversación con el examinador, esto se realiza con el fin calificar el estado de la intensidad vocal, prosodia, inteligibilidad del habla, articulación de las palabras y el desarrollo de sintomatología como la palilalia y procesos taquifémicos (ver apartado 4.1.2). La clasificación se da mediante categorías de *normal* (sin problemas de habla), *leve* (con pérdida de la modulación de las palabras fácilmente entendibles por otros), *medio* (con pérdida de la modulación con palabra poco claras pero entendibles en frases en conjunto), *moderado* (con lenguaje de difícil comprensión para otros), y *severo* (con un habla de difícil y casi nula comprensión por parte de otros)<sup>26</sup>.

Según estas clasificaciones, se evidencia que el **parámetro acústico de VOT** presenta incrementos en los estadios leve y medio de la escala Speech, mientras que el estadio moderado desarrolla decrementos importantes en la producción de dichas consonantes (ver Tabla 38 y Gráfico 13). Cabe aclarar que esta descripción está basada en el comportamiento general de los datos debido a que el número de hablantes por estadio es diferente. Los *valores p* solo muestran diferencias significativas en [t̚] entre estadio normal-medio (*p* valor 0,0329).

---

<sup>26</sup> El corpus PC –GITA no presenta homogeneidad de la muestra por estadio o nivel de compromiso motor, por lo cual, la descripción estadística se establece a partir del comportamiento general de los datos.

**Tabla 38.**

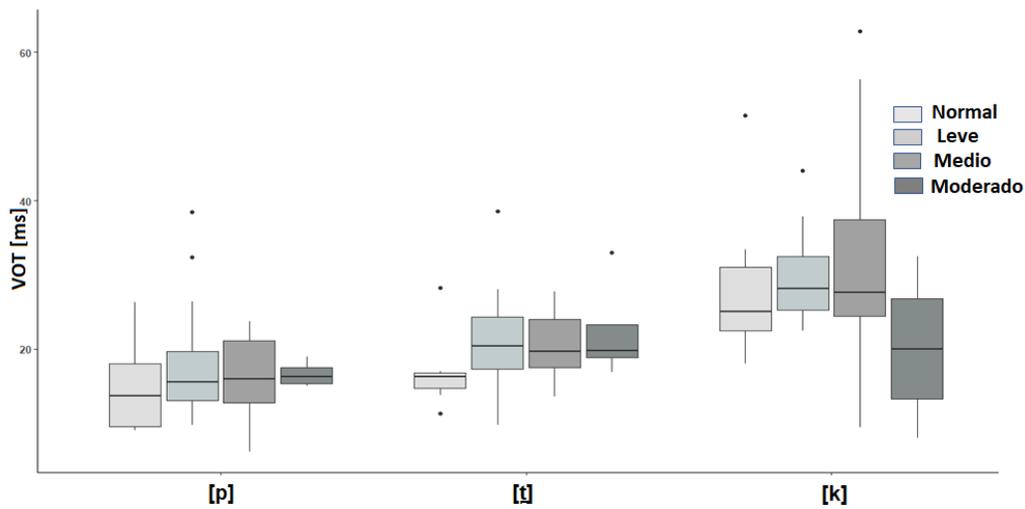
*Parámetro de VOT y escala MDS-UPDRS speech*

	<i>Indicador VOT</i>											
	<i>[p]</i>			<i>[t]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>Normal</i>	14,9	6,5	13,7	17,0	5,3	16,2	28,8	11,2	25,0	20,2	9,9	17,0
<i>Leve</i>	17,5	7,0	15,5	20,7	6,3	20,4	29,4	5,3	28,1	22,5	8,0	22,3
<i>Medio</i>	16,5	5,3	15,9	20,6	4,1	19,7	31,9	15,8	27,7	22,9	11,6	21,1
<i>Moderado</i>	16,6	1,8	16,2	22,4	7,2	19,7	20,1	10,8	19,9	19,7	7,3	17,9
<i>Total</i>	16,7	6,1	15,5	20,3	5,6	19,3	29,3	10,8	27,6	22,1	9,4	20,7

*Valores en milisegundos (ms)*

**Gráfico 13.**

*Indicador de VOT y escala MDS-UPDRS speech*



En el parámetro de **duración de la fase oclusiva-tensiva** se evidencia una tendencia al decremento en la medida que el estadio aumenta. Es decir, el estadio normal muestra valores promedios superiores, seguidos al estadio leve, medio, y los valores más bajos de tensión articulatoria se encuentran en un grado moderado. Cabe aclarar que hay presencia de datos atípicos que pueden

afectar estos valores promedios. Los estadios no muestran diferencias significativas entre sí. (ver Tabla 39 y Gráfico 14)

**Tabla 39.**

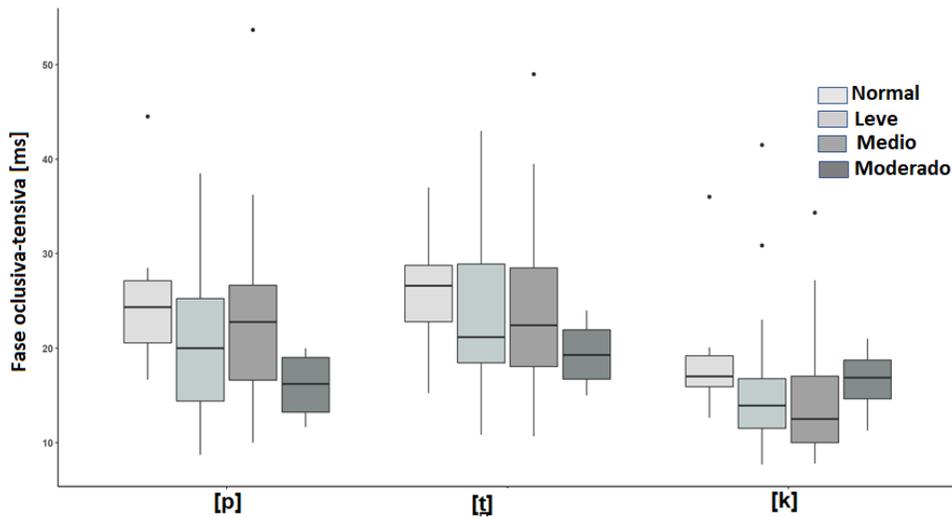
*Parámetro duración de la fase oclusiva-tensiva y escala MDS-UPDRS speech*

	<i>Parámetro de duración de la fase oclusiva-tensiva</i>											
	<i>[p]</i>			<i>[t]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>Normal</i>	25,8	9,2	24,3	26,0	6,9	26,6	19,4	7,7	17,0	23,7	8,2	23,0
<i>Leve</i>	20,4	7,6	20,0	24,1	8,3	21,2	16,1	7,7	13,9	20,2	8,4	19,0
<i>Medio</i>	23,5	10,9	22,8	23,9	10,0	22,4	15,3	7,5	12,5	20,9	10,9	18,2
<i>Moderado</i>	16,0	4,0	16,2	19,4	4,0	19,3	16,5	4,1	16,9	17,3	4,0	17,6
<i>Total</i>	21,8	8,9	20,2	23,9	8,4	22,4	16,4	7,3	16,6	20,7	9,1	19,1

*Valores en milisegundos (ms)*

**Gráfico 14.**

*Parámetro duración de la fase oclusiva-tensiva y escala MDS-UPDRS speech*



**En el parámetro de duración total de la consonante** se evidencia un leve decremento de la duración de la consonante en grados medios y moderados principalmente en [p] y [k], por su parte

las consonantes dentales, presentan un mayor grado de conservación de la duración (Tabla 40 y Gráfico 15). Cabe aclarar que esta descripción está basada en el comportamiento general de los datos, pues los *valores p* no muestran diferencias significativas entre los estadios de la escala speech.

**Tabla 40.**

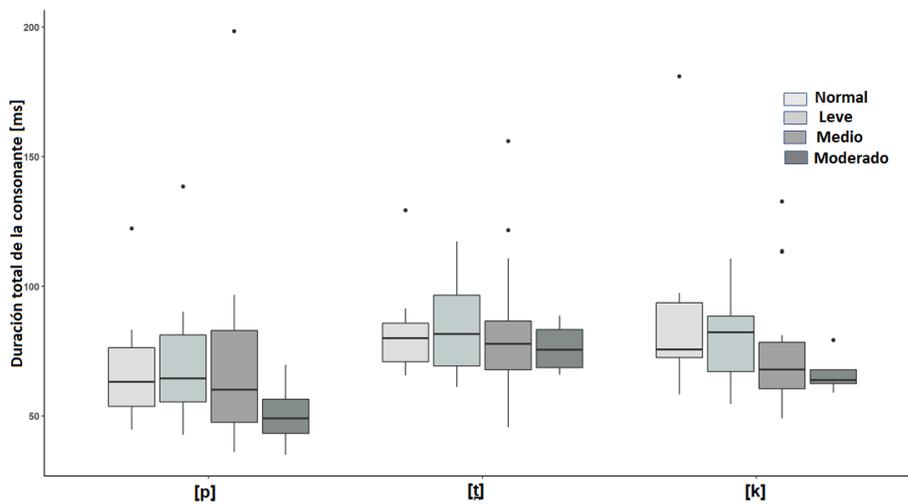
*Parámetro de duración total de la consonante y escala MDS-UPDRS speech*

	<i>Parámetro de duración total de la consonante</i>											
	<i>[p]</i>			<i>[t]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>Normal</i>	70,0	26,4	63,1	84,0	21,7	80,0	89,4	41,9	75,1	81,1	30,8	72,2
<i>Leve</i>	68,8	21,5	63,0	83,7	15,7	81,6	77,7	14,1	78,8	76,7	18,2	77,1
<i>Medio</i>	69,2	40,8	59,5	82,1	28,5	77,8	68,0	31,4	63,2	73,3	33,8	68,1
<i>Moderado</i>	50,7	14,5	49,0	76,4	10,6	75,5	59,1	19,9	62,6	62,1	17,9	66,1
<i>Total</i>	67,6	28,7	59,6	82,6	20,7	79,0	74,9	26,3	69,6	75,1	26,0	72,3

*Valores en milisegundos (ms)*

**Gráfico 15.**

*Parámetro de duración total de la consonante y escala MDS-UPDRS speech*



Por su parte, **la concentración de energía en la barra de explosión** en concordancia con los valores de la prueba speech no muestran datos atípicos significativos que afecten sus promedios. De acuerdo al grado de compromiso en el habla se evidencia que los datos presentan un decremento mínimo cuando el estadio aumenta específicamente en [t̥] y [k], siendo el estadio normal el que presenta el pico frecuencial más alto y el estadio moderado un pico frecuencial bajo. El segmento [p] presenta variabilidades amplias en el estadio moderado. La única fase que reporta diferencia significativa es normal-leve en la consonante velar [k] (*p valor= 0,032*). (ver Tabla 41 y Gráfico 16)

**Tabla 41.**

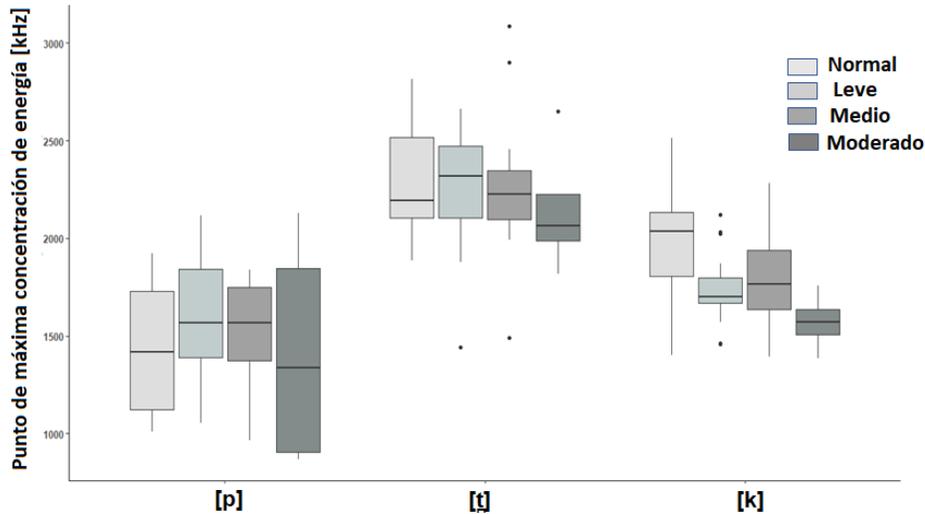
*Parámetro de concentración de energía en la barra de explosión y escala MDS-UPDRS speech*

<i>Parámetro de concentración de energía en la barra de explosión</i>												
	<i>[p]</i>			<i>[t̥]</i>			<i>[k]</i>			<i>Total por grupo</i>		
	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.	Prom.	DE.	Me.
<i>Normal</i>	1,435.4	364.1	1,417.0	2,304.7	355.5	2,192.3	1,974.5	353.0	2,036.1	1,904.9	499.9	1,921.3
<i>Leve</i>	1,606.6	327.2	1,568.7	2,263.5	294.4	2,317.1	1,737.2	161.8	1,698.7	1,869.1	391.1	1,818.5
<i>Medio</i>	1,512.6	275.4	1,567.2	2,260.7	361.6	2,225.3	1,799.5	258.7	1,764.9	1,866.4	431.9	1,776.7
<i>Moderado</i>	1,417.1	624.6	1,334.3	2,148.5	353.7	2,062.7	1,570.8	152.6	1,572.2	1,712.1	505.0	1,753.2
<i>Total</i>	1,537.9	342.6	1,567.2	2,259.2	321.5	2,227.8	1,776.6	242.3	1,731.0	1,860.6	427.8	1,813.4

*Valores en Hertzios (Hz)*

## Gráfico 16.

*Parámetros de concentración de energía en la barra de explosión y escala MDS-UPDRS speech*



### 5.3.2.1. Elementos concluyentes

El grado de compromiso registrado por la escala MDS-UPDRS speech y los parámetros acústicos de las consonantes obstruyentes oclusivas sordas, muestran similitudes entre el estadio leve y medio, así como variaciones importantes en el estadio moderado. Estas diferencias no se evidencian de manera directa en los *valores de p*, que en su mayoría muestra la no significancia entre un estadio a otro. Este resultado puede deberse a que la muestra que no tiene una distribución simétrica por grados de severidad diagnóstica.

Se concluye entonces que las diferencias en los parámetros acústicos entre el EP y GC permiten detectar el habla disártrica y que la clasificación de los estadios de la enfermedad en relación a las características acústicas muestra una tendencia en el comportamiento general de los

datos, pero no es concluyente ni definitiva, principalmente, por tratarse de una distribución heterogénea<sup>27</sup>.

### ***5.3.3. Análisis complementario: fenómenos glóticos y supraglóticos<sup>28</sup>***

#### **5.3.3.1. Fenómenos glóticos**

La caracterización de los fenómenos glóticos tomó como punto de referencia la presencia total, parcial o nula de pulsos glotales en el oscilograma. El Gráfico 17 muestra la presencia de fenómenos glóticos en el GC de semisonorización y sordez, mientras que en el caso del EP los fenómenos de sonorización y sonorización con aspiración tienen una alta presencia. Al establecer la relación entre estos fenómenos y los parámetros acústico-espectrográficos, se puede determinar que el incremento del VOT se relaciona con producciones aspiradas, semisonorizadas y aspiradas, sonorizadas y aspiradas, tanto en las personas con EP como en el GC. Mientras que las producciones sonorizadas y semisonorizadas registran la duración del VOT con tendencia a la disminución (ver Tabla 42 y Gráfico 18)

Por su parte, los fenómenos de rasgo sordo y de semisonorización se asocian con una tendencia al aumento del tiempo de la fase oclusiva-tensiva tanto para EP y GC (ver Tabla 43 y Gráfico 19).

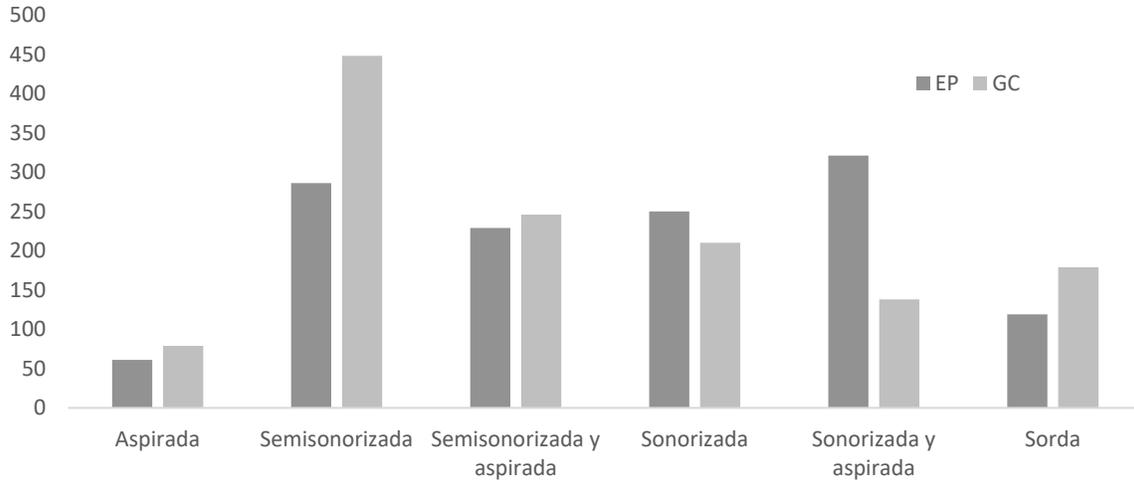
---

<sup>27</sup> Así lo muestra la Tabla 30. En el estadio normal una muestra de 7 personas, en el estadio leve una muestra de 23 personas, en el estadio medio una muestra de 16 personas y en el estadio moderado una muestra de 4 personas.

<sup>28</sup> Para el detalle de estas variables complementarias con respecto a las variables acústico- espectrográficas se caracteriza el VOT y la fase oclusiva-tensiva, parámetros que mostraron ser efectivos en la caracterización entre el habla disártrica y el habla sana. No se presenta una relación de estos fenómenos glóticos y supraglóticos con respecto a la puntuación clínica en la escala UPDRS Speech debido a que la muestra en esta clasificación clínica no es homogénea.

**Gráfico 17.**

*Conteo de ocurrencias de los fenómenos glóticos*



**Tabla 42.**

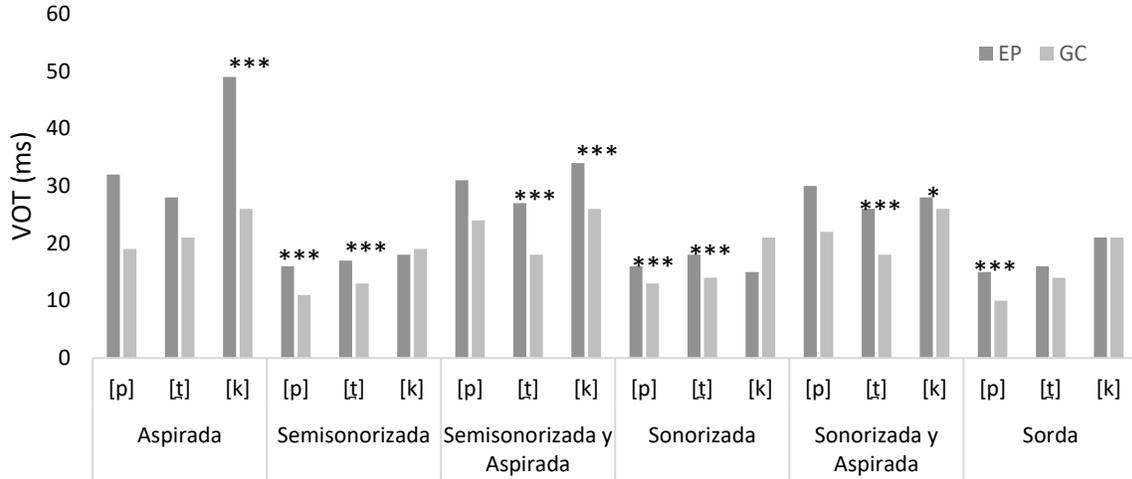
*Fenómenos glóticos y parámetro acústico VOT*

Grupo	Fenómeno Glótico	[p]	[t]	[k]	Promedio VOT
EP	Aspirada	32	28	49	42
	Semisonorizada	16	17	18	17
	Semisonorizada y Aspirada	31	27	34	32
	Sonorizada	16	18	15	16
	Sonorizada y Aspirada	30	26	28	28
	Sorda	15	16	21	16
GC	Aspirada	19	21	26	23
	Semisonorizada	11	13	19	14
	Semisonorizada y Aspirada	24	18	26	24
	Sonorizada	13	14	21	14
	Sonorizada y Aspirada	22	18	26	24
	Sorda	10	14	21	13

*Valores en milisegundos (ms)*

**Gráfico 18.**

*Fenómenos glóticos y VOT*



*p* valor: \*\*\**p* < 0.001; \*\**p* < 0.01; \**p* < 0.05

**Tabla 43.**

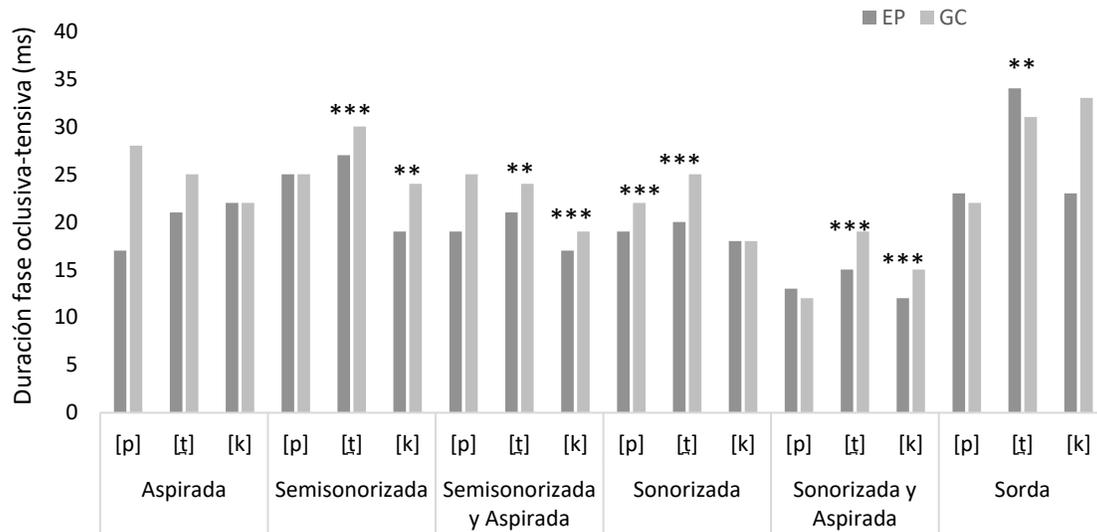
*Fenómenos glóticos y parámetro acústico de duración de la fase oclusiva-tensiva*

Grupo	Fenómeno glótico	[p]	[t]	[k]	Promedio oclusiva-tensiva
EP	Aspirada	17	21	22	21
	Semisonorizada	25	27	19	25
	Semisonorizada y Aspirada	19	21	17	18
	Sonorizada	19	20	18	19
	Sonorizada y Aspirada	13	15	12	13
	Sorda	23	34	23	27
GC	Aspirada	28	25	22	24
	Semisonorizada	25	30	24	27
	Semisonorizada y Aspirada	25	24	19	20
	Sonorizada	22	25	18	22
	Sonorizada y Aspirada	12	19	15	15
	Sorda	22	31	33	26

*Valores en milisegundos (ms)*

## Gráfico 19.

### Fenómenos glóticos y duración de la fase oclusiva-tensiva



*p* valor: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

### 5.3.3.2. Fenómenos supraglóticos

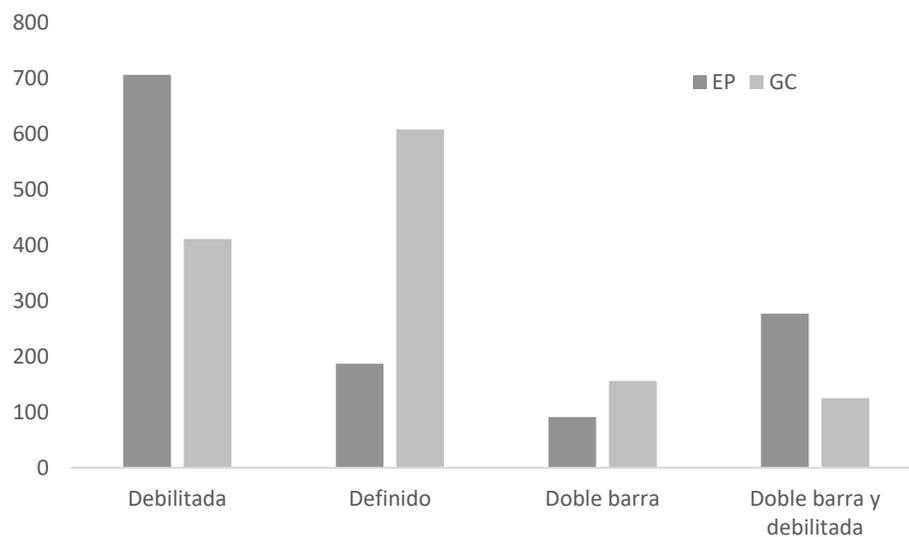
En los fenómenos supraglóticos, la referencia espectrográfica se establece a partir de las características de atenuación o intensificación en la escala de grises la barra de explosión. Teniendo en cuenta esto, el grupo EP evidenció mayor realización de barras de explosión difusas o debilitadas y presencia de doble barra de explosión con debilitamiento. En el grupo GC se evidencia una alta ocurrencia de barras definidas y ocasionalmente doble barra de explosión definida (ver Gráfico 20).

Además, se nota una relación entre el incremento del VOT y la observación impresionística de barras de explosión debilitadas; por lo general estos debilitamientos son indicios de producciones aspiradas. Por su parte, en el grupo GC se evidencia una barra de explosión definida y una tendencia menor de alargamientos en el VOT (Tabla 44 y Gráfico 21). La fase oclusiva-

tensiva también muestra una asociación con el desarrollo de barras de explosión definidas, es decir, entre más definida la barra de explosión se registra mayor tensión en dicha fase. (ver Tabla 45 y Gráfico 22).

### Gráfico 20.

*Conteo de ocurrencias de los fenómenos supraglóticos*



### Tabla 44.

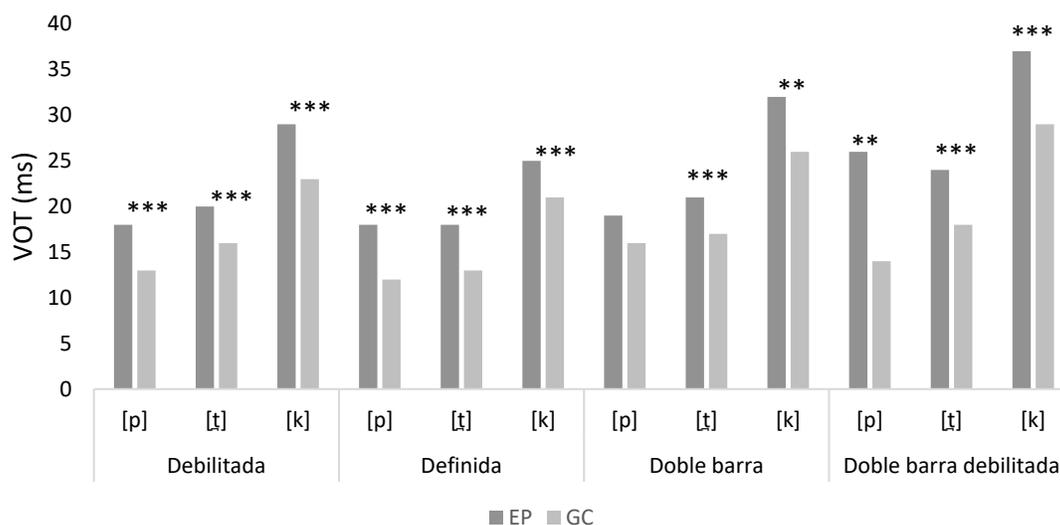
*Fenómenos supraglóticos y parámetro de VOT*

Grupo	Fenómeno supraglótico	Fenómeno			Promedio VOT
		[p]	[t]	[k]	
EP	Debilitada	18	20	29	21
	Definido	18	18	25	19
	Doble barra	19	21	32	28
	Doble barra y debilitada	26	24	37	30
GC	Debilitada	13	16	23	17
	Definido	12	13	21	14
	Doble barra	16	17	26	22
	Doble barra y debilitada	14	18	29	26

*Valores en milisegundos (ms).*

**Gráfico 21.**

*Fenómenos supraglóticos y VOT*



*p* valor: \*\*\**p* < 0.001; \*\**p* < 0.01; \**p* < 0.05

**Tabla 45.**

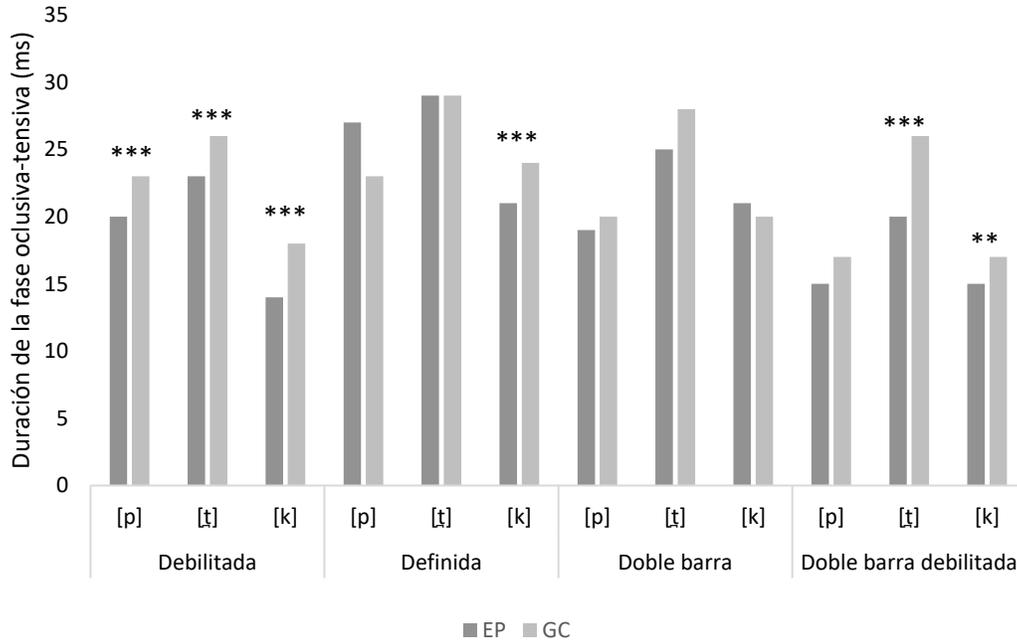
*Fenómenos supraglóticos y parámetro de duración de la fase oclusiva-tensiva*

Grupo	Fenómeno supraglótico	[p]	[t]	[k]	Promedio oclusiva-tensiva
EP	Debilitada	20	23	14	19
	Definido	27	29	21	26
	Doble barra	19	25	21	22
	Doble barra y debilitada	15	20	15	17
GC	Debilitada	23	26	18	22
	Definido	23	29	24	26
	Doble barra	20	28	20	23
	Doble barra y debilitada	17	26	17	19

*Valores en milisegundos (ms).*

## Gráfico 22.

### Fenómenos supraglóticos y duración de la fase oclusiva tensiva



*p* valor: \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

### 5.3.3.3. Elementos concluyentes

Las categorías de los fenómenos glóticos y supraglóticos, son categorías guiadas por la impresión observacional del evaluador y las habilidades perceptuales, por lo que se consideran complementarias. Para tener un acercamiento con la perspectiva estadística se tomaron los valores del promedio de realización y su relación con los parámetros acústicos medidos.

En general estas categorías orientan los siguientes elementos concluyentes:

- Se presenta una tendencia hacia el aumento del VOT y una disminución en la fase oclusiva tensiva cuando hay un componente glótico de aspiración o mixto y un componente supraglótico con presencia de barras de explosión debilitadas o dobles. Este aspecto se configura como una importante característica del grupo EP.

- La característica de componente glótico sordo con fenómeno supraglótico de barra de explosión definida presenta valores promedio de realización de las COOS registrados en estudios anteriores sobre la duración del VOT (ver sección 3.5.3.3.)
- El componente semisonorizado se presenta de manera importante en el GC; esto responde a un proceso de contexto segmental, donde las estructuras formánticas finales de la vocal antecedente pueden intervenir en la consolidación de la fase oclusiva de las COOS.
- La sonorización fue un fenómeno presente en ambos grupos, situación que se relaciona con una disminución del VOT al igual que una disminución en la fase oclusiva-tensiva.

#### **5.4. Análisis multivariado**

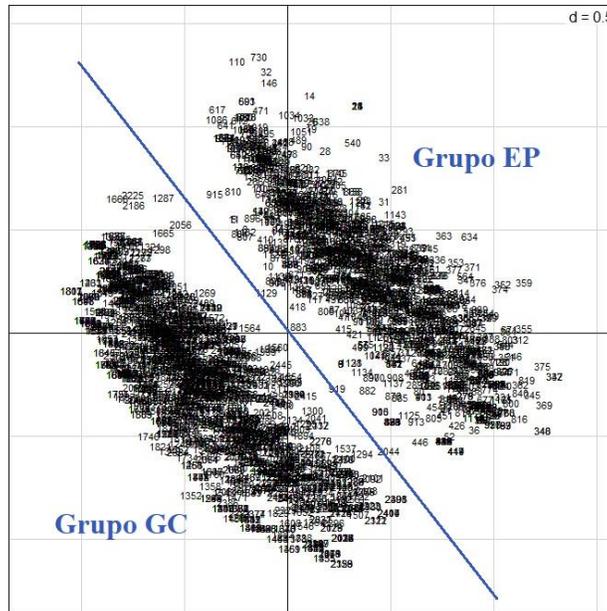
El análisis multivariado se orientó por medio de un análisis de componentes principales, un análisis de componentes múltiples y análisis factorial o *factor class* ejecutado en el programa R. El desarrollo de estas pruebas permitió la disminución de la cantidad de medidas y datos obtenidos en el estudio con el fin de determinar comportamientos de clasificación o predicción, correlaciones entre variables estudiadas y la identificación de la formación de conglomerados o clusters.

Como proceso inicial en el análisis multivariado se tomaron todas variables establecidas en el estudio. De esta manera, se presentó una clasificación inicial simple que definen al GC y al grupo EP.

En el Gráfico 23 se detalla cada una de las mediciones de los hablantes evaluados. En el conglomerado superior se agrupan características relacionadas con variables clínicas y los parámetros acústicos, por su parte, en el conglomerado inferior se observa ausencia de variables clínicas que identifican a las personas como sanas y que presentan parámetros acústicos determinados.

### Gráfico 23.

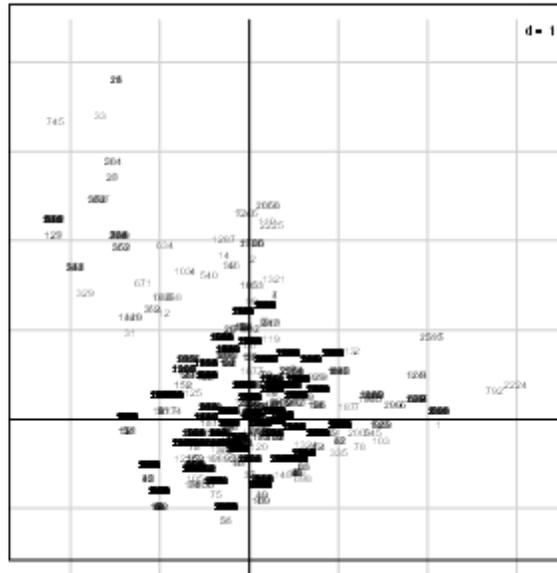
*Nube de hablantes de acuerdo con las características evaluadas*



Para lograr el detalle y saber la agrupación exclusiva de las variables acústico-espectrográficas estudiadas, se procedió a analizar el comportamiento de las mismas sin orientar su distribución por variables clínicas explícitas en el estudio (tiempo de diagnóstico, escala MDS-UPDRS III y MDS-UPDRS speech). Es así como los cuatro parámetros acústicos de las COOS tanto del GC como del EP se analizaron y se obtuvo la siguiente distribución.

**Gráfico 24.**

*Nube de hablantes evaluados teniendo en cuenta los parámetros acústicos de las COOS*



En el Gráfico 24 se observa que todas las mediciones de los hablantes evaluados y sus repeticiones se encuentran en una nube que no logra diferenciar grupos, es decir, no hay espacio o límites que puedan clasificar, por lo tanto, ambos grupos comparten características en común.

Para desglosar estas variables en sus categorías fue necesario agrupar en intervalos a cada parámetro, esto facilitó la clasificación y el manejo de los múltiples datos obtenidos (Tabla 46).

**Tabla 46.**

*Agrupación de los valores de cada variable evaluada de manera numérica*

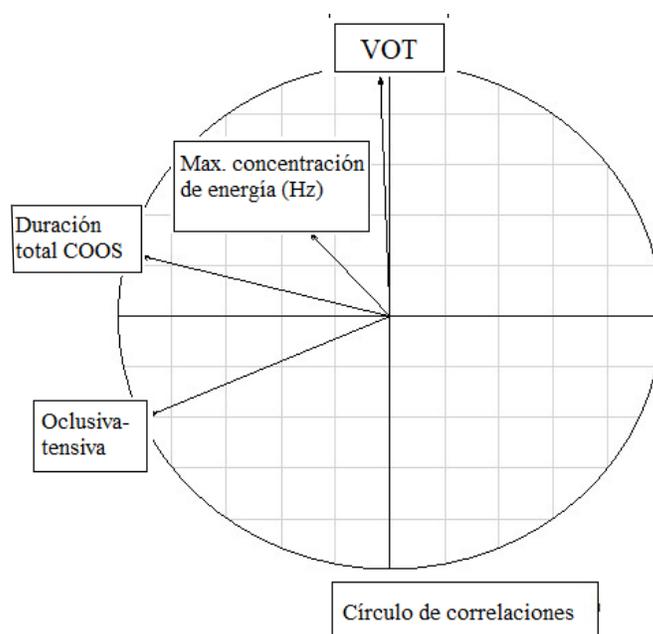
<i>VOT [ms]</i>	<i>Duración del segmento consonántico [ms]</i>	<i>Duración de la fase oclusiva-tensiva [ms]</i>	<i>Punto de máxima concentración de energía [Hz]</i>
[2-13)	[10-23)	[2-14)	[345-550)
[14-18)	[24-63)	[15-21)	[551-1569)

[19-26)	[64-77)	[22-29)	[1570-1872)
[27-46)	[78-91)	[30-51)	[1873-2254)
[47-86)	[92-134)	[52-97)	[2255-3280)
			[3281-4693)

Al establecer la correlación entre las variables estudiadas se logra evidenciar que los parámetros de duración de la fase oclusiva-tensiva, la duración total de la consonante y el VOT se encuentran relacionadas entre sí<sup>29</sup>. Por su parte, la variable de punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión es la variable que menos relación tiene con las otras planteadas.<sup>30</sup> (ver Gráfico 25).

### Gráfico 25.

*Círculo de correlaciones de variables acústicas estudiadas*



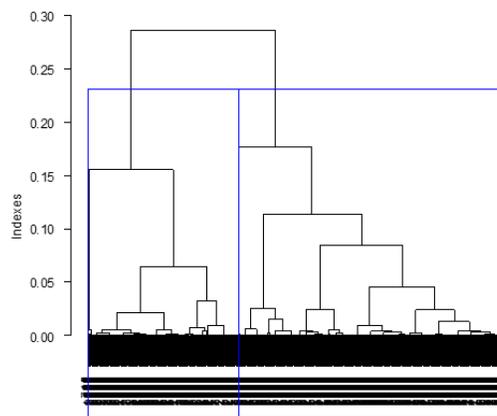
<sup>29</sup> Esto se nota en el Gráfico 25 dado que sus vértices están muy cercanos al borde del círculo que representa una correlación de 1.

<sup>30</sup> Sus vértices están muy cercanos al centro lo que representa una correlación cercana o igual 0. Max. Concentración de energía (Hz): máximo punto de energía en la barra de explosión. Duración total COOS: duración del segmento consonántico. Oclusiva-tensiva: duración de la fase oclusiva-tensiva.

Teniendo en cuenta, las agrupaciones anteriormente desarrolladas (Tabla 46), se logra identificar dos segmentos (Gráfico 26 y 27). El *cluster* GC que representa a los resultados obtenidos para los hablantes del grupo control y el grupo EP que representa los resultados obtenidos en los hablantes con EP.

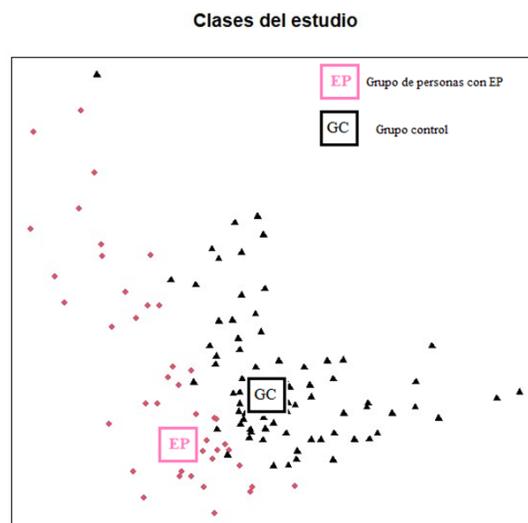
### Gráfico 26.

*Dendograma de casos estudiados*



### Gráfico 27.

*Conglomerados de casos estudiados*



De acuerdo con el análisis multivariado, el conglomerado GC se caracteriza por presentar, rangos de VOT de 2 a 18 ms (75% de representatividad), duración de la fase oclusiva-tensiva de 22 a 51 ms (59% de representatividad), duración del segmento consonántico de 10 a 63 ms (33% de representatividad) y punto de máxima concentración de energía con el desarrollo de picos frecuenciales entre 1800 Hz hasta 3280 Hz (66,1% de representatividad). Existen más variables que participan en este grupo, pero su representación es muy baja (por debajo del 20%).

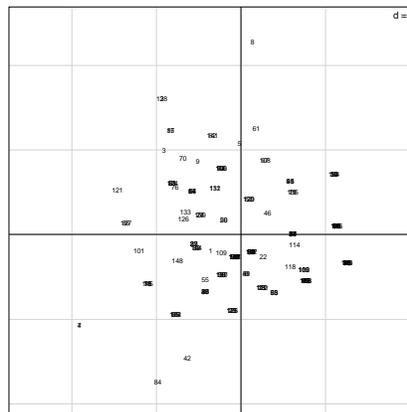
El segundo conglomerado EP tiene una participación y representatividad de categorías como VOT en rangos de 18,1 a 86 ms (84% de representatividad), duración de la fase oclusiva de 2 a 14 ms (40,5% de representatividad), duración del segmento consonántico de 73 a 91 ms (60% de representatividad) y punto de máxima concentración de energía en un rango de 1569 a 1872 Hz (56,6% de representatividad). Existen más variables que participan en este conglomerado, pero su presencia representa una baja proporción de los datos.

### 5.4.1. Análisis multivariado: un perfil de habla disártrica

En el grupo EP, de manera particular, se observa que las mediciones de los hablantes evaluados y cada una de sus repeticiones no logran evidenciar conglomerados o grupos diferentes.

#### Gráfico 28.

*Nube de hablantes evaluados de acuerdo con las características evaluadas*

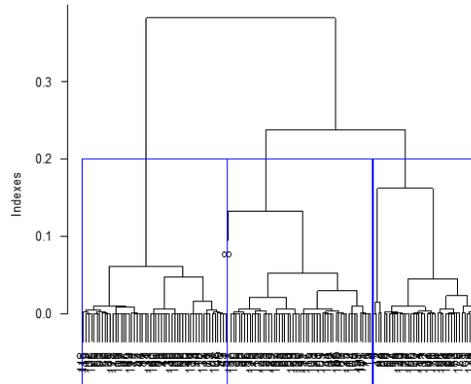


Al determinar el círculo de correlaciones, coincide con las características presentadas en el Gráfico 25, en el cual las variables de VOT, duración de la fase oclusiva-tensiva y duración del segmento consonántico se relacionan entre sí.

En concordancia con las agrupaciones declaradas en la Tabla 46 se observa la distribución de tres grupos. El primer cluster se encuentra clasificando al segmento [p], el segundo cluster al segmento [t] y el tercer cluster al segmento [k]. así lo muestra el Gráfico 29 y 30.

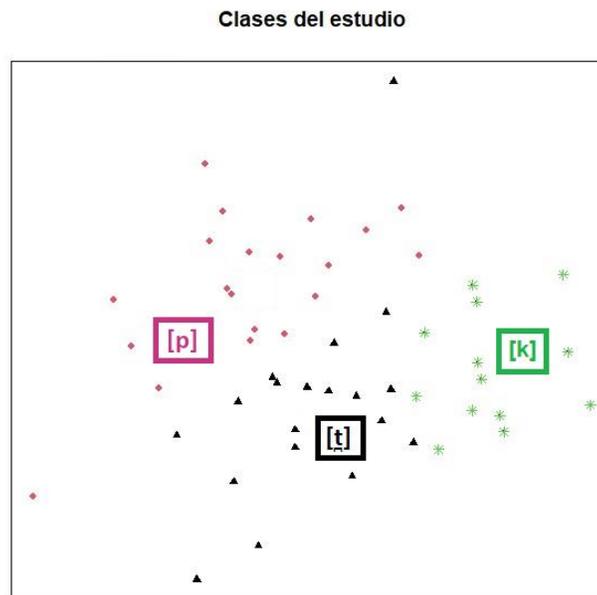
### Gráfico 29.

*Dendograma de casos estudiados*



### Gráfico 30.

*Conglomerado de casos estudiados.*



De acuerdo con el análisis multivariado el conglomerado de forma triangular caracteriza al segmento [t] con un VOT entre los 18,1 y 26 ms (con una representación del 53,3%), el máximo punto de energía en la barra entre 2254 - 3280 Hz (28,3% de representación), la duración total del segmento entre los 77y 91 ms (35,5% de representación), duración de la fase oclusiva-tensiva entre

14,1 y 29 ms (92% de representatividad). En las medidas complementarias se registró una representatividad de fenómenos glóticos de semisonorización (36,5%) y fenómenos supraglóticos de barra de explosión definida (21,2%).

El conglomerado representado por rombos indica el segmento [p] con características de punto de máxima concentración de energía entre 551-1569 Hz (51,3% de representatividad), duración de fase oclusiva tensiva de 29 a 51 milisegundo (53,8% de representatividad), VOT entre 2-18 ms (81% de representatividad) y una duración total del segmento de 91 a 134 ms (30.8% de representatividad). La representatividad de los fenómenos glóticos esta representados en sonorizaciones (41,2%) y fenómenos supraglóticos de debilitamiento de barra de explosión (74,7%).

En el conglomerado con forma de asterisco representa el segmento consonántico [k] se obtiene un VOT entre 26,1 y 46 milisegundos (75,5% de representatividad). Duración de fase oclusiva-tensiva entre 2-14 ms (67,3% de representatividad), punto de máxima concentración de energía entre 1569 y 1872 Hz (42,9% de representatividad), y una duración total del segmento de 63-77 ms (36,7% de representatividad). Los fenómenos glóticos están representados por producciones mixtas de sonorización con aspiración (45,1%) y fenómenos supraglóticos de doble barra de explosión difusas (32,5%).

### 5.4.1.1. Parámetros acústicos y estadios según escala MDS-UPDRS III.

En el análisis de componentes principales y múltiples no se determinó un tipo de clasificación o agrupación con respecto al estadio de la enfermedad por lo que se decidió establecer los niveles de correlación a partir del coeficiente de Pearson.<sup>31</sup> Para esto se tomaron los dos parámetros acústicos que sobresalen estadísticamente, es decir, el VOT y la fase oclusiva-tensiva.

**Tabla 47.**

*Coefficiente de Pearson. Parámetros acústicos y escala MDS-UPDRS-III*

<i>Parámetro</i>	<i>Pearson</i>	<i>p-value</i>
VOT	0.100	<0.001
Oclusiva-tensiva	-0.132	<0.001

Se observa entonces que los parámetros acústicos en general, presentan valores más cercanos a 0. El VOT con un valor positivo que indica una tendencia a la proporcionalidad directa, mientras que la fase oclusiva-tensiva presenta valores negativos que indican una tendencia a la proporcionalidad inversa. Los *valores p* en ambos parámetros muestran diferencias significativas.

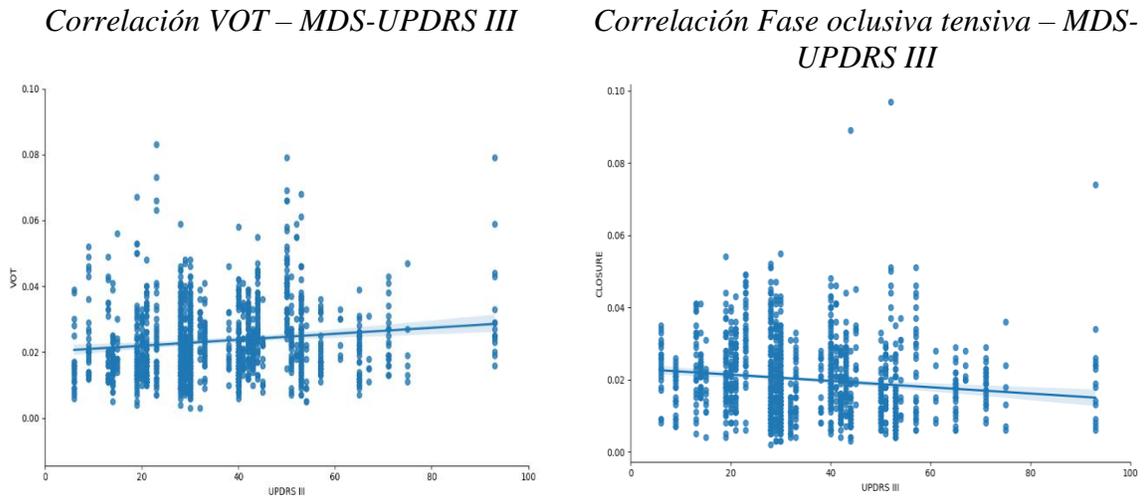
Se concluye entonces que la correlación es mínima entre parámetros acústicos y estadios de la enfermedad, pero que puede determinarse una tendencia inversa o directa, como se muestra a continuación en el Gráfico 31.

---

<sup>31</sup> Es una prueba que indica la correlación lineal entre variables cuantitativas. Los rangos de valor se establecen de -1 a 1. -1 indica una relación inversamente proporcional, 0 indica la no existencia de relación y 1 indica una relación directamente proporcional.

### Gráfico 31.

*Coefficiente de Pearson*



#### 5.4.1.2. Elementos concluyentes

- Los parámetros acústicos por sí solos son elementos que permiten la clasificación entre el GC y el EP. El GC confirma lo evidenciado en el análisis bivarido: la tendencia de un VOT menor en comparación al grupo EP, la duración de la fase oclusiva-tensiva mayor, la duración del segmento consonántico es similar o inferior a la del EP y el desarrollo de picos frecuenciales levemente superiores.
- Por su parte el grupo EP, corrobora la tendencia al desarrollo de VOT aumentado, duración de la fase oclusiva-tensiva menor, duración consonántica promedio o superior a la de GC y picos frecuenciales con un desempeño menor al de GC.
- El habla disártrica en el grupo EP tiene factores diferenciales entre segmentos consonánticos. Cada consonante tiene un rendimiento diferente que va en congruencia con lo planteado teóricamente en hablantes sanos. Esto quiere decir, el tiempo de [p] es menor

al tiempo de [t] y el tiempo [t̥] es menor al tiempo de [k], respetándose entonces, el correlato de punto de articulación.

- La imprecisión articulatoria o el proceso de debilitamiento en los segmentos consonánticos estudiados responden a un deterioro acústico en el parámetro de duración.
- El acento prosódico que cae sobre el segmento [t̥] minimiza las realizaciones debilitadas de dicho segmento, manifestándose en duraciones y variables complementarias preservadas y cercanas a las realizaciones del grupo control.
- La relación que se establece entre los parámetros acústicos y la escala de diagnóstico neurológico no es concluyente ni definitiva. Sin embargo, si se asume desde el comportamiento general de los datos, se podría definir que a medida que la severidad de la enfermedad aumenta, la duración del VOT se incrementa y la duración de la fase oclusiva-decrece.

### **5.5. Pruebas de validez diagnóstica – Medidas de desempeño<sup>32</sup>**

Estas pruebas consisten en el planteamiento de un sistema de clasificación desarrollado a partir de una matriz de confusión que requiere de dos grupos de datos, un grupo de referencia, en este caso los datos tomados manualmente, y un grupo control que es el grupo con el que se compara, estos últimos fueron ejecutados en un contexto interdisciplinar con ingeniería por medio de un sistema de clasificación automática que permite la identificación del habla disártrica.

La precisión hace referencia al porcentaje de muestras clasificadas correctamente

$$\text{Precisión} = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN} * 100$$

---

<sup>32</sup> VP verdadero positivo, FP falso positivo, VN verdadero negativo, FN falso negativo

La sensibilidad se refiere a la capacidad para la detección de verdaderos positivos, es decir, la detección de hablantes con EP.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FP} * 100$$

Por su parte, la especificidad indica la capacidad del sistema para la detección de verdaderos negativos, es decir, personas sanas.

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FN} * 100$$

Se evaluaron criterios de precisión, sensibilidad y especificidad, de manera exclusiva para el parámetro de VOT (Argüello-Vélez et al., 2020).

**Tabla 48.**

*Pruebas de desempeño*

<i>Consonante</i>	<i>Precisión (%)</i>	<i>Sensibilidad (%)</i>	<i>Especificidad (%)</i>
[p]	77	80	74
[t]	71	70	72
[k]	68	84	52
<i>Todas las consonantes</i>	77	76	78

Al validar el método automático<sup>33</sup> y el método manual utilizado, se caracteriza un porcentaje de precisión para la clasificación de sanos y con EP superior al 60%; la consonante [k] mostró menor rendimiento en esta tarea. Por su parte, el mejor rendimiento de sensibilidad, es

<sup>33</sup> Para la calificación automática se utilizó una máquina de vectores de soporte con un kernel gaussiano, los parámetros se seleccionaron en función del rendimiento obtenido en la etapa de entrenamiento. La prueba siguió una estrategia de validación cruzada de 10 veces.

decir, la capacidad de los segmentos consonánticos para detectar la enfermedad, se reportó para las consonantes [k] y [p], siendo también los dos segmentos consonánticos más sensibles para la producción de aproximantes. El criterio de especificidad, referente a la capacidad para detectar sujetos sanos, dio un rendimiento importante para la consonante [p] y menor para la consonante [k].

Los resultados obtenidos van en concordancia con los desarrollados por Orozco-Arroyave et al. (2016) quienes consideraron el análisis de tres lenguas diferentes con una precisión en tareas de DDK del 85% al 90%; por otro lado, autores como Novotny et al. (2014), describieron para el análisis de segmentos de VOT en tareas de DDK, una precisión del 88% para la discriminación entre pacientes con EP y hablantes sanos. En el estudio desarrollado por Montaña et al. (2018) resalta el rendimiento de la sensibilidad del segmento /k/ con un 92.2%.

## Capítulo VI

### 6. Análisis y discusión de los resultados obtenidos

El trastorno motor del habla derivado de la EP comúnmente se conoce como disartria hipocinética, y se caracteriza articulariamente por presentar bradilalia, falta de precisión articularia, bloqueos, latencias en el habla, disfonía, entrecortamientos vocálicos y tremor vocal. En específico, durante el desarrollo de este estudio se realizó una caracterización y análisis de las COOS en tareas de la DDK /pataka/.

Teniendo en cuenta la perspectiva estadística anteriormente presentada, este capítulo desarrolla un análisis del comportamiento acústico y articulario de las COOS en cada uno de sus parámetros acústicos y su importancia en la identificación del habla disártrica. Seguidamente se discute acerca de los parámetros acústicos de las COOS como indicadores de detección del habla disártrica teniendo en cuenta perspectivas teóricas e hipótesis clínicas que se derivan de cada uno de los resultados obtenidos.

#### 6.1. Comportamiento acústico y articulario de las COOS

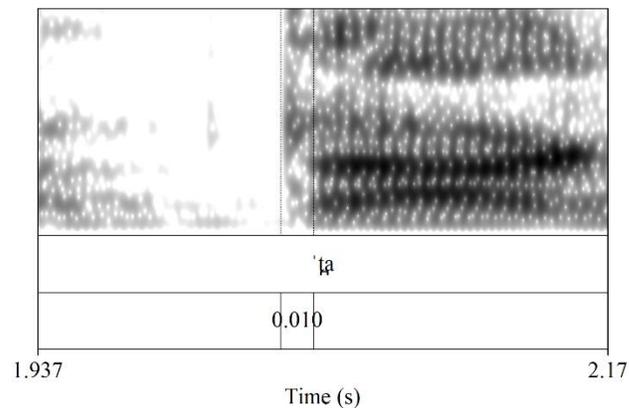
Las COOS han sido descritas a partir de cuatro parámetros acústicos: el VOT, la fase oclusiva tensiva, la duración del segmento consonántico y el punto de máxima concentración de energía en la barra de explosión. Estadísticamente, se muestra en el capítulo 5 la efectividad del parámetro del VOT y la fase oclusiva-tensiva para la identificación del habla disártrica, con dos características determinantes, el aumento del VOT y la disminución de la fase oclusiva-tensiva.

### 6.1.1. Voice onset time

El VOT en investigaciones anteriores, especialmente desarrolladas en sistemas consonánticos como el inglés, alemán y checo (Fischer y Goberman, 2010; Novotný et al., 2014; Orozco-Arroyave et al., 2014; Parveen y Goberman, 2014) han reportado su efectividad en la identificación de los trastornos motores del habla, sugiriéndose que el aumento del VOT corresponde a una lentificación del pliegue vocal para dar inicio a la sonoridad. En este orden de ideas, se ratifica la disminución en la coordinación de la activación supraglótica y glótica para las personas con EP en hablantes de español. Las Figuras 33 y 34<sup>34</sup> muestran un marco comparativo entre los hallazgos de VOT del GC y el EP, en personas de la misma edad y sexo.

#### Figura 33.

*VOT en grupo control (GC)*

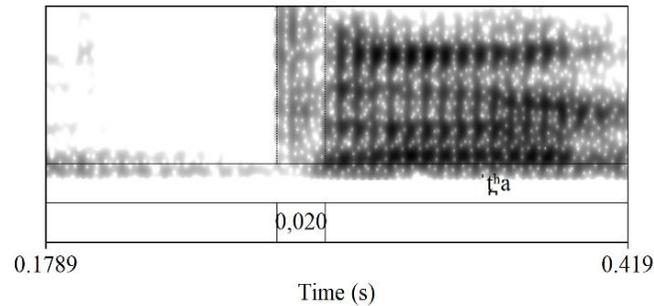


*Grabación AVPEPUDEAC0050. Hablante masculino, 64 años, [ta] 4° DDK.*

<sup>34</sup> Ambos ejemplos presentados comparten características de edad y sexo. La Figura 33 muestra la realización de [t] con una duración menor al hablante con EP. La Figura 34 muestra en el segmento [t̥] un VOT aumentado que coincide con un fenómeno glótico de aspiración.

### Figura 34.

VOT en grupo caso (EP)



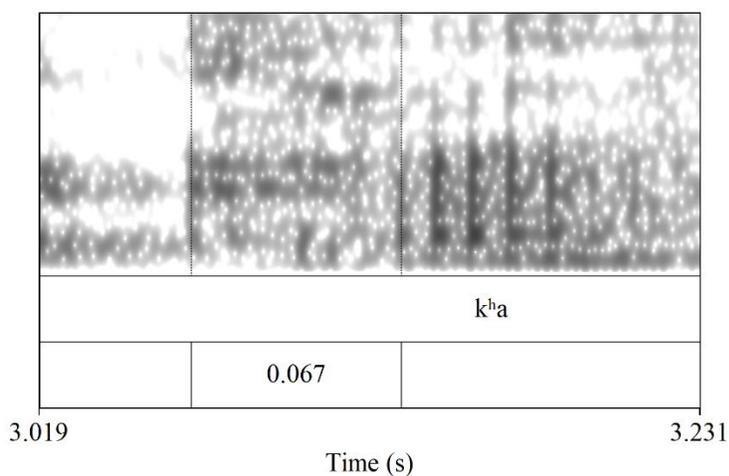
Grabación AVPEPUDEA0056. Hablante masculino, 64 años, tiempo de diagnóstico de 3 años, MDS UPDRS-Speech Leve, [tʰa] 1° DDK.

Fisiológicamente, el VOT depende de la presión subglótica que viene de los pulmones y pasa por la glotis para producir el inicio de la sonoridad, acompañado de la activación mioelástica intrínseca de la laringe. Esta vibración se desplaza hacia la recámara supraglótica para ser modificada por los diferentes articuladores y resonadores orales y nasales (Abramson y Whalen, 2017; Cho et al., 2019; Cho y Ladefoged, 1999). Las prolongaciones del VOT registraron y se asociaron con fenómenos perceptivos de aspiración, situación que Lisker y Abramsson (1964) caracterizaron como ruido aperiódico o estrías dispersas en el registro espectrográfico. La aspiración implica entonces un inicio de la voz con un patrón de abducción persistente o recidivante que se prolonga hasta recuperar la aducción del pliegue vocal y vibrar (Pérez et al., 1996). En este estudio, el segmento [k] fue el más afectado por la presencia de aspiraciones, en las cuales el aumento del VOT se expresa por su punto de articulación velar, pero, además, por la

presencia de aire residual durante la liberación de la explosión. En las Figuras 35 y 36<sup>35</sup> se muestra un marco comparativo entre una producción con aspiración y una con ausencia de esta.

**Figura 35.**

*Producción de COOS [k<sup>h</sup>a] con aumento de VOT*

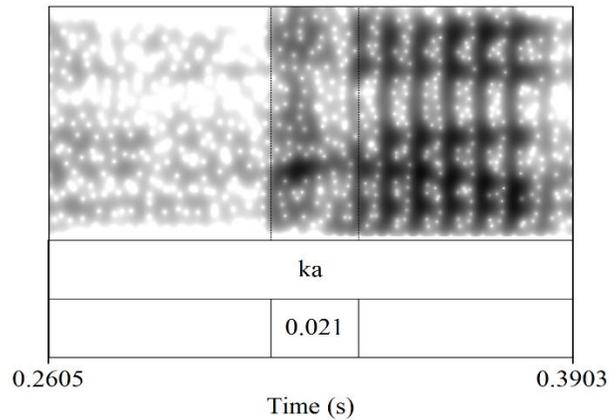


*Grabación AVPEPUDEA0034. Hablante masculino, 50 años. Tiempo de diagnóstico de 17 años, MDS UPDRS-Speech Leve, [k<sup>h</sup>a] 8° DDK.*

<sup>35</sup> Desde un marco comparativo de ambos espectros, la Figura 35 confirma una mayor duración del VOT con presencia de estrías dispersas hasta el inicio de la sonoridad. La Figura 36 corresponde a la producción del segmento velar con barra de explosión definida y una duración promedio.

**Figura 36.**

*Producción de COOS [k]*

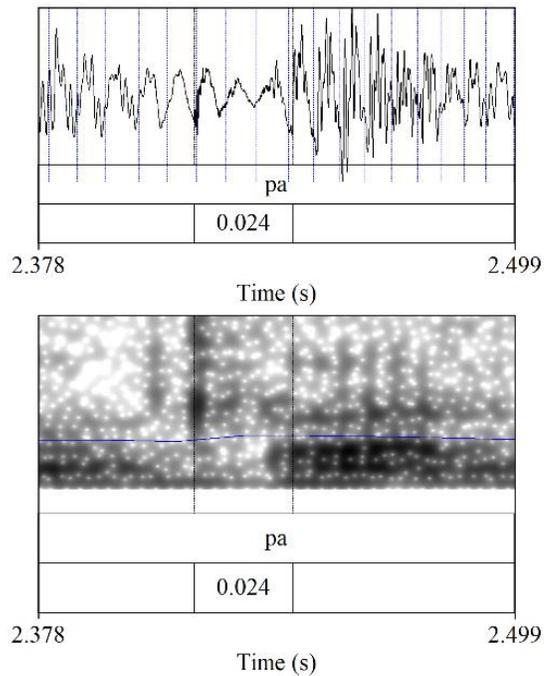


*Grabación AVPEPUDEA0022. Hablante masculino. 57 años. Tiempo de diagnóstico de 4 meses, MDS UPDRS-Speech Normal, [ka] 1° DDK.*

Por otro lado, algunos de los fenómenos glóticos que se observaron en la producción de VOT aumentado son aquellos que se configuran como fenómenos de comportamiento mixto, es decir, características de semisonorización con aspiración, o de sonorización con aspiración. En las Figuras 37, 38, 39 y 40 se observa cómo los espectrogramas, de manera específica la presencia de pulsos glotales, sugieren el desarrollo de oscilaciones laríngeas que sonorizan total o parcialmente el segmento consonántico. Abramson & Whalen (2017) y Cho & Ladefoged (1999), las denominan “vibraciones al borde” y las explica como un proceso que hace parte de un entorno sonoro persistente dado por segmentos vocálicos adyacentes, después de que la glotis ha logrado la abducción para la parada o la fase supraglótica de explosión.

**Figura 37.**

*Producción de COOS [p] con sonorización<sup>36</sup>*

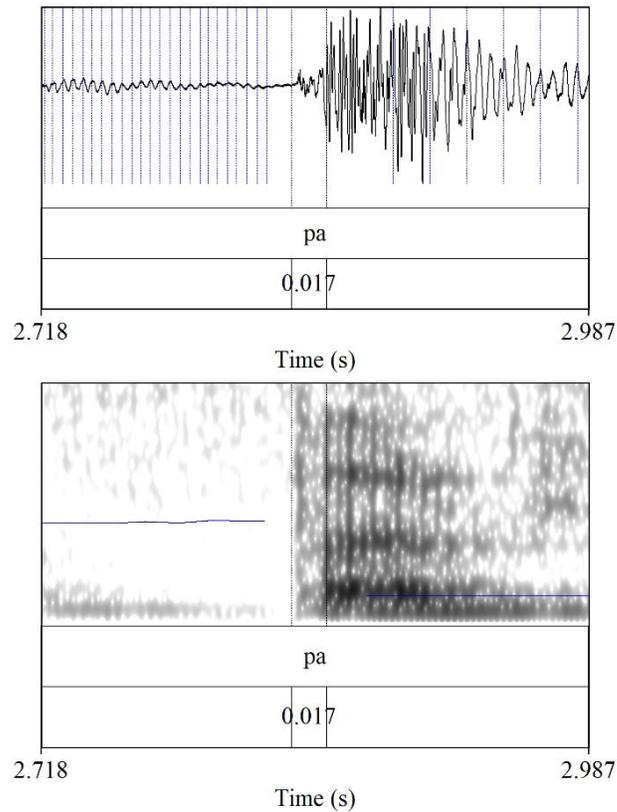


*Grabación AVPEPUDEA0016. Hablante masculino. 60 años. Tiempo de diagnóstico de 10 años, MDS UPDRS-Speech Leve, [pa] 7° DDK.*

<sup>36</sup> La Figura 37 muestra la sonorización caracterizada por la presencia de pulsos glotales en el oscilograma que sugieren persistencia de estructuras formánticas en el segmento consonántico. El espectrograma lo confirma con la presencia continua de f0.

**Figura 38.**

*Producción de COOS [p] con semisonorización<sup>37</sup>*

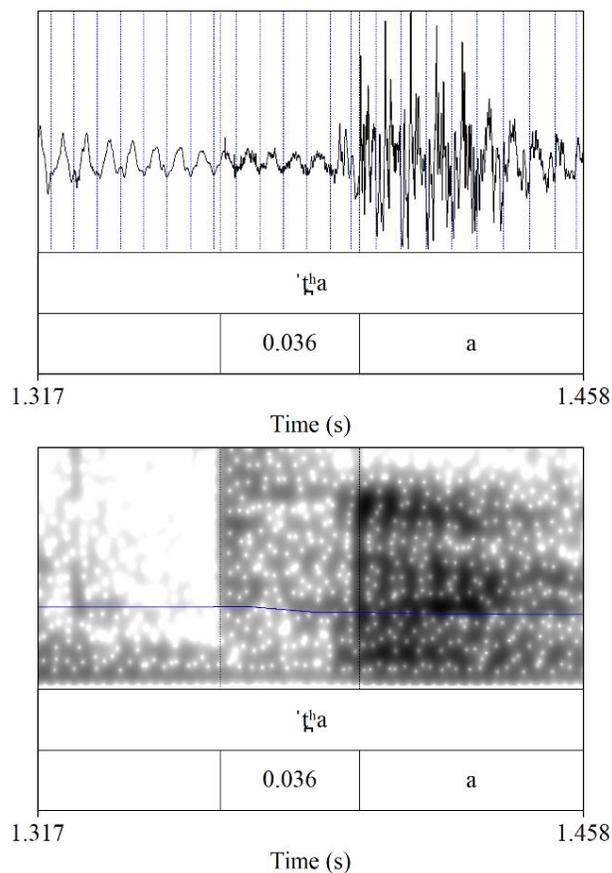


*Grabación AVPEPUDEA007. Hablante femenina. 55 años. Tiempo de diagnóstico de 12 años, MDS UPDRS-Speech leve, [pa] 7° DDK*

<sup>37</sup> La Figura 38 muestra la semisonorización representada en el oscilograma como la presencia discontinua o parcial de pulsos glotales en el segmento consonántico, en este caso se evidencian pulsos parciales en la fase oclusiva de la consonante y ausencia de pulsos en el VOT. Se puede corroborar la semisonorización con el comportamiento discontinuo de f0 en el espectrograma. Estas producciones semisonorizadas atienden al contexto intervocálico que rodea a la consonante.

**Figura 39.**

*Producción de COOS [tʰa] de comportamiento mixto: sonorización con aspiración<sup>38</sup>*

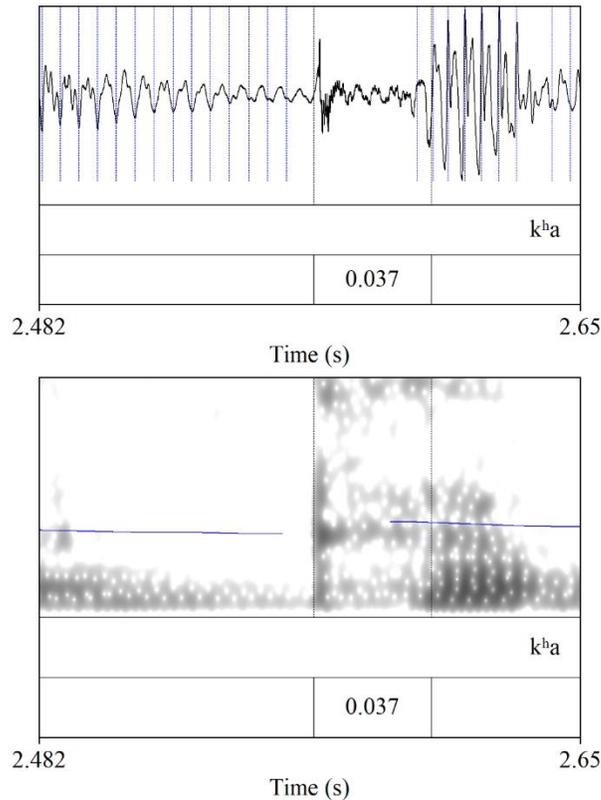


*Grabación AVPEPUDEA0025. Hablante masculino. 50 años. Tiempo de diagnóstico de 7 años, MDS UPDRS-Speech medio, [tʰa] 4° DDK*

<sup>38</sup> La Figura 39 muestra el fenómeno glótico mixto, en el cual se observa presencia de pulsos glotales en todo el segmento consonántico. El espectrograma muestra f0 continuo con formaciones aperiódicas y dispersas en el espacio del VOT que sugieren un matiz de aspiración. Por lo general, estas producciones se acompañan de valores de VOT superiores a las declaradas en el promedio de producción.

**Figura 40.**

*Producción de COOS [k<sup>h</sup>] de comportamiento mixto: semisonorización con aspiración<sup>39</sup>*



*Grabación AVPEPUDEA0026. Hablante femenina. 61 años. Tiempo de diagnóstico de 4 años, MDS UPDRS-Speech leve, [k<sup>h</sup>a] 5° DDK*

Respecto a los fenómenos glóticos, Auzou et al. (2000) contemplan que la ecualización de la presión subglótica y supraglótica genera un entorno aerodinámico que inhibe la vibración del pliegue vocal, dando el matiz de sordez a las COOS. La presencia de fenómenos glóticos de sonorización, semisonorización, entre otros, se convierten en indicios de un desequilibrio de las

<sup>39</sup> La Figura 40 muestra un VOT aumentado en relación a los promedios de realización. Se evidencia un fenómeno glótico mixto de semisonorización con aspiración, ya que hay presencia de pulsos glotales parciales y presencia de estructuras dispersas y aperiódicas en el espacio del VOT.

presiones intraorales en el momento de la producción de la COOS en el habla disártrica derivada de la EP.

Uno de los síntomas que sobresalen en la disartria hipocinética, son las aceleraciones inesperadas del habla que se asocian con limitaciones en los rangos de movimiento articulatorio, lo que debilita los contactos sostenidos, la oclusión tensa y la calidad de la explosión en la liberación de la presión supraglótica (Ackermann et al., 1997; McRae et al., 2002; Wong et al., 2012). Para determinar la influencia del ritmo de habla en la configuración del VOT y sus duraciones se realizó un mecanismo de automatización<sup>40</sup> que permitió el cálculo del VOT ratio encontrándose los siguientes resultados:

**Tabla 49.**

*VOT ratio*

<i>Consonante</i>	<i>Grupo control (GC)</i>	<i>Grupo caso (EP)</i>
[p]	0,025	0,029
[t]	0,032	0,041
[k]	0,053	0,055

Los valores del grupo EP muestran una tendencia al aumento de la tasa de VOT en comparación con el grupo GC. En particular, los segmentos [p] y [k] no establecen diferencias temporales importantes entre ambos grupos, lo que pudiera establecerse como pequeñas diferencias en el control temporal del habla, con una tendencia en el grupo EP hacia el incremento. Este fenómeno concuerda con lo planteado por Goberman y Ziegler (1991) que establecen que la pérdida del control temporal del habla puede provocar aceleraciones ya que los contactos articulatorios pierden precisión y tensión.

---

<sup>40</sup> Índice GPI que caracteriza automáticamente la tasa de VOT y considera el número de segmentos de VOT producidos por segundo. Una tasa elevada de VOT podría sugerir aceleraciones en el control temporal del habla.

Cabe aclarar que la caracterización del ritmo del habla sobrepasa los objetivos del presente estudio, por lo que emerge una nueva hipótesis a ser estudiada: el control temporal del habla en la producción de DDK y su relación en las características acústicas de las COOS.

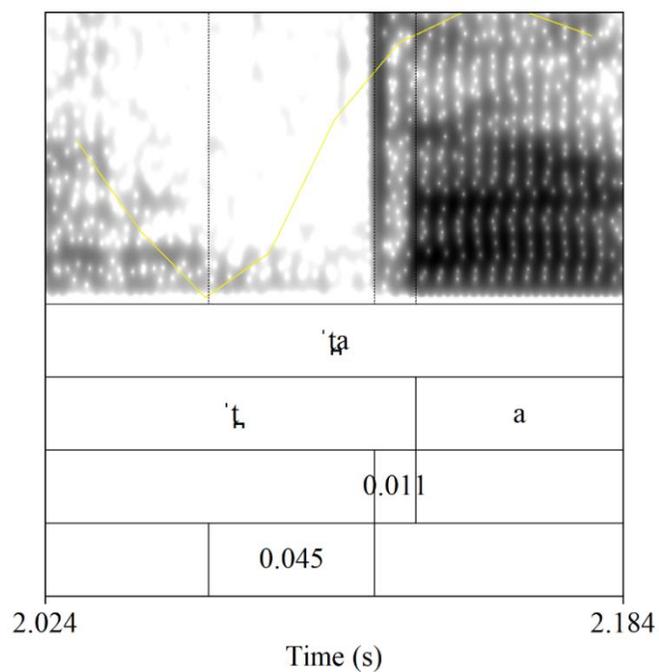
### **6.1.2. Fase oclusiva-tensiva**

En lo relacionado con la fase oclusiva tensiva se declara estadísticamente que a medida que el VOT aumenta este parámetro de cierre disminuye. Desde la perspectiva articulatoria, la disminución de la duración en esta fase sugiere a la vez una disminución en la tensión articulatoria; es decir, un correlato clínico que corresponde a una debilidad en el rasgo de modo de articulación, esto perceptualmente podría alcanzar características propias de una oclusiva sonora.

En la perspectiva fonatoria, la disminución de la tensión sugiere igualmente una lentificación de la aducción del pliegue vocal para el inicio de la voz. Las Figuras 41 y 42 muestran la producción del segmento [t̚] de una persona sana y otra con EP, respectivamente.

**Figura 41.**

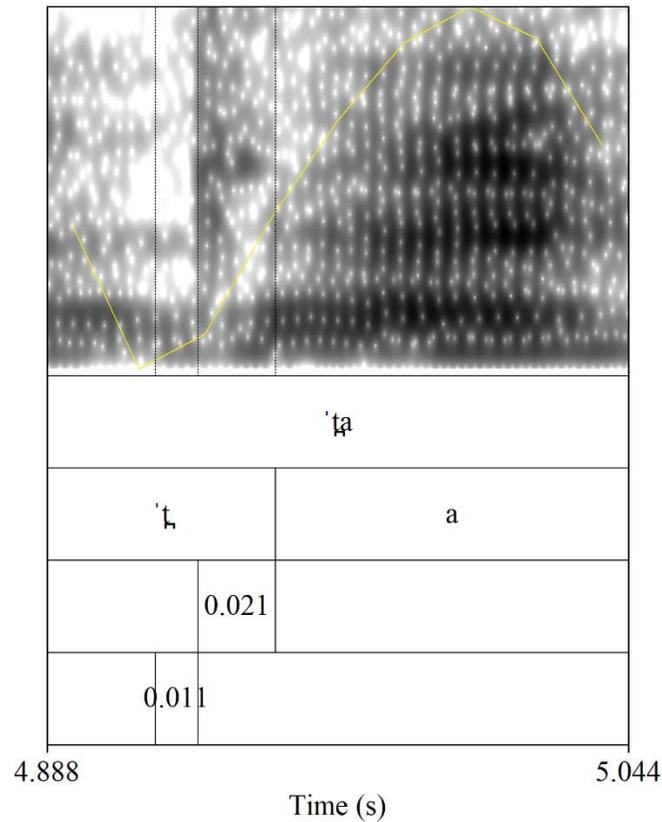
*Fase oclusiva-tensiva del segmento consonántico [t] de un hablante sano*



*Grabación AVPEPUDEAC0018. Hablante femenino. 55 años, [t̚] 5° DDK.*

**Figura 42.**

*Fase oclusiva-tensiva del segmento consonántico [t̪] de un hablante con EP<sup>41</sup>*



*Grabación AVPEPUDEA0059. Hablante femenino. 55 años. Tiempo de diagnóstico de 43 años, MDS UPDRS-Speech medio, [t̪] 11° DDK.*

Cho y Ladefoged (1999) explican claramente la proporcionalidad anteriormente mencionada, en concordancia con el punto de articulación: “the stop closure duration for bilabial

<sup>41</sup> La Figura 41 muestra en el hablante sano la tendencia al aumento de la duración de la fase oclusiva-tensiva con un valor de 45 ms. La Figura 42 por su parte, muestra la tendencia al debilitamiento de la tensión articulatoria con un valor de 11 ms. Igualmente, se establece que tanto la fase oclusiva-tensiva como el VOT son parámetros inversamente proporcionales, es decir, a medida que el VOT aumenta, la duración de la tensión disminuye.



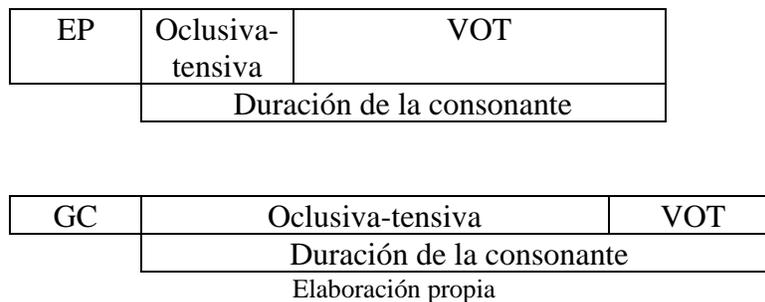
### 6.1.3. La duración del segmento consonántico

La duración del segmento consonántico, como lo refiere la Figura 44, tiene como parámetro de duración implícito la distribución dicotómica entre el tiempo del VOT y de la fase oclusiva-tensiva. Por lo tanto, al no establecerse diferencias significativas, no se declara como un parámetro orientador en la clasificación del habla disártrica para [p] y para [t].

El segmento consonántico [k] sí evidenció diferencias significativas ( $p$  valor=0,0185) con una tendencia del grupo EP a tener una menor duración y el grupo GC una mayor duración. La Figura 45 explica esta distribución en ambos grupos de hablantes; y las Figuras 46 y 47 precisan la distribución de los parámetros de duración del segmento consonántico y la distribución intrínseca de los otros parámetros de tiempo (VOT y fase oclusiva-tensiva) para ambos grupos.

#### Figura 45.

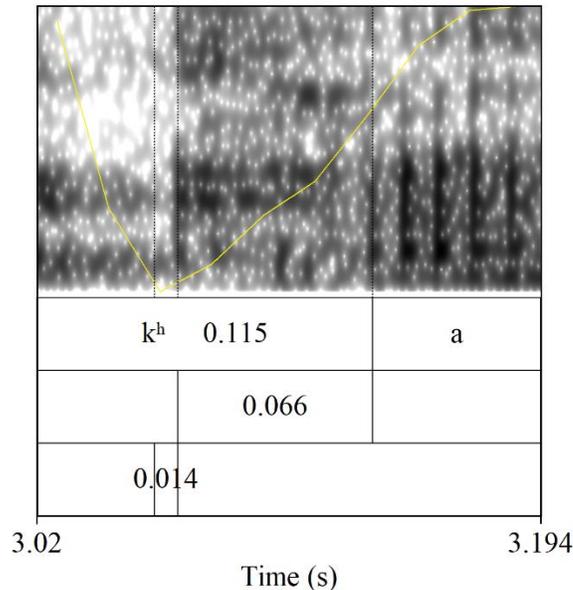
*Esquematación de la duración del segmento consonántico en [k] en el grupo caso y grupo control*





**Figura 47.**

*Duración del segmento consonántico y la distribución intrínseca de los parámetros acústicos de VOT y fase oclusiva-tensiva. Hablante con EP<sup>44</sup>*



*Grabación AVPEPUDEA0034. Hablante masculino. 50 años. Tiempo de diagnóstico de 17 años, MDS UPDRS-Speech Leve, [ka] 8° DDK*

**6.1.4. El punto de máxima concentración de energía**

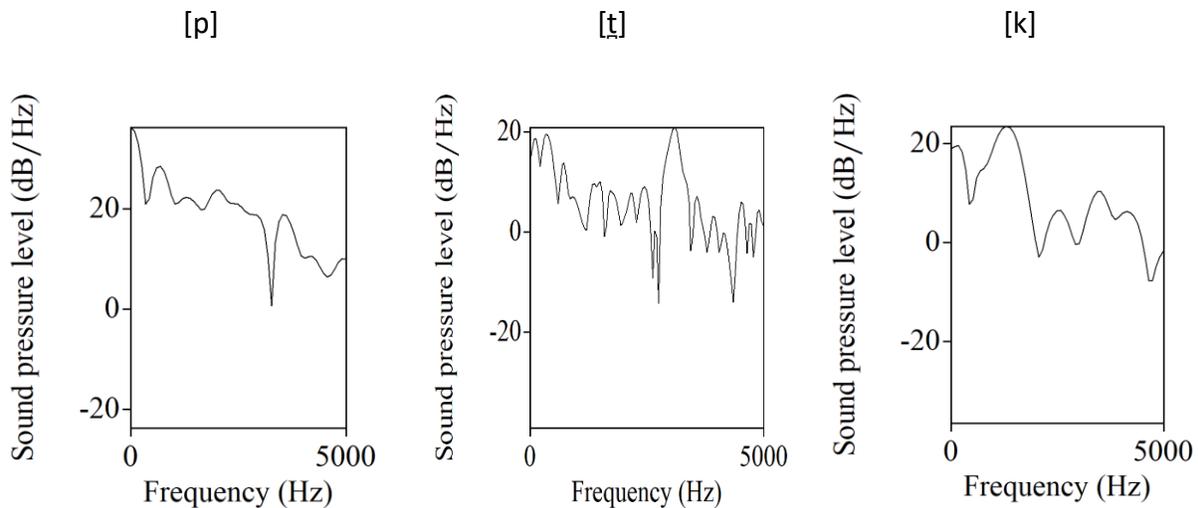
Es un parámetro espectral que pertenece al eje de las abscisas y su caracterización se asocia con el correlato articulatorio de punto de articulación. Este parámetro en la prueba de estadística no paramétrica mostró diferencias significativas solo para el segmento consonántico [p] (*p* valor 0,0116). En el caso de [t̪] y [k] las realizaciones en promedio corresponden a 2300 Hz y 1758 Hz respectivamente, picos espectrales que guardan concordancia con los declarados en investigaciones anteriores (Blumstein y Stevens, 1979; Özsancak et al., 2001).

<sup>44</sup> Se observa una duración total de 115 ms, un VOT de 66 ms y una duración de la fase oclusiva-tensiva de 14 ms. El VOT representa, en este caso, el 57% de la duración total de la consonante.

La medición de este punto de máxima concentración de energía en el segmento [p] fue compleja por lo difuso del espectro y el debilitamiento de los rasgos impresionísticos de la barra de explosión en la escala de grises del espectrograma<sup>45</sup>. Es así como en este segmento la variabilidad del pico espectral tanto para el grupo caso como para el control fue alta, encontrándose realizaciones en frecuencias por debajo de 500Hz hasta superiores a 1500Hz. A continuación, se presenta en las Figuras 48 y 49 un marco comparativo de puntos espectrales, tanto del grupo caso como del grupo control.

**Figura 48.**

*Punto de máxima concentración de energía en [p] [t̪] [k]. Hablante sano (GC)<sup>46</sup>*



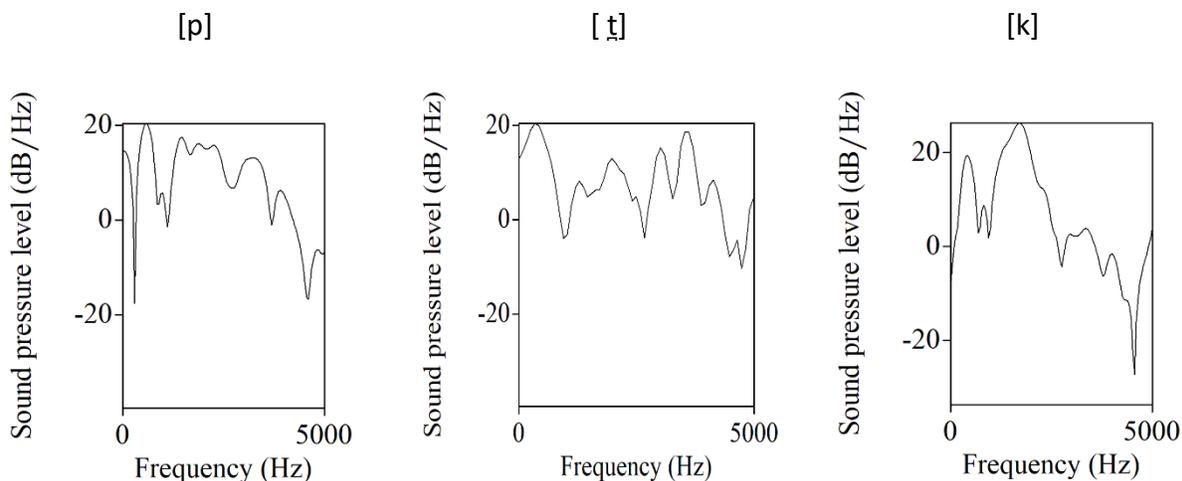
*Grabación AVPEPUDEAC0031. Hablante masculino. 42 años. [paˈʧaka] 4° DDK*

<sup>45</sup> En la prueba de validación, esta característica declara la complejidad de la medida con un ICC=0.969 (ver apartado 5.1)

<sup>46</sup> La Figura 48 muestra los picos espectrales en la secuencia de [paˈʧaka] en un hablante sano. Los picos espectrales para [p] es de 663 Hz, [t̪] de 3148 Hz y [k] 1385 Hz. La Figura 49 muestra los picos espectrales de un hablante con EP, para el segmento [p] se registra 1405 Hz, para [t̪] 3547 Hz y [k] 1723 Hz. Cabe aclarar que los parámetros acústicos no declaran diferencias significativas desde una perspectiva estadística en algunos segmentos, pero sí se observa que las características espectrales de la envolvente fijan pequeñas diferencias que pueden sugerir un cambio de la configuración del tracto vocal en el momento de la producción de la consonante.

**Figura 49.**

*Punto de máxima concentración de energía en [p] [t] [k]. Hablante con EP*



*Grabación AVPEPUDEA0052. Hablante femenino. 70 años. Tiempo de diagnóstico de 12 años. MDS UPDRS-Speech Leve, [paˈʔaka] 6° DDK*

Blumstein y Stevens (1979) y Klatt (1975) afirman que estas características acústicas en las COOS tienden a ser invariables. Es así como se plantea una descripción general, declarándose entonces que los sonidos bilabiales tienen una tendencia a presentar una forma espectral descendente-difusa con el desarrollo de rangos frecuenciales de 500 a 1500 Hz, los sonidos alveolares presentan una forma espectral ascendente-difusa con rangos frecuenciales cercanos a los 3000 Hz y los sonidos velares presentan una forma espectral compacta con picos superiores a 1500Hz.

De manera específica, [p] es el segmento consonántico que presentó diferencias significativas entre GC y EP ( $p$  valor=0,0116) pues se registraron picos espectrales superiores a 2000 Hz y algunos por debajo de 500Hz, siendo un segmento de importante variabilidad, presencia de debilitamiento y altamente susceptible a la producción aproximantes.

Esta característica espectral fue complementada a partir de la descripción complementaria de la barra de explosión y su intensificación o atenuación en la escala de grises del espectrograma

(fenómeno supraglótico). En el grupo con EP se evidenció la presencia de barra de explosión debilitada asociada con el aumento del VOT y producciones aspiradas en [p] y [k]. Igualmente, se observó la presencia de doble barra de explosión en el segmento [k] y regularidad en la definición de la barra de explosión en el segmento [t̥] (ver Figura 50).

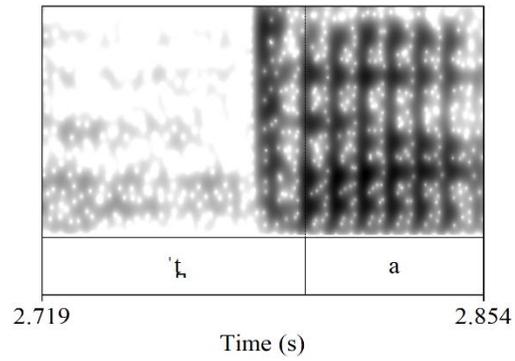
Los fenómenos supraglóticos que definen la calidad de la explosión de la COOS dependen, por lo general, de la calidad de la fase oclusiva-tensiva y la calidad del contacto de los articuladores en el momento de la explosión (Forrest et al., 1989; Logemann et al., 1978; Ziegler, 2002). De esta manera, el debilitamiento de la explosión puede sugerir una disminución de la tensión articularia, así como una pérdida del contacto articulador (ver Figura 51). Por otro lado, la presencia de doble barra de explosión o múltiples explosiones indican una pérdida de precisión articularia y movimientos articulatorios lentos (Parveen y Goberman, 2014) (ver Figura 52).

Kent y Read (2002) plantean que la presencia de múltiples barras de explosión en el estudio de los trastornos motores del habla está relacionada con sintomatología como tanteos, tartamudeo o bloqueo articulatorio que afecta de manera especial el segmento de /t/. Esto se corrobora en la investigación aquí presentada. De 343 ocurrencias de explosiones múltiples en el grupo EP, se dieron 44 ocurrencias en [p], 136 en [t̥] y 188 en [k].

Clínicamente este fenómeno refleja la disminución de la presión subglótica y supraglótica, que se vincula con la disminución en la precisión articularia, provocando lentitud en el movimiento de los articuladores, y esto a su vez, genera tanteos o múltiples intentos para la efectividad articularia de las COOS.

**Figura 50.**

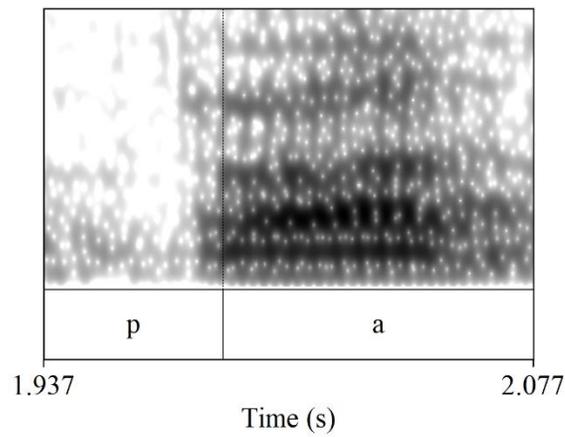
*Segmento [t] con barra de explosión definida*



*Grabación AVPEPUDEA0022. Hablante masculino. 57 años. Tiempo de diagnóstico de 4 meses, MDS UPDRS-Speech normal, [t] 8° DDK*

**Figura 51.**

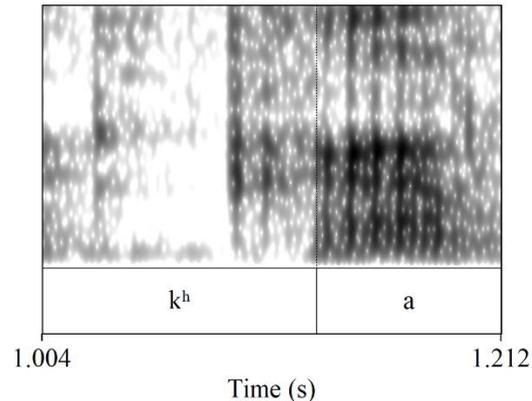
*Segmento [p] con barra de explosión debilitada*



*Grabación AVPEPUDEA0013. Hablante masculino. 59 años. Tiempo de diagnóstico de 8 años, MDS UPDRS-Speech normal, [p] 5° DDK*

**Figura 52.**

*Segmento [k<sup>h</sup>] con múltiples barras de explosión*



*Grabación AVPEPUDEA0031. Hablante femenino. 59 años. Tiempo de diagnóstico de 14 años, MDS  
UPDRS-Speech medio [k<sup>h</sup>] 2° DDK*

**6.2. Las COOS como un indicador de detección temprana de la EP**

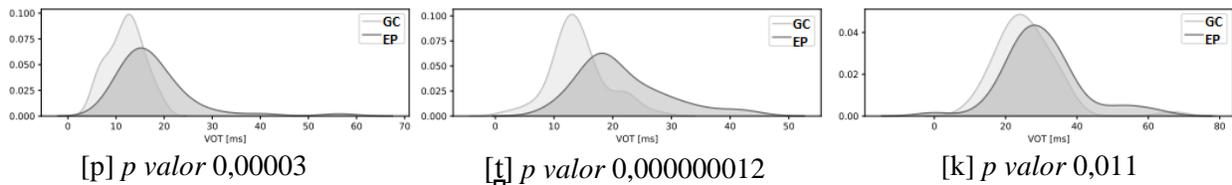
Como se explica en el apartado 5.3.1.6., el VOT y la duración de la fase oclusiva-tensiva son parámetros que se correlacionan entre sí, en una proporción inversa, es decir, el aumento de la duración de VOT implica una reducción de la duración de la fase tensiva (ver Figura 53). En el análisis estadístico estos dos parámetros presentaron diferencias significativas que la configuran como indicios acústicos para la identificación del habla disártrica.

**Figura 53.**

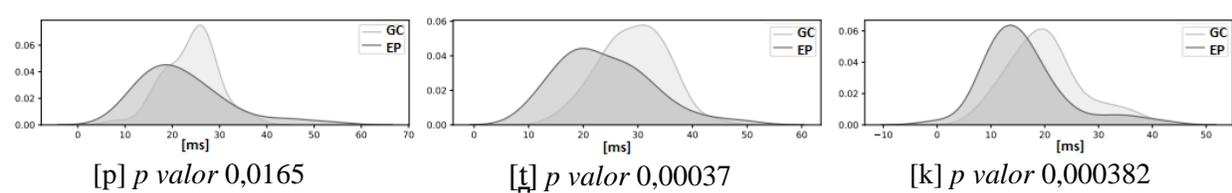
*Resumen del comportamiento de parámetros acústicos de VOT y fase oclusiva-tensiva en EP y*

*GC*

*VOT*



*Duración de la fase oclusiva-tensiva*



Cho et al. (2019) y Cho y Ladefoged (1999) plantean diferentes perspectivas anatómicas que intentan explicar las variaciones del VOT en estudios interlingüísticos y de utilidad clínica. Una de las perspectivas defiende una explicación funcional desde las leyes aerodinámicas y el impacto del efecto Bernoulli en la configuración de las consonantes. La segunda perspectiva explica las variaciones del VOT y el parámetro de oclusión a partir del movimiento del articulador, que se relaciona con el concepto de masa muscular del articulador y su incidencia en los parámetros de duración de la consonante. Teniendo en cuenta estas orientaciones, el presente apartado establece una correlación entre los hallazgos fonético-acústicos y la consolidación de correlatos anatomofisiológicos y clínicos para una explicación integral del estado disártrico derivado de la EP.

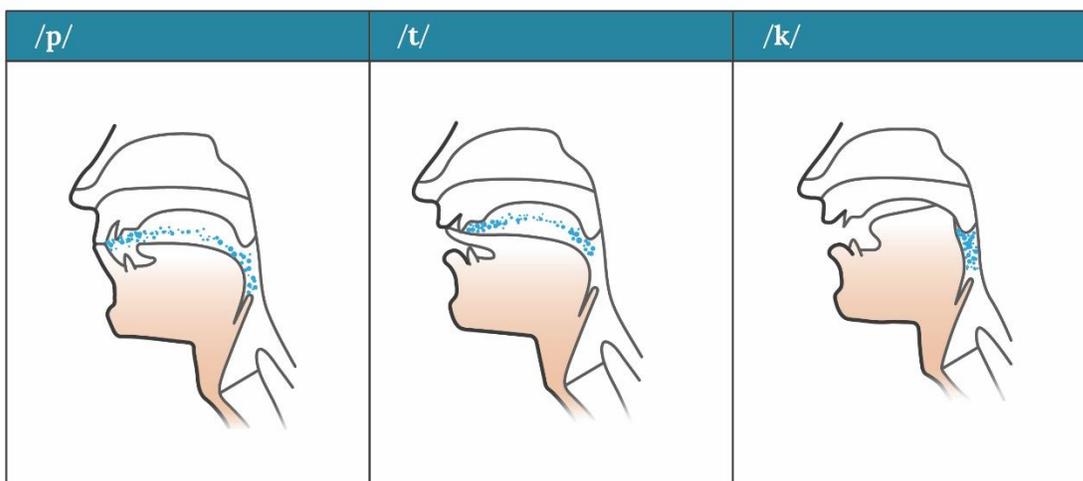
### 6.2.1. Perspectiva aerodinámica

Desde una perspectiva fonética articulatoria, autores como Klatt (1975) Cho y Ladefoged (1999) y Hardcastle (1973) han planteado que el VOT depende del tamaño de cavidad supraglótica y la eficiencia de los puntos de constricción que se forman para dar origen a las COOS. El punto de constricción puede tener dos variaciones, una que consiste en entender el tamaño de cavidad supraglótica desde una perspectiva de cierre posterior y desde una perspectiva de cierre anterior.

- *Cierre posterior*: Caracteriza la duración del VOT a partir del tamaño de la cavidad supraglótica detrás del punto de contacto entre articuladores. Si se toma como referencia el segmento /k/, la unión de los articuladores se da a nivel velar y parte posterior de lengua, haciendo que el tamaño de cavidad se reduzca. La Figura 54 muestra la referencia de cierre posterior de la cavidad supraglótica.

#### Figura 54.

*Representación anatómica del cierre posterior*

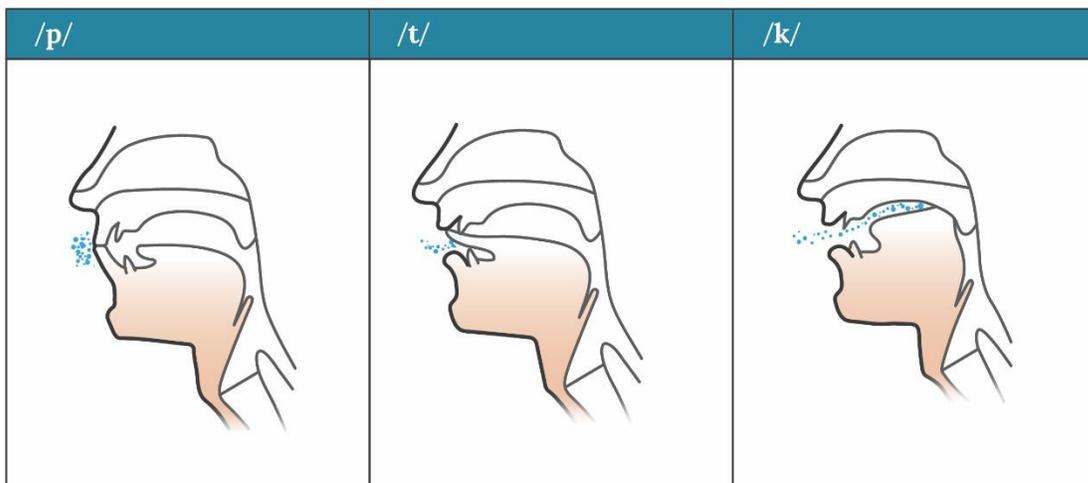


Basado en Cho y Ladefoged (1999)

- *Cierre anterior*: esta perspectiva retoma la distancia de la cavidad supraglótica y la liberación de la presión por delante del punto de contacto. Si se toma como referencia el contacto velar y su trayectoria anterior, el espacio es mayor y la expulsión de la presión sostenida llevará mas tiempo para dar inicio a la vocal. La Figura 55 muestra la referencia anatómica de esta perspectiva.

**Figura 55.**

*Representación anatómica del cierre anterior*



Basado en Cho y Ladefoged (1999)

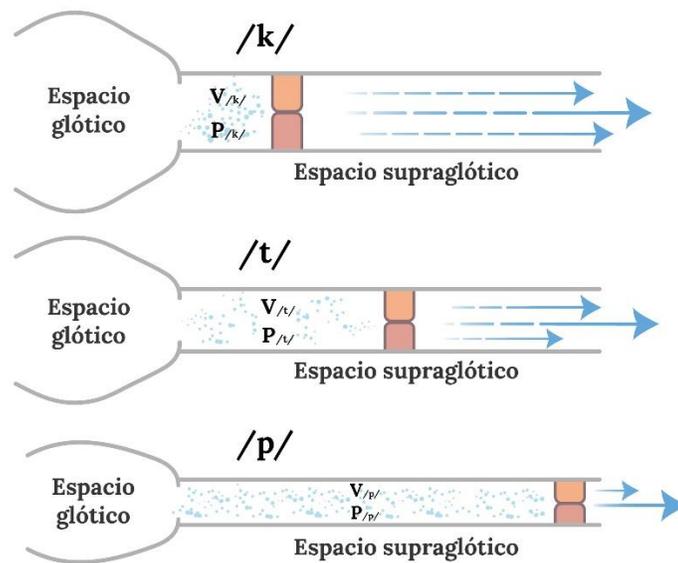
La presión transglótica proveniente de los pulmones y del espacio glótico, sube a la cavidad supraglótica. En la perspectiva de cierre posterior, cuando el contacto es el segmento /k/ el volumen se reduce, la presión aumenta y esto llevará más tiempo para la liberación de la presión contenida en el cierre posterior. En el caso de [t] el punto de cierre posterior se da con la porción dental, que hace que el volumen de la cavidad sea medio, por tanto, la presión se regula moderadamente, y finalmente el segmento [p] con el contacto labial hace que el volumen de la cavidad sea mayor y la presión menor, lo que le llevará menor tiempo para la producción de la consonante.

En esta perspectiva de cierre posterior, cada contacto articulatorio tendrá una presión diferente y un volumen de la cavidad supraglótica diferente. Es decir, el contacto de /k/ tiene un  $V_{/k/}$  con una  $P_{/k/}$ , /t/ tiene un  $V_{/t/}$  con un  $P_{/t/}$  y, /p/ tiene un  $V_{/p/}$  con una  $P_{/p/}$ <sup>47</sup>. Por tanto, en esta relación se establece que  $P_{/k/} > P_{/t/} > P_{/p/}$ . Esta relación es inversamente proporcional con el volumen de la cavidad supraglótica.

Por su parte, la orientación del cierre anterior, en el caso del punto de contacto velar, la explosión deberá recorrer un trayecto más largo en relación al segmento dental y bilabial. En este sentido,  $d_{/k/}^{48} > d_{/t/} > d_{/p/}$ , situación que es directamente proporcional al tiempo que transcurre hasta iniciar la sonoridad. La Figura 56 muestra la perspectiva de cierre posterior y anterior a partir de un diagrama de filtros.

**Figura 56.**

*Representación de la perspectiva aerodinámica*



<sup>47</sup> P: presión, V: Volumen

<sup>48</sup> d: distancia de la cavidad supraglótica.

### **6.2.1.1. Hipótesis clínica: perspectiva aerodinámica**

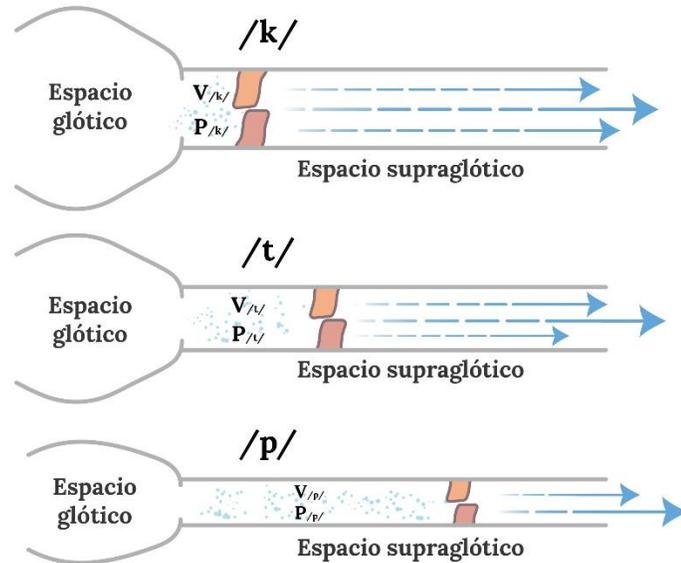
El estado disártrico derivado de la EP se caracteriza por un déficit en el contacto neuromuscular, es decir, una falta de coordinación en la unión entre la señal nerviosa y la respuesta motora del articulador. Esto fisiológicamente implica una lentitud en la reacción motora para la configuración de los puntos de contacto articulario (Sapir, 2014; Skodda et al., 2011). La situación neuromuscular derivada de la EP influye en el síntoma de imprecisión articularia.

Desde el marco de la metodología instrumental indirecta, es decir, el uso de análisis acústico del habla, las características acústicas de la COOS que explican esta sintomatología son:

- Desde la perspectiva articularia, el aumento del VOT y la disminución de la fase oclusiva-tensiva sugieren un cambio o desplazamiento del articulador, es decir, un contacto articulario diferente de los contactos típicos o canónicos que pueden desajustar la calidad del cierre o la oclusión, lo que implica una reducción del volumen de la cavidad supraglótica, una variación de la presión contenida y una distancia mayor con respecto al punto de radiación o de salida de la explosión. Así se representa en la Figura 57.

**Figura 57.**

*Representación articuladora de la hipótesis clínica aerodinámica*



Elaboración propia

- La hipótesis de modificación o cambio de los puntos articulatorios se fortalece en los puntos de máxima concentración de energía, que si bien, no mostraron diferencias significativas estadísticamente, impresionísticamente se observa como la envolvente puede presentar una dispersión diferente de la energía con la presencia de múltiples picos en el GC y EP. Esto sugiere un cambio de la configuración motora del articulador.
- Desde una perspectiva fonatoria, la duración aumentada del VOT retrasará el inicio de la vibración del pliegue vocal, por tanto, hay una lentificación en la activación del patrón aductor del espacio glótico.

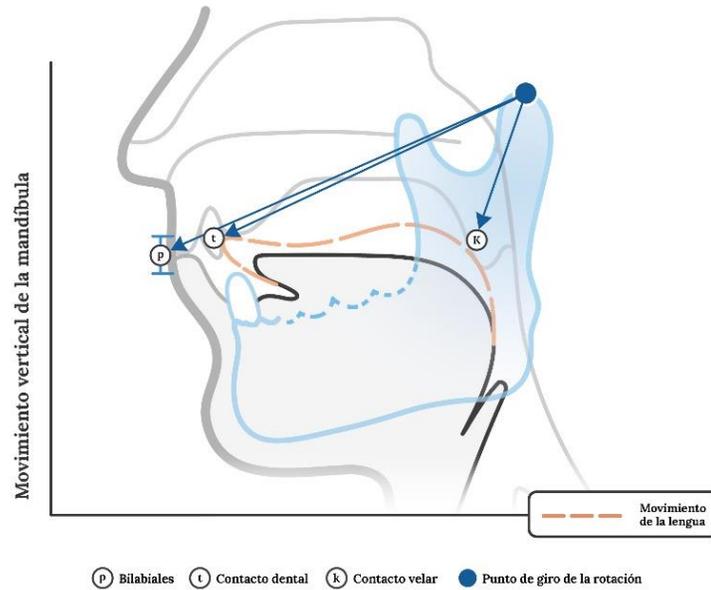
### ***6.2.2. Perspectiva del movimiento del articulador***

Esta perspectiva planteada por Hardcastle (1996) y retomada por Cho et al. (2019) contempla que la organización de la cavidad supraglótica se orienta por el movimiento mandibular, siendo un pivote para el movimiento del articulador. En este sentido, entre más alejado esté del punto pivote, menor tiempo se tomará para organizar el punto de contacto de los articuladores, implicará menor movimiento vertical de la mandíbula, y menor tiempo tomará para construir la presión transglótica que da inicio a la vocal siguiente. En este sentido, se estipula una jerarquía de movimiento articulador, en la cual, el ápex lingual se considera un articulador de rápido movimiento, los labios un articulador de rango intermedio y la parte posterior lingual de rango más lento.

Esto podría explicar la diferencia entre [p] y [k] en el sentido acústico, mas no aplica en la realización acústica del segmento [t̚], pues generalmente, la relación temporal de VOT es de  $t_{/p/} < t_{/k/}$ . Desde esta perspectiva, la extensión del área del contacto articulador es una variable a tenerse en cuenta (Klatt, 1975). Según Van Den Berg (1958) al presentarse una constricción larga y estrecha, más tiempo tomará la liberación, y la disminución de la presión intraoral después del cierre será gradual para el contacto velar y ligero para el contacto dental y labial. Las Figuras 58 y 59 muestran la hipótesis de movimiento articulador tomando como pivote o eje de movimiento a la mandíbula.

**Figura 58.**

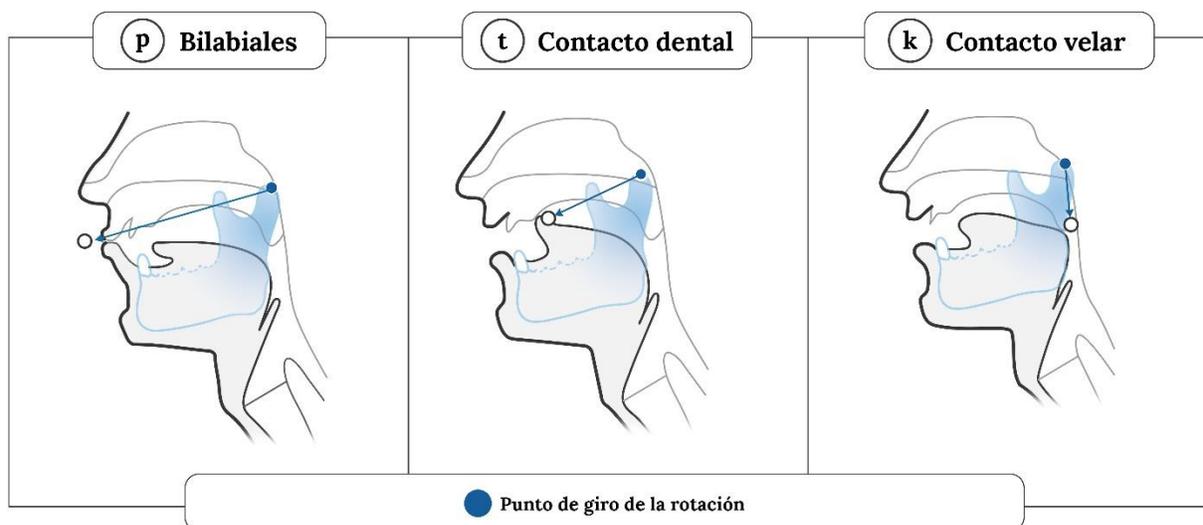
*Representación de la perspectiva del movimiento articulador*



Basado en Cho y Ladefoged (1999)

**Figura 59.**

*Representación de la perspectiva del movimiento articulador de cada una de las COOS*



Elaboración propia

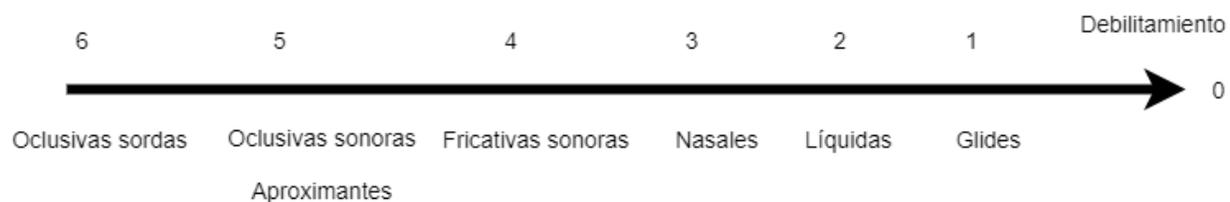
Por otro lado, en pruebas experimentales directas, por medio de ultrasonido o cineradiografía, se habla sobre la importancia del movimiento del articulador en el sentido que puede aumentar o restringir el tamaño de cavidad oral. Estos cambios del tamaño de la cavidad supraglótica tendientes a la reducción del espacio experimentan una falta de presión en el ajuste supraglótico, modificación del contacto linguo-palatino y pérdida del contacto velofaríngeo, lo que facilitará las condiciones para la sonorización o posibles nasalizaciones durante la fase oclusiva de las consonantes (Ahn, 2018; Kharlamov, 2018; Ünal-Logacev et al., 2018).

#### **6.2.2.1. Hipótesis clínica: perspectiva del movimiento articulador**

Entre los síntomas cardinales de la EP se encuentra la rigidez que consiste en un aumento de la tensión y la resistencia durante la ejecución del movimiento, la bradicinesia que es la configuración lenta del movimiento y el temblor exacerbado en el reposo. Estos síntomas cardinales impactan en la configuración del habla provocando disminución de los rangos de movimiento labial y lingual y aumento del tiempo para iniciar el contacto articulatorio (Goberman y Coelho, 2002)

Bajo esta perspectiva teórica, la tendencia aumentada del VOT en los tres segmentos consonánticos lo confirman, además del comportamiento de los fenómenos glóticos evidenciados, con una presencia importante de sonorizaciones o comportamientos mixtos de sonorización con aspiración, que sugieren un debilitamiento del contacto velo faríngeo y, por tanto, una sospecha alta de nasalidad durante la fase oclusiva-tensiva, lo que a su vez, explica su disminución en tiempo.

Desde la perspectiva del síntoma de imprecisión articulatoria, Escure (1977) establece una jerarquía que explica los debilitamientos en segmentos consonánticos bajo el siguiente esquema de trayectoria.



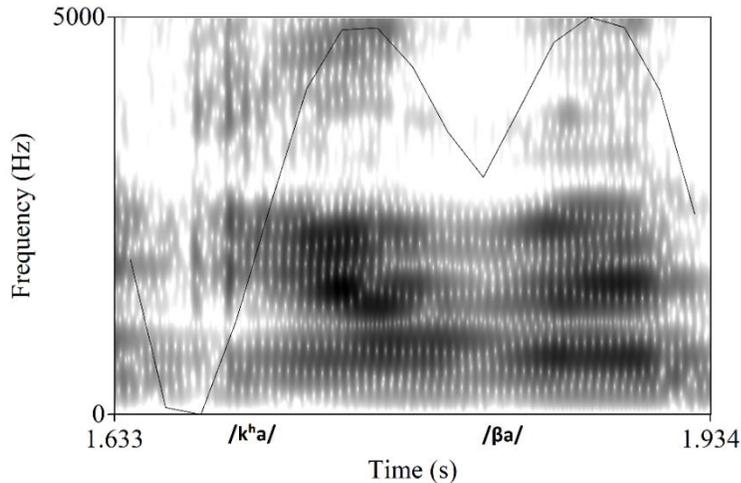
Es así como la trayectoria de debilitamiento de las oclusivas sordas corresponde a la producción de segmentos oclusivos sonoros o, según el contexto de realización, una producción aproximante. En este estudio se evidenciaron producciones aproximantes (Ladefoged y Johnson, 2011; Ladefoged, 1996) que corresponden a /β/ /δ/ /ɣ/ en contextos intervocálicos en producciones del grupo caso y control.

De manera particular, estas modificaciones afectaron los segmentos de [p] por [β] y [k] por [ɣ]. La Figura 60 muestra una realización aproximante en [βa] en la cual se observa la pérdida de identidad acústica de la COOS, es decir, ausencia de barra de explosión y ausencia de fase oclusiva, asuntos que sugieren, una pérdida del contacto articulatorio y del grado de constricción.

Este fenómeno puede asociarse a la alternancia rápida que sucede en la tarea de DDK, pero además al contexto segmental intervocálico que enriquece la aparición de las mismas. En el caso del segmento [t̚] hay una frecuencia de aparición del alófono [δ] en muy baja proporción, dicho hallazgo se asocia con la fuerza acentual proporcionada a la sílaba [ˈt̚a] durante la DDK (Cho y Ladefoged, 1999).

## Figura 60.

*Realización aproximante [β]<sup>49</sup>*



*Grabación AVPEPUDEA0008. Hablante femenino. 60 años. Tiempo de diagnóstico de 37 años, MDS UPDRS-Speech Leve, 4° DDK*

La trayectoria acústica para la configuración del debilitamiento articulatorio está argumentada bajo el panorama que Martínez Celdrán (2013) plantea frente a las aproximantes:

las aproximantes son los segmentos que, poseyendo cierto grado de constricción, carecen de la precisión articulatoria requerida para producir una corriente turbulenta de aire, bien sea por la falta de suficiente tensión en los órganos articuladores, bien sea porque el tracto vocal no está suficientemente constreñido o ambas cosas conjuntamente (pág. 15)

### **6.2.3. Perspectiva fisiológica: correlatos acústicos y fisiológicos**

Desde una perspectiva fisiológica, Fischer y Goberman (2010) y Goberman y Coelho (2002) plantean una serie de correlatos fisiológicos en concordancia con los síntomas cardinales del EP.

---

<sup>49</sup> Esta producción aproximante muestra picos de intensidad altos en los segmentos vocálicos y descenso en los valles, este descenso presenta estructuras formánticas y presencia de pulsos glotales debilitados, haciendo que la producción se configure como una aproximante abierta.

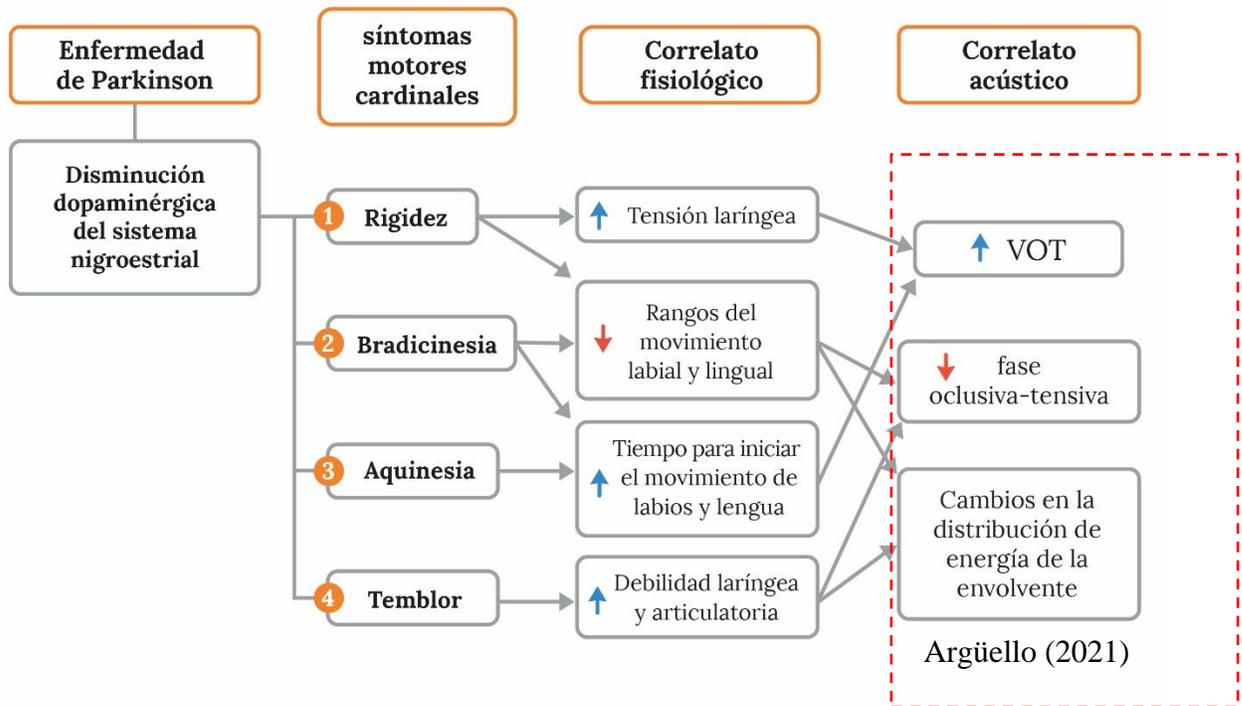
Teniendo en cuenta la orientación teórica que describen, el comportamiento fonatorio atiende a un aumento de tensión muscular laríngea y la disminución en el rango de movimiento laríngeo y articulatorio. Dichas descripciones están en congruencia con las hipótesis clínicas de los apartados 6.2.1 y 6.2.2, específicamente en la caracterización del parámetro de aumento del VOT y disminución de la fase oclusiva-tensiva.

Los resultados obtenidos y la discusión teórica presentada, desde una perspectiva netamente articulatoria, orienta la conclusión hacia que, la imprecisión articulatoria esta vinculada a la disminución de los rangos de movimiento labial y lingual, aumento del tiempo para iniciar el contacto articulatorio de la consonante y debilidad articulatoria en la determinación del modo de articulación, situaciones reflejadas en cada uno de los parámetros medidos y consolidados estadísticamente.

Tomando como referencia el mapa de correlatos planteado Goberman y Coelho (2002) y según los resultados obtenidos en el presente estudio, se establece un esquema de correlaciones acústica, clínicas y fisiológicas en la Figura 61.

**Figura 61.**

*Reinterpretación del mapa de correlatos en el habla disártrica (Goberman y Coelho, 2002)*



Reinterpretado de (Goberman & Coelho, 2002)

#### **6.2.4. Potenciales limitaciones del estudio**

El estudio logra la consolidación de resultados satisfactorios con los hallazgos fonéticos acústicos encontrados y el impulso de hipótesis clínicas que podrían explicar los fenómenos propios del habla disártrica derivada de la EP. Aún así, es preciso mencionar cuestiones de interés que podrían dar lugar a diferentes análisis complementarios y nuevas perspectivas de estudios.

- Es claro que la metodología planteada permite el conocimiento de parámetros acústicos que logran la identificación entre habla sana y habla patológica, es decir, hay biomarcadores que facilitan la detección del habla disártrica. Sin embargo, para explicar

la progresión de la enfermedad y el impacto específico en el habla, se hace necesario mejorar la muestra con un mayor grado de homogeneidad en los estadios de la enfermedad y las escalas de diagnóstico del habla. Esto impulsará un análisis estadístico estable para la relación entre parámetros acústicos y progresión o grado de severidad en el habla.

- El estudio se desarrolló en un registro de habla controlada, mediante tareas de DDK. Se hace importante establecer análisis específicos en habla real y cotidiana para conocer el alcance de las COOS como biomarcador para la detección del habla disártrica. Esto a su vez facilitaría el estudio del diseño e impacto de planes de tratamiento fonoaudiológicos.
- La mayoría de estudios sobre los aspectos segmentales de sistemas consonánticos son abordados desde un enfoque de clasificación y automatización de parámetros vocálicos o consonánticos. Es importante el desarrollo de estudio de corte fonético que fortalezcan el contraste y la complementariedad entre el trabajo de etiquetado y segmentación manual y etiquetado automático, esto facilitará la discusión sobre el alcance de los parámetros fonéticos acústicos en la consolidación como biomarcadores de diagnóstico, detección y monitorización de la EP.

## Capítulo VII

### 7. Conclusiones

El objetivo principal de este estudio se centró en analizar acústicamente las consonantes obstruyentes oclusivas sordas del sistema consonántico hispánico en personas con EP, con el fin de encontrar indicadores fonéticos de diagnóstico. Para ello se planteó una metodología que tomó como referencia al corpus PC GITA y a partir de un protocolo de medición de los parámetros acústicos de las COOS, se consolidó el Subcorpus GITA\_VOT que evalúa de manera específica, las tareas de DDK en la secuencia /pataka/ tanto en el grupo caso como en grupo control.

Las características fonético-acústicas de la COOS dispuestas en el Subcorpus GITA\_VOT, se detallaron a partir de cuatro parámetros: el VOT, la fase oclusiva-tensiva, la duración del segmento consonántico y el punto de máxima concentración de energía en la barra explosión. Los promedios de realización se establecieron para cada uno de los grupos (caso y control), encontrando que tanto el VOT y el punto de máxima concentración de energía, tienen una tendencia de comportamiento invariable con lo estipulado desde las concepciones teóricas dispuestas. Es decir, la secuencia temporal del VOT asume duraciones menores en la medida que el punto de articulación es más anterior y los picos espectrales en la barra de explosión tienen un desempeño para segmentos bilabiales en frecuencia graves, para dentales en frecuencias altas y para segmentos velares en frecuencias medias.

Al caracterizar cada uno de los grupos de estudio se estableció una comparación que permitió identificar que el grupo EP se caracteriza por presentar aumento en la duración del VOT, disminución de la fase oclusiva-tensiva, mínimas diferencias temporales en la duración del segmento consonántico con respecto al grupo control, y picos espectrales similares en ambos

grupos, con diferencias importantes en el segmento [p]. Estos datos espectrográficos se complementaron con variables de orden cualitativo que describieron la impresión observacional del espectro registrándose fenómenos glóticos de sonorización, aspiración; y fenómenos supraglóticos de debilitamientos de barra de explosión o marcación de doble barra que sugieren desde un marco sintomatológico, tanteos, imprecisiones o múltiples intentos por fijar los puntos de contacto articulatorio.

Las características del grupo EP fueron contrastadas con variables clínicas de tiempo de diagnóstico, escala MDS-UPDRS III Y subescala MDS UPDRS-Speech, las cuales, son directamente proporcionales, es decir, en la medida que el tiempo de diagnóstico avanza el compromiso motor y del habla incrementa. Es así, como en las pruebas estadísticas realizadas, se consolida una tendencia que declaró que a medida que el estadio del compromiso de habla es mayor, el parámetro de VOT incrementa su duración y la fase oclusiva-tensiva disminuye. Los parámetros acústicos son concluyentes para la identificación entre habla sana y patológica, pero no lo son para la identificación de los estadios de la enfermedad, en este caso puntual se afirma una tendencia de comportamiento acústico sin declarar una puntualización diagnóstica de severidad.

El comportamiento acústico y articulatorio de la COOS en el habla disártrica para el sistema consonántico hispánico se concluye en tres correlatos acústicos importantes: el aumento del VOT, la fase oclusiva-tensiva disminuida y un cambio en la configuración del tracto vocal, establecido por las características de la envolvente que muestra picos de distribución de energía diferentes. La interpretación fisiológica parte de la conducta neuromuscular deteriorada, propia de la EP, está caracterizada por la pérdida del control, precisión y coordinación del movimiento. Por lo tanto, las características fonético-acústicas halladas determinan, desde la perspectiva

fonatoria, un retraso en el inicio de la vibración del pliegue vocal para producción de segmentos vocálicos, así como imprecisiones articulatorias que consisten en la pérdida de los contactos articulatorios bilabiales, dentales y velares con un cierre hacia una trayectoria posterior, pérdida de la tensión articulatoria y debilitamiento de la fase explosiva. Por otra parte, se sugiere, desde una perspectiva cineradiográfica o con el desarrollo de técnicas instrumentales directas la exploración de la calidad del contacto velofaríngeo para hacer un diagnóstico diferencial espectrográfico entre la presencia de sonorización o la presencia de esbozos iniciales de nasalización.

Todos estos hallazgos obtenidos mediante la metodología planteada lograron ser validados a partir de metodologías automatizadas, gracias a la interdisciplinariedad con el procesamiento y análisis de señales. Las pruebas de desempeño entre la perspectiva manual y automatizada se realizaron con el parámetro de VOT, que de manera precisa, para el segmento [p] logra un desempeño satisfactorio tanto en la precisión, la especificidad y la sensibilidad, por lo cual se consolida como un indicador de detección y diagnóstico del habla disártrica derivada de la EP. Como los resultados lo demuestran, las COOS y su parámetro de VOT se consolida como indicador de diagnóstico clínico y un concepto determinante para la caracterización objetiva e instrumental de los trastornos motores del habla, en este caso particular, de etiología neurodegenerativa.

El alcance de los resultados de esta investigación se consolidó en el impacto académico y social en cuatro perspectivas fundamentales. *La perspectiva interdisciplinar* aportada por la medicina, ingeniería y lingüística para el abordaje integral del trastorno motor del habla secundario a la EP con acciones enmarcadas en el diagnóstico clínico, el procesamiento de señales y el análisis fonético acústico de las COOS. *La perspectiva académica* que ratifica el rol del lingüista en estudios de corte analítico en el campo de la fonética clínica para la exploración de los fenómenos

lingüísticos derivados de alguna situación patológica, y de manera puntual, en el sistema consonántico hispánico.

*La perspectiva diagnóstica* que gracias a los hallazgos en las COOS en español fue posible establecer correlatos acústicos que caracterizan los síntomas como la imprecisión consonántica y el debilitamiento articulatorio. Igualmente, la validación de la metodología manual realizada con respecto a sistemas automatizados, logró consolidar el VOT como un biomarcador para la detección del habla disártrica derivada de la EP con indicadores de desempeño superiores al 70%.

Finalmente, *la perspectiva social* se fundamentó en la contribución de los hallazgos fonéticos para el desarrollo de protocolos objetivos y el futuro diseño de aplicaciones médicas que faciliten, agilicen y permitan un monitoreo de los trastornos motores del habla derivados de patologías de alta prevalencia mundial, a partir de las características articulatorias.

### **7.1. Trabajo Futuro**

El desarrollo de esta investigación se convierte en un proceso inicial para la exploración de los trastornos motores del habla desde una perspectiva fonética clínica del español hablado en Colombia, y desde una perspectiva interdisciplinar, que conjuga el enfoque manual aportado por la lingüística y el enfoque automatizado de la ingeniería.

Los resultados obtenidos trazan rutas investigativas relevantes para profundizar en la EP y la caracterización del habla disártrica, es así como emergen ciertas consideraciones que deberán explorarse en un plazo futuro.

- Las DDK desde la perspectiva clínica, permiten la exploración fonatoria y articulatoria precisa. Es necesario el desarrollo de estudios interlingüísticos que establezcan consonancias o disonancias entre sistemas consonánticos y la declaración o no de indicadores universales o *Gold Standard* de diagnóstico.

- Las DDK, por plantear un contexto de habla controlada, permiten identificar la dimensión acústica, articulatoria y prosódica de cada una de las producciones. La exploración de indicadores de diagnóstico de habla disártrica en registros espontáneos requerirá de una metodología que controle variables segmentales subyacentes y aspectos microprosódicos; la consolidación de la misma, facilitará evaluar el progreso y monitoreo de la enfermedad.
- Los parámetros acústicos mostraron un buen rendimiento en la identificación de habla patológica y sana pero no mostraron suficiente rendimiento en la identificación del estadio de la enfermedad. Es necesario establecer una comparación de los resultados obtenidos con escalas de diagnóstico como la FDA para determinar un alcance mucho más específico con respecto a la severidad y el impacto clínico en el habla.
- Las hipótesis clínicas presentadas requerirán de un contraste cineradiográfico, ultrasónico o de otros métodos instrumentales directos para confirmar y validar la disposición biomecánicas de los articuladores.

## **7.2. Contribuciones realizadas a la comunidad científica**

### *Ponencias*

(Ver anexo 1 -

<https://drive.google.com/drive/folders/1VVbTsKEzKP2QMqcbKO9av3Eq7sdNaNCI?usp=sharing> )

- 23rd International Conference on Text, Speech and Dialogue. TSD 2020. *Acoustic Characteristics of VOT in Plosive Consonants Produced by Parkinson's Patients*. Brno. Czech Republic. September 2020.
- III Congreso internacional de lingüística del computacional y del corpus. Una mirada desde las tecnologías del lenguaje y las humanidades digitales. *Subcorpus GITA\_VOT, Análisis de las consonantes obstruyentes oclivas sordas en personas con enfermedad de Parkinson*. Medellín, Octubre 2020.
- II Encuentro Internacional del Grupo de Estudios Sociolingüísticos. *La lingüística clínica: una mirada interdisciplinar en los estudios de la lengua*. Medellín, Julio 2019.

### Artículos

(Ver anexo 2-

[https://drive.google.com/drive/folders/1csAV8p\\_m0emHL8hfWzWdz79hBOKMz0mi?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1csAV8p_m0emHL8hfWzWdz79hBOKMz0mi?usp=sharing))

Arias-Vergara, T., Arguello-Velez, P., Vásquez-Correa, J. C., Nöth, E., Schuster, M., González-Rátiva, M. C., y Orozco-Arroyave, J. R. (2020). Automatic detection of Voice Onset Time in voiceless plosives using gated recurrent units. *Digital Signal Processing*, 104, 102779. <https://doi.org/10.1016/J.DSP.2020.102779>

Argüello-Vélez, P., Arias-Vergara, T., Nöth, E., Schuster, M., González-Rátiva, M.C., y Orozco-Arroyave, J.R. (2020). Acoustic Characteristics of VOT in Plosive Consonants Produced by Parkinson's Patients. In P. S. K. P. Horák (Ed.), *23rd International Conference, TSD 2020* (pp. 303–311). Springer, Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-58323-1>

### Contenido multimedia.

(Ver anexo 3-

[https://drive.google.com/drive/folders/16zV2r29t8x\\_vDG23EIZ-TD-doh0QcfzH?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/16zV2r29t8x_vDG23EIZ-TD-doh0QcfzH?usp=sharing))

Video tutorial sobre la metodología para la medición de los parámetros acústicos de las COOS.

### Proyecto de investigación con apoyo CODI-UdeA

Actualmente se está llevando a cabo el proyecto titulado *Análisis fonético y detección automática del VOT para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad de Parkinson en hablantes de español, alemán y checo*. La caracterización fonética acústica fue desarrollada para las tres lenguas con la metodología de medición planteada para el presente estudio. Actualmente se está consolidando los resultados para el desarrollo de nuevas publicaciones.



## Referencias

- Aarsland, D., Batzu, L., Halliday, G. M., Geurtsen, G. J., Ballard, C., Ray Chaudhuri, K., & Weintraub, D. (2021). Parkinson disease-associated cognitive impairment. *Nature Reviews Disease Primers* 2021 7:1, 7(1), 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00280-3>
- Abramson, A., y Whalen, D. H. (2017). Voice Onset Time (VOT) at 50: Theoretical and practical issues in measuring voicing distinctions. *Journal of Phonetics*, 63, 75–86. <https://doi.org/10.1016/J.WOCN.2017.05.002>
- Ackermann, H., Hertrich, I., y Hehr, T. (1995). Oral Diadochokinesis in Neurological Dysarthrias. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 47(1), 15–23. <https://doi.org/10.1159/000266338>
- Ackermann, H., Konczak, J., y Hertrich, I. (1997). The Temporal Control of Repetitive Articulatory Movements in Parkinson's Disease. *Brain and Language*, 56(2), 312–319. <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1851>
- Ackermann, H. y Ziegler, W. (1991). Articulatory deficits in parkinsonian dysarthria: an acoustic analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 54(12), 1093–1098. <https://doi.org/10.1136/JNNP.54.12.1093>
- Aguilar Rodríguez, A., López Hernández, M., y Pedroso Ibáñez, I. (2005). Una alternativa para la prevención de los trastornos del lenguaje en la enfermedad de Parkinson. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 6(1), 22–25.
- Ahn, S. (2018). The role of tongue position in laryngeal contrasts: An ultrasound study of English and Brazilian Portuguese. *Journal of Phonetics*, 71, 451–467. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2018.10.003>
- Allam, M. F., del Castillo, A. S., y Navajas, R. F. C. (2003). Parkinson s disease risk factors. *Revista de Neurologia*, 36(8), 749–755. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12717655>

- Ariza-Serrano, L. M., Guerrero-Vega, J., Ortíz, P., y Moreno-Lopez, C. L. (2016). Characterization of patients with Parkinson's disease in a reference center of Bogotá, Colombia. *Acta Neurológica Colombiana*, 32(3), 203–208. <http://www.scielo.org.co/pdf/anco/v32n3/v32n3a04.pdf>
- Arias-Vergara, T., Arguello-Velez, P., Vásquez-Correa, J. C., Nöth, E., Schuster, M., González-Rátiva, M. C., y Orozco-Arroyave, J. R. (2020). Automatic detection of Voice Onset Time in voiceless plosives using gated recurrent units. *Digital Signal Processing*, 104, 102779. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2020.102779>
- Argüello-Vélez, P., Arias-Vergara, T., Nöth, E., Schuster, M., González-Rátiva, M.C., y Orozco-Arroyave, J.R. (2020). Acoustic Characteristics of VOT in Plosive Consonants Produced by Parkinson's Patients. In P. S. K. P. Horák (Ed.), *23rd International Conference, TSD 2020* (pp. 303–311). Springer, Cham. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-58323-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58323-1)
- Asensi, L., Via Portolés, S., y del Rio, A. (1998). Barra de explosión, VOT y frecuencia de las oclusivas sordas del castellano. *Estudios de Fonética Experimental*, 9, 221–242.
- Auzou, P., Özsancak, C., Morris, R., Eustache, F., y Hannequin, D. (2000). Voice onset time in aphasia, apraxia of speech and dysarthria: a review. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 14(2), 131–150. <https://doi.org/10.1080/026992000298878>
- Awan, S. (2008). Instrumental Analysis of Phonation. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics* (pp. 344–359). Blackwell Publishers.
- Ball, M., y Local, J. (1996). Current developments in transcription. En M. Ball y M. Duckworth (Eds.), *Advances in clinical phonetics* (pp. 52–87). John Benjamins Publishing Company.

- Ball, M., y Code, C. (1997). *Instrumental clinical phonetics*. Whurr Publishers.
- Baum, S. R., y Ryan, L. (1993). Rate of Speech Effects in Aphasia: Voice Onset Time. *Brain and Language*, 44(4), 431–445. <https://doi.org/10.1006/brln.1993.1026>
- Berko, J., y Bernstein, N. (2000). *Psicolingüística*. M.G. Hill.
- Blumstein, S. E., Cooper, W. E., Goodglass, H., Statlender, S., y Gottlieb, J. (1980). Production deficits in aphasia: A voice-onset time analysis. *Brain and Language*, 9(2), 153–170. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(80\)90137-6](https://doi.org/10.1016/0093-934X(80)90137-6)
- Blumstein, S. E., y Stevens, K. N. (1979). Acoustic invariance in speech production: Evidence from measurements of the spectral characteristics of stop consonants. *J. Acoust. Soc. Am.*, 66(4), 1001–1017. <https://doi.org/10.1121/1.383319>
- Boersma, P., y Weenink, D. (2019). *Praat: doing phonetics by computer*. Phonetic Sciences, University of Amsterdam. [fon.hum.uva.nl/praat/](http://fon.hum.uva.nl/praat/)
- Borzone, A. (1980). *Manual de fonética acústica*. (Hachette (Ed.)). Librería Hachette.
- Bowen, L. K., Hands, G. L., Pradhan, S., y Stepp, C. E. (2013). Effects of Parkinson’s Disease on Fundamental Frequency Variability in Running Speech. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 21(3), 235–244. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25838754>
- Bowen, L. K., Hands, G. L., Pradhan, S., y Stepp, C. E. (2013). Effects of Parkinson’s Disease on Fundamental Frequency Variability in Running Speech. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 21(3), 235–244. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25838754>
- Brabenec, L., Mekyska, J., Galaz, Z., y Rektorova, I. (2017). Speech disorders in Parkinson’s disease: early diagnostics and effects of medication and brain stimulation. *Journal of Neural Transmission*, 124(3), 303–334. <https://doi.org/10.1007/s00702-017-1676-0>
- Brinton, B., y Fujiki, M. (2003). Blending quantitative and qualitative methods in language

- research and intervention. *American Journal of Speech-Language Pathology* (Vol. 12, Issue 2, pp. 165–171). American Speech-Language-Hearing Association.  
[https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2003/063\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2003/063))
- Bryant, L., Ferguson, A., & Spencer, E. (2016). Linguistic analysis of discourse in aphasia: A review of the literature. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 30(7), 489–518.  
<https://doi.org/10.3109/02699206.2016.1145740>
- Bustamante B., J. (2001). *Neuroanatomía funcional y clínica: Atlas del sistema nerviosa central*. Celsus.
- Cañedo, R., Rodríguez, R., y Montejo, M. (2010). Scopus: la mayor base de datos de literatura científica arbitrada al alcance de los países subdesarrollados. *Revista Cubana de Información En Ciencias de La Salud*, 21(3).  
<http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/14/45>
- Caplan, D. (1987). *Neurolinguistic and linguistic aphasiology: An Introduction*. En Cambridge Studies in Speech and Communication (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press.  
Doi:10.1017/CBO9780511620676
- Carmona, M. B., González, J. M. I., Rivière, A., y Gómez, A. R. (1992). *Psicología del lenguaje: investigación y teoría*. Trotta. <https://books.google.com.co/books?id=KZ07SgAACAAJ>
- Castañeda Vicente, M. (1986). El V.O.T. de las Oclusivas Sordas y Sonoras Españolas. *Estudios de Fonética Experimental*, 2, 91–110.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3704634>
- Catford, J. C. (1994). *A Practical Introduction to Phonetics* (2nd ed). Oxford University Press.  
<https://salahlibrary.files.wordpress.com/2017/03/a-practical-introduction-to-phonetics.pdf>
- Chandler, J. M., Nair, R., Biglan, K., Ferries, E. A., Munsie, L. M., Changamire, T., Patel, N., &

- Lilly, E. (2021). Characteristics of Parkinson's Disease in Patients with and without Cognitive Impairment. *Journal of Parkinson's Disease*, 11, 1381–1392. <https://doi.org/10.3233/JPD-20219>
- Chico y García, T. (1991). *Mecanismos de codificación fonológica en la producción del lenguaje*. Universidad Complutense de Madrid. <https://books.google.com.co/books?id=qiJmGgAACAAJ>
- Cho, T., y Ladefoged, P. (1999). Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of Phonetics*, 27(2), 207–229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/jpho.1999.0094>
- Cho, T., Whalen, D. H., y Docherty, G. (2019). Voice onset time and beyond: Exploring laryngeal contrast in 19 languages. *Journal of Phonetics*, 72, 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2018.11.002>
- Colman, K. S. F., Koerts, J., van Beilen, M., Leenders, K. L., Post, W. J., y Bastiaanse, R. (2009). The impact of executive functions on verb production in patients with Parkinson's disease. *Cortex*, 45(8), 930–942. <https://doi.org/10.1016/J.CORTEX.2008.12.010>
- Costa, A., Alario, F. X., y Sebastián-Gallés, N. (2012). Cross-linguistic research on language production. En. Gareth Gaskell (Ed.), *The Oxford Handbook of Psycholinguistics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198568971.013.0032>
- Crystal, D. (1984). *Clinical Linguistics*. Springer. <https://books.google.es/books?id=AYC4BgAAQBAJ>
- Crystal, D. (1986). *Pasado, presente y futuro de la Lingüística Clínica*. En. M. Monfort (Ed.), *Investigación y logopedia. III Logopedics Congress*, 34-42. Madrid: Ciencias de la Educación Preescolar y Especial. (25 de septiembre de 2015).

- Crystal, D. (2002). Clinical Linguistics and Phonetics, first 15 years: an introductory comment. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 16(7), 487–489.  
<https://doi.org/10.1080/026992002321083959>
- Crystal, D. (2011). *Dictionary of Linguistics and Phonetics* (6th ed.). Blackwell Publishing.  
[https://books.google.com.co/books/about/A\\_Dictionary\\_of\\_Linguistics\\_and\\_Phonetic.html?id=3ZPQVuSgDAkC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/A_Dictionary_of_Linguistics_and_Phonetic.html?id=3ZPQVuSgDAkC&redir_esc=y)
- Cuetos, F., González, J., y De Vega, M. (2015). *Psicología del Lenguaje*. Editorial Médica Panamericana.
- Das, S., y Hansen, J. (2004). Detection of voice onset time (VOT) for unvoiced stops (/p/,/t/,/k/) using the Teager energy operator (TEO) for automatic detection of accented English. *Proceedings of the 6th Nordic Signal Processing Symposium – NORSIG 2004*. (pp. 344-347). Espoo, Finlandia.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.9.3877&rep=rep1&type=pdf>
- Darley, F., Aronson, A., y Brown, J. (1969). Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias. *Journal of Speech and Hearing Research*, 12(3), 462–496.  
<https://doi.org/10.1044/jshr.1203.462>
- De Letter, M., Santens, P., & Borsel, J. Van. (2005). The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 38(3), 187–196.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2004.09.001>
- De Keyser, K., Santens, P., Bockstael, A., Botteldooren, D., Talsma, D., De Vos, S., Van Cauwenberghe, M., Verheugen, F., Corthals, P., y De Letter, M. (2016). The Relationship Between Speech Production and Speech Perception Deficits in Parkinson's Disease. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 59(5), 915.

- de Rijk, M., Launer, L., Berger, K., Breteler, M., Dartigues, J., Baldereschi, M., Fratiglioni, L., Lobo, A., Martinez-Lage, J., Trenkwalder, C., & Hofman, A. (2000). Prevalence of parkinson's disease in europe: a collaborative study of population-based cohorts. Neurologic Diseases in the Elderly Research Group. *Neurology*, 54(11), 21–23. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10854357](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10854357)
- Dell, F., Thomas, L. Bouquiaux, F. y Cloarec-Heiss, (1977). Initiation à la phonétique. Phonétique articulatoire et phonétique distinctive. *L'Homme*, 17(2). 180-181. [https://www.persee.fr/doc/hom\\_0439-4216\\_1977\\_num\\_17\\_2\\_367793](https://www.persee.fr/doc/hom_0439-4216_1977_num_17_2_367793)
- Denes, P., Pinson, E. (1963). *The speech chain; the physics and biology of spoken language*. Bell Telephone Laboratories. <http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015032693981>
- Dickson, D. Maue-Dickson, W. (1982). Anatomical and physiological bases of speech. *American Journal of Orthodontics*, 82(5), 437. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(82\)90201-9](https://doi.org/10.1016/0002-9416(82)90201-9)
- Dickson, D., Braak, H., Duda, J., Duyckaerts, C., Gasser, T., Halliday, G., Hardy, J., Leverenz, J., Del Tredici, K., Wszolek, Z., & Litvan, I. (2009). Neuropathological assessment of Parkinson's disease: refining the diagnostic criteria. *The Lancet. Neurology*, 8(12), 1150–1157. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70238-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70238-8)
- Dobrovolsky, M., y Katamba, F. (2011). Phonetics : The Sounds of Language. En A. O'Grady, J. Archibald, y F. Katamba (Eds.), *Contemporary linguistics: an introduction* 2nd ed., 16–58. Pearson Longman. <https://www.semanticscholar.org/paper/16-Phonetics-%3A-The-Sounds-of-Language-Dobrovolsky-KATAMBA/cbd4603a044fa96b550e06d868dc8aac06095485>
- Duckworth, M. y Ball, M. (1996). *Advances in Clinical Phonetics* (6th ed.). John Benjamins Publishing Company.

- Duffy, J. (2016). Functional speech disorders: clinical manifestations, diagnosis, and management. En Hallett, J. Stone y Carson, A. (Ed.), *Handbook of Clinical Neurology*. 3rd ed., Vol. 139. 379–388. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801772-2.00033-3>
- Emre, M., Aarsland, D., Brown, R., Burn, D. J., Duyckaerts, C., Mizuno, Y., Broe, G. A., Cummings, J., Dickson, D. W., Gauthier, S., Goldman, J., Goetz, C., Kordyn, A., Lees, A., Levy, R., Litvan, I., McKeith, I., Olanow, W., Poewe, W., ... Dubois, B. (2007). Clinical diagnostic criteria for dementia associated with Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 22(12), 1689–1707. <https://doi.org/10.1002/mds.21507>
- Enderby, P., y Palmer, R. (2008). *Frenchay Dysarthria Assessment. Examiner's Manual*. (2nd ed.). Pro-ed.
- Escure, G. (1977). Hierarchies and phonological weakening. *Lingua*, 43(1), 55–64. [https://doi.org/10.1016/0024-3841\(77\)90048-1](https://doi.org/10.1016/0024-3841(77)90048-1)
- Fauci, A., Braunwald, E., Kasper, D., Hauser, S., Longo, D., Jamerson, J., Loscalzo, J. (2008). *Harrison: Principios de Medicina Interna 17ª Edición*. Mc Graw Hill (Ed.) *Booksmedicos* 17th ed. <https://booksmedicos.org/harrison-principios-de-medicina-interna-18a-edicion/>
- Ferguson, A., y Thomson, J. (2008). Systemic Functional Linguistics and Communication Impairment. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics*. 130–145. Blackwell Publishers.
- Fernández, M., Lopéz, A. Miralles, J.L., Rigat, M., Cabrera, A., Pérez, M., Gallardo, B., Hernández, C. (2002). *Estudios de Lingüística Clínica*. C. Hernández y E. Serra (Ed.). Nau Llibres.
- Fernández, M. (1998). El papel de la teoría y de la aplicación en la construcción de disciplinas lingüísticas. El caso de la “Lingüística Clínica” y áreas conexas. *Revista Española de*

- Lingüística*, 28(2), 389–419. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/12041>
- Fernández, M. (2006). Lingüística clínica y lenguaje infantil. *Actas Del XXXV Simposio Internacional de La Sociedad Española de Lingüística*, 586–602. <http://www3.unileon.es/dp/dfh/SEL/actas.htm>
- Fischer, E., y Goberman, A. (2010). Voice onset time in Parkinson disease. *Journal of Communication Disorders*, 43, 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.07.004>
- Forrest, K., Weismer, G., y Turner, G. S. (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>
- Fromkin, V. A. (1973). Slips of the tongue. *Scientific American*, 229(6), 110–117. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican1273-110>
- Gallardo, B. y Moreno, V. (2010). *Estudios de Lingüística Clínica. Aplicaciones Clínicas* (Gallardo, B. Moreno V (Ed.)). Universitat de Valencia.
- Gallardo, B. y Valles, B. (2008). Lingüística en contextos clínicos. *Lengua y Habla*, 12, 32-50.
- Gamboa, J., Jiménez-Jiménez, F. J., Nieto, A., Montojo, J., Ortí-Pareja, M., Molina, J. A., García-Albea, E., y Cobeta, I. (1997). Acoustic voice analysis in patients with Parkinson's disease treated with dopaminergic drugs. *Journal of Voice*, 11(3), 314–320. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(97\)80010-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(97)80010-0)
- Garayzábal-Heinze, E. (2009). La Lingüística Clínica: Teoría y Práctica. En J. Jiménez Ruiz (Ed.), *Estudios de lingüística: Investigaciones lingüísticas en el siglo XXI*. 131-168. Universidad de Alicante. [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/15285/1/ELUA\\_monografico\\_2009\\_06.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/15285/1/ELUA_monografico_2009_06.pdf)
- García, S., Sauri, S., Meza, E., & Castillo, J. L. (2008). Perspectiva histórica y aspectos

- epidemiológicos de la enfermedad de Parkinson. *Medicina Interna de México*, 24(1), 28–37. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2008/mim081f.pdf>
- García, A. M., Arias-Vergara, T., Vasquez-Correa, J. C., Nöth, E., Schuster, M., Welch, A. E., Bocanegra, Y., Baena, A., & Orozco-Arroyave, J. R. (2021). Cognitive Determinants of Dysarthria in Parkinson's Disease: An Automated Machine Learning Approach. *Movement Disorders*. <https://doi.org/10.1002/MDS.28751>
- Gelb, D., Oliver, E., y Gilman, S. (1999). Diagnostic criteria for Parkinson disease. *Archives of Neurology*, 56(1), 33–39.
- Gibbon, F. (2008). Instrumental Analysis of Articulation in Speech Impairment. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics*. 312–331. Blackwell Publishers.
- Gili Gaya, S. (1978). *Elementos de fonética general*. Gredos.
- Goberman, A., y Coelho, C. (2002). Acoustic analysis of parkinsonian speech I: speech characteristics and L-Dopa therapy. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 237–246. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12237505>
- Goetz, C. G., Tilley, B. C., Shaftman, S. R., Stebbins, G. T., Fahn, S., Martinez-Martin, P., Poewe, W., Sampaio, C., Stern, M. B., Dodel, R., Dubois, B., Holloway, R., Jankovic, J., Kulisevsky, J., Lang, A. E., Lees, A., Leurgans, S., LeWitt, P. A., Nyenhuis, D., ... LaPelle, N. (2008). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. *Movement Disorders*, 23(15), 2129–2170. <https://doi.org/10.1002/mds.22340>
- Gordon, M. (2018). Phonetics: Physical dimensions os speech sounds. En A. Genetti (Ed.), *How languages work: An introduction to language and linguistics* 2nd ed., 26–54. Cambridge

University Press.

- Greene, A. (1975). *The New Voice: How to Sing and Speak Properly*. Chappell Music Company.
- Halle, M., Hughes, G. W., y Radley, J. P. A. (1957). Acoustic Properties of Stop Consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 29(1), 107–116.  
<https://doi.org/10.1121/1.1908634>
- Hansen, J. H. L., Gray, S. S., y Kim, W. (2010). Automatic voice onset time detection for unvoiced stops (/p/,/t/,/k/) with application to accent classification. *Speech Communication*, 52(10), 777–789. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2010.05.004>
- Hardcastle, W. (1996). Current development in instrumentation for studying supraglottal structures. En M. Ball y M. Duckworth (Eds.) *Advances in clinical phonetics* 28–45. John Benjamins Publishing Company.
- Harel, B. T., Cannizzaro, M. S., Cohen, H., Reilly, N., y Snyder, P. J. (2004). Acoustic characteristics of Parkinsonian speech: a potential biomarker of early disease progression and treatment. *Journal of Neurolinguistics*, 17(6), 439–453.  
<https://doi.org/10.1016/J.JNEUROLING.2004.06.001>
- Hauser, M. D., Chomsky, N., y Fitch, W. T. (2010). The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve?. En R. K. Larson, V. Depez, y H. Yamakido (Eds.), *The Evolution of Human Language: Biolinguistic Perspectives* 14–42. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817755.002>
- Hauser, S. L., y Flint, M. (2008). Trastornos neurológicos. Diagnóstico de las enfermedades neurológicas. En A. Fausi, D. Kasper, D. Longo, E. Braunwald, S. Hauser, L. Jmeson, y J. Loscalzo (Eds.), *Principios de Medicina Interna*, 17th ed., 2477–2702. McGraww Hill Interamericana.

- Hayward, K. (2000). *Experimental phonetics*. Longman.
- Hely, M. A., Reid, W. G., Adena, M. A., Halliday, G. M., y Morris, J. G. (2008). The Sydney multicenter study of Parkinson's disease: The inevitability of dementia at 20 years. *Movement Disorders*, 23(6), 837–844. <https://doi.org/10.1002/mds.21956>
- Heselwood, B., y Howard, S. (2008). Clinical Phonetic Transcription. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics* 381–396. Blackwell Publishers.
- Ho, A. K., Ianse, R., y Bradshaw, J. L. (2001). Motor instability in parkinsonian speech intensity. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology*, 14(2), 109–116. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11417664>
- Ho, A. K., Ianse, R., Marigliani, C., Bradshaw, J. L., y Gates, S. (1998). Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease. *Behavioural Neurology*, 11(3), 131–137. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11568413>
- Hoehn, M. M., y Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, 17(5), 427–442. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6067254>
- Hoit, J. D., Solomon, N. P., y Hixon, T. J. (1993). Effect of lung volume on voice onset time (VOT). *Journal of Speech and Hearing Research*, 36(3), 516–520. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8331908>
- Ikui, Y., Nakamura, H., Sano, D., Hyakusoku, H., Kishida, H., Kudo, Y., Joki, H., Koyano, S., Yamauchi, A., Takano, S., Tayama, N., Hirose, H., Oridate, N., y Tanaka, F. (2015). An aerodynamic study of phonations in patients with parkinson disease (pd). *Journal of Voice*, 29(3), 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.08.012>
- Jackobson, R., Fant, C., y Halle, M. (1953). *Preliminaries to speech analysis. The distinctive*

*features and their correlates.* Cambridge Mass: The MIT Press.  
[http://www.speech.kth.se/gunnarfant/Jakobson Fant Halle Preliminaries to Speech Analysis.pdf](http://www.speech.kth.se/gunnarfant/Jakobson_Fant_Halle_Preliminaries_to_Speech_Analysis.pdf)

Jiang, J., O'Mara, T., Chen, H. J., Stern, J. I., Vlagos, D., y Hanson, D. (1999). Aerodynamic measurements of patients with Parkinson's disease. *Journal of Voice*, 13(4), 583–591.  
[https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(99\)80012-5](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(99)80012-5)

Kegl, J., Cohen, H., y Poizner, H. (1999). Articulatory consequences of Parkinson's disease: Perspectives from two modalities. *Brain and Cognition*, 40(2), 355–386.  
<https://doi.org/10.1006/brcg.1998.1086>

Kent, R. D. (1996). Developments in the theoretical understanding of speech and its disorders. En M. Ball y M. Duckworth (Eds.) *Advances in clinical phonetics* 1–26. John Benjamins Publishing Company.

Kent, R. D., Weismer, G., Kent, J. F., Vorperian, H. K., y Duffy, J. R. (1999). Acoustic studies of dysarthric speech: methods, progress, and potential. *Journal of Communication Disorders*, 32(3), 141–186. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10382143>

Kent, R., y Kim, Y. (2008). Acoustic Analysis of Speech. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics* 360–380. Blackwell Publishers.

Kent, R. D., y Read, C. (2002). *Acoustic analysis of speech*. Singular Publishing.

Kharlamov, V. (2018). Prevoicing and prenasalization in Russian initial plosives. *Journal of Phonetics*, 71, 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2018.09.005>

Klatt, D. H. (1975). Voice onset time, frication, and aspiration in word-initial consonant clusters. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18(4), 686–706.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1207100>

- Koenig, L. L. (2000). Laryngeal Factors in Voiceless Consonant Production in Men, Women, and 5-Year-Olds. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 43(5), 1211-1228. <https://doi.org/10.1044/jslhr.4305.1211>
- Kulisevsky, J., Luquin, M., Arbelo, J., Burguera, J., Carrillo, F., Castro, A., Chacón, J., García-Ruiz, P., Lezcano, E., Mir, P., Martínez-Castrillo, J., Martínez-Torres, I., Puente, V., Sesar, A., Valldeoriola-Serra, F., y Yañez, R. (2013). Enfermedad de Parkinson avanzada. Características clínicas y tratamiento. *Neurología*, 28(8), 503–521. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2013.05.002>
- Ladefoged, P., y Johnson, K. (2011). *A course in phonetics*. Wadsworth/Cengage Learning.
- Ladefoged, P. (1996). *The sounds of the world's language*. Blackwell Publishers.
- Le Dorze, G., Ryalls, J., Brassard, C., Boulanger, N., y Ratté, D. (1998). A Comparison of the Prosodic Characteristics of the Speech of People with Parkinson's Disease and Friedreich's Ataxia with Neurologically Normal Speakers. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 50(1), 1–9. <https://doi.org/10.1159/000021444>
- Lisker, L., y Abramsson, A. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: acoustical measurements. *WORD*, 20(3), 384–422. <https://doi.org/10.1080/00437956.1964.11659830>
- Little, M. A., McSharry, P. E., Hunter, E. J., Spielman, J., & Ramig, L. O. (2009). Suitability of dysphonia measurements for telemonitoring of Parkinson's disease. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 56(4), 1015. <https://doi.org/10.1109/TBME.2008.2005954>
- Llorach, E. (1991). *Fonología española*. Gredos.
- Locke, J. (1983). Clinical Phonology: The explanation and treatment of speech sound disorders. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 48, 339–441.

- Logemann, J A, Fisher, H. B., Boshes, B., y Blonsky, E. R. (1978). Frequency and cooccurrence of vocal tract dysfunctions in the speech of a large sample of Parkinson patients. *The Journal of Speech and Hearing Disorders*, 43(1), 47–57.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/633872>
- Lotze, M., Seggewies, G., Erb, M., Grodd, W., y Birbaumer, N. (2000). The representation of articulation in the primary sensorimotor cortex. *Neuroreport*, 11(13), 2985–2989.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11006980>
- Love, R., y Webb, L. (2001). *Neurología para los especialistas del habla y del lenguaje*. Editorial Panamericana.
- Machuca Ayuso, M. J. (1998). *Las obstruyentes no continuas del español: relación entre las categorías fonéticas y fonológicas en habla espontánea* [Universitat Autònoma de Barcelona]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=73950>
- Marini, A. (2008). *Manuale di Neurolinguistica Narrative language in Dementia and Schizophrenia View project Cognitive correlates of language and communicative impairments in non-aphasic patients with Traumatic Brain Injury View project*. Carocci editore. <https://www.researchgate.net/publication/235984808>
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., y Delgado López-Cózar, E. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics*, 12(4), 1160–1177.  
<https://doi.org/10.1016/J.JOI.2018.09.002>
- Martínez-Sánchez, F., Meilán, J., Carro, J., Gómez Íñiguez, C., Millian-Morell, L., Pujante Valverde, I. M., López-Alburquerque, T., y López, D. E. (2016). Speech rate in Parkinson's disease: A controlled study. *Neurología*, 31(7), 466–472.

<https://doi.org/10.1016/j.nrl.2014.12.002>

- Martínez Celdrán, E. (1991). Sobre la naturaleza fonética de los alófonos de /b,d,g/ en español y sus distintas denominaciones. *Verba: Anuario Galego de Filoloxia*, 18, 235–253. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=49421>
- Martínez Celdrán, E. (1998). *Análisis espectrográfico de los sonidos del habla*. G. Planeta.
- Martínez Celdrán, E. (2013). Los sonidos obstruyentes en la cadena hablada. En M. A. Pena (Ed.), *Panorama de la fonética española actual* (pp. 253–289). Arco/Libros.
- Martínez Celdrán, E., y Fernández Planas, A. (2007). *Manual de fonética española : articulaciones y sonidos de español*. Editorial Ariel.
- Massone, M., y Borzone de Manrique, A. (1985). *Principios de transcripción fonética*. Ediciones Macchi.
- McRae, P. A., Tjaden, K., y Schoonings, B. (2002). Acoustic and Perceptual Consequences of Articulatory Rate Change in Parkinson Disease. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 45(1), 35–50. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/003\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/003))
- Metter, E. J., y Hanson, W. R. (1986). Clinical and acoustical variability in hypokinetic dysarthria. *Journal of Communication Disorders*, 19(5), 347–366. [https://doi.org/10.1016/0021-9924\(86\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0021-9924(86)90026-2)
- Montaña, D., Campos-Roca, Y., y Pérez, C. J. (2018). A Diadochokinesis-based expert system considering articulatory features of plosive consonants for early detection of Parkinson's disease. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 154, 89–97. <https://doi.org/10.1016/J.CMPB.2017.11.010>
- Montes y Blanco, V. (1828). *Exposición de los aforismos de Hipócrates*. Salamanca.
- Moofarry, J., Argüello-Vélez, P., & Sarria-Paja, M. (2020). Automatic detection of Parkinson's

- disease from components of modulators in speech signals. *CESTA*, 1(1), 71–82.
- Morris, R. J. (1989). Vot and dysarthria: A descriptive study. *Journal of Communication Disorders*, 22(1), 23–33. [https://doi.org/10.1016/0021-9924\(89\)90004-X](https://doi.org/10.1016/0021-9924(89)90004-X)
- Mysak, E. D. (1979). *Patología de los mecanismos del habla*. Salvat.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=95208>
- Nation, J., y Aram, D. (1984). *Diagnosis of speech and language disorders* (2 ed.). College-Hill, San Diego, CA.
- Navarro Tomás, T. (1990). *Manual de pronunciación española*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Novotny, M., Rusz, J., Cmejla, R., y Ruzicka, E. (2014). Automatic Evaluation of Articulatory Disorders in Parkinson’s Disease. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 22(9), 1366–1378. <https://doi.org/10.1109/TASLP.2014.2329734>
- Núñez-Cedeño, R. A., Colina, S., & Bradley, T. (2014). *Fonología generativa contemporánea de la lengua española*. Georgetown University Press.
- O’Connor, J. D. (1980). *Better English pronunciation*. Cambridge University Press.  
[https://books.google.com.co/books/about/Better\\_English\\_Pronunciation.html?id=QRpw\\_igmHnkC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Better_English_Pronunciation.html?id=QRpw_igmHnkC&redir_esc=y)
- Ortiz Alonso, T. (1995). *Neuropsicología del Lenguaje*. Ciencias de la educación preescolar y especial.
- Orozco-Arroyave, J.R., Arias Londoño, J., Vargas-Bonilla, J., González-Rátiva, M., y Nöth, E. (2014). New Spanish speech corpus database for the analysis of people suffering from Parkinson’s disease. En European Language Resource Association (ELRA) (Ed.), *Proceedings of the 9th Language Resources and Evaluation Conference - LREC* (pp. 342–

347). <http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2014/summaries/7.html>

Orozco-Arroyave, J.R., Belalcázar-Bolaños J., Arias-Londoño E., Haderlein J., y Nöth, E.

(2014). Phonation and Articulation Analysis of Spanish Vowels for Automatic Detection of Parkinson's Disease. In: Sojka P., Horák A., Kopeček I., Pala K. (eds) Text, Speech and Dialogue. TSD 2014. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Cham.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-10816-2\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10816-2_45)

Orozco-Arroyave, J. (2016). *Analysis of Speech of People with Parkinson's Disease*. Logos Verlag Berlin.

Orozco-Arroyave, J.R., Vásquez-Correa, J., Vargas-Bonilla, J., Arora, R., Dehak, N., Nidadavolu, P. S., Christensen, H., Rudzicz, F., Yancheva, M., Chinaei, H., Vann, A., Vogler, N., Bocklet, T., Cernak, M., Hannink, J., & Nöth, E. (2018). NeuroSpeech: An open-source software for Parkinson's speech analysis. *Digital Signal Processing*, 77, 207–221. <https://doi.org/10.1016/J.DSP.2017.07.004>

Özsancak, C., Auzou, P., Jan, M., y Hannequin, D. (2001). Measurement of voice onset time in dysarthric patients: Methodological considerations. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 53(1), 48–57. <https://doi.org/10.1159/000052653>

Parveen, S. y Goberman, A. M. (2014). Presence of stop bursts and multiple bursts in individuals with Parkinson disease. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 16(5), 456–463. <https://doi.org/10.3109/17549507.2013.808702>

Pavez, M. (1998). Lingüística aplicada a los trastornos del lenguaje. *Boletín de Filología*, 37(2), ág. 953-968. <https://boletinfilologia.uchile.cl/index.php/BDF/article/view/21538>

Pavez, M. (1999). *Lingüística aplicada a los trastornos del lenguaje*. 953–968.

Perez, K. S., Olson Raming, L., Smith, M. y Dromey, C. (1996). The parkinson larynx: Tremor

- and videostroboscopic findings. *Journal of Voice*, 10(4), 354–361.
- [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(96\)80027-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(96)80027-0)
- Perkins, M., Müller, N., y Howard, S. (2008). *The Handbook of Clinical Linguistics*. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), Blackwell Publishers.
- Perkins, M. (2011). Clinical linguistics: Its past, present and future... *Clinical Linguistics & Phonetics*, 25(11), 922–927.
- <http://usc.elogim.com:2156/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=df7a437b-ccec-46f2-8a52-731f85dc0b47%40sessionmgr4006>
- Perkins, M., y Howard, S. (1995). Principles of clinical linguistics. En S. Perkins, M., Müller, N., y Howard (Ed.), *Case Studies in Clinical Linguistics* (pp. 10–39). Whurr Publishers Ltd.
- Pinto, S., Chan, A., Guimarães, I., Rothe-Neves, R., y Sadat, J. (2017). A cross-linguistic perspective to the study of dysarthria in Parkinson's disease. *Journal of Phonetics*, 64, 156–167. <https://doi.org/10.1016/J.WOCN.2017.01.009>
- Poch, M. (1984). Datos acústicos para la caracterización de las oclusivas sordas en el español. *Folia Phonetica*, 1, 89–106.
- Pradilla, A., Vesga, A., León- Sarmiento, F., y grupo GENECO. (2003). Estudio Neuroepidemiológico Nacional (EPINEURO) colombiano. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 14(2), 104–111. <https://doi.org/10.1590/s1020-49892003000700005>
- Quilis, A. (1981). *Fonética acústica de la lengua española*. Gredos.
- Quilis, A. (1993). *Tratado de fonología y fonética españolas*. Gredos.
- Rabiner, L., & Juang, B.-H. (1993). *Fundamentals of Speech Recognition*. Prentice Hall.
- Rangel Navia, H., Torres, A., y Mojica, B. (2016). Medidas en VOT para oclusivas españolas en estudiantes universitarios: nuevas aproximaciones de análisis. *Revista signos fónicos*, 2(1).

<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2016.1843>

Rektorova, I., Mekyska, J., Janousova, E., Kostalova, M., Eliasova, I., Mrackova, M., Berankova, D., Necasova, T., Smekal, Z., y Marecek, R. (2016). Speech prosody impairment predicts cognitive decline in Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, 29, 90–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.05.018>

Renout, K. A., Leeper, H. A., Bandur, D. L., y Hudson, A. J. (1995). Vocal Fold Diadochokinetic Function of Individuals With Amyotrophic Lateral Sclerosis. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 4(1), 73–80. <https://doi.org/10.1044/1058-0360.0401.73>

Rodriguez-Oroz, M., Jahanshahi, M., Krack, P., Litvan, I., Macias, R., Bezard, E., y Obeso, J. (2009). Initial clinical manifestations of Parkinson's disease: features and pathophysiological mechanisms. *Lancet Neurol*, 8(12), 1128–1139.  
[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70293-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70293-5)

Rodríguez-Violante, M., y Cervantes-Arriaga, A. (2014). La escala unificada de la enfermedad de Parkinson modificada por la Sociedad de Trastornos del Movimiento (MDS-UPDRS): aplicación clínica e investigación. *Archivos de Neurociencias*, 19(3), 157–163.  
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=68874>

Román, D. (2017). *Domingo Román Montes de Oca - Laboratorio de fonética USACH*.  
<http://domingo-roman.net/index.html>

Russell, J., Love, W., y Webb, G. (2017). Clinical Speech Syndromes of the Motor Systems. En Mosby (Ed.), *Neurology for the Speech-Language Pathologist* 160–180. Mosby.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-10027-4.00008-7>

Rusz, J., Cmejla, R., Ruzickova, H., y Ruzicka, E. (2011). Quantitative acoustic measurements for characterization of speech and voice disorders in early untreated Parkinson's disease. *The*

- Journal of the Acoustical Society of America*, 129(1), 350–367.  
<https://doi.org/10.1121/1.3514381>
- Rusz, J., Cmejla, R., Tykalova, T., Ruzickova, H., Klempir, J., Majerova, V., Picmausova, J., J, R., & E, R. (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>
- Ryalls, J., Hoffman-Ruddy, B., Vitek, J., y Owens, A. (2001). A preliminary study of the effects of pallidotomy surgery upon voice onset time in persons with Parkinson's disease. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 15(1–2), 107–111.  
<https://doi.org/10.3109/02699200109167640>
- Ryalls, J., Simon, M., y Thomason, J. (2004). Voice Onset Time production in older Caucasian- and African-Americans. *Journal of Multilingual Communication Disorders*, 2(1), 61–67.  
<https://doi.org/10.1080/1476967031000090980>
- Ryalls, J., Zipprer, A., & Baldauff, P. (1997). A preliminary investigation of the effects of gender and race on Voice Onset Time. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research : JSLHR*, 40(3), 642–645. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9210120>
- Sáez-Francàs, N., Martí Andrés, G., Ramírez, N., De Fàbregues, O., Álvarez-Sabín, J., Casas, M., y Hernández-Vara, J. (2016). Factores clínicos y psicopatológicos asociados a los trastornos del control de impulsos en la enfermedad de Parkinson. *Neurología*, 31(4), 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2015.05.002>
- Sánchez, J., Buriticá, O., Pineda, D., Uribe, C., & Palacio, L. (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>

- Sapir, S., (2014). Multiple Factors Are Involved in the Dysarthria Associated With Parkinson's Disease: A Review With Implications for Clinical Practice and Research. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 57(4), 1330. [https://doi.org/10.1044/2014\\_JSLHR-S-13-0039](https://doi.org/10.1044/2014_JSLHR-S-13-0039)
- Sapir, S., Ramig, L. O., Spielman, J., & Fox, C. (2010). Formant Centralization Ratio: A Proposal for a New Acoustic Measure of Dysarthric Speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 114–125. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0184](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0184)
- Sapir, S., Ramig, L., Hoyt, P., Countryman, S., O'Brien, C., y Hoehn, M. (2002). Speech Loudness and Quality 12 Months after Intensive Voice Treatment for Parkinson's Disease: A Comparison with an Alternative Speech Treatment. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 54(6), 296–303. <https://doi.org/10.1159/000066148>
- Saxena, M., Behari, M., Kumaran, S. S., Goyal, V., y Narang, V. (2014). Assessing speech dysfunction using BOLD and acoustic analysis in parkinsonism. *Parkinsonism & Related Disorders*, 20(8), 855–861. <https://doi.org/10.1016/J.PARKRELDIS.2014.04.024>
- Schubiger, M. (1990). *Introducción a la fonética*. F. Zamora (Ed.). Ediciones Universidad de Valladolid.
- Scopus. (2021). *Content Policy and Selection - Content - Scopus - Solutions | Elsevier*. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content/content-policy-and-selection>
- Shrout, P. E., y Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86(2), 420–428. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>
- 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). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032132>
- Skodda, S., Visser, W., & Schlegel, U. (2011). Vowel articulation in parkinson's disease. *Journal of Voice*, 25(4), 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2010.01.009>
- Skodda, S., Visser, W., & Schlegel, U. (2010). Short- and long-term dopaminergic effects on dysarthria in early Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 117(2), 197–205. <https://doi.org/10.1007/s00702-009-0351-5>
- Skodda, S., & Schlegel, U. (2008). Speech rate and rhythm in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 23(7), 985–992. <https://doi.org/10.1002/MDS.21996>
- Snell, R. (2003). *Neuroanatomía clínica*. Editorial médica Panamericana.
- Soto-Barba, J., Valdivieso, H. (1999). Caracterización fonético-acústica de la serie de consonantes /p-t-k/ vs. /b-d-g/. *Onomazein*, 4, 125-133.
- Stemberger, J. P. (1990). Wordshape errors in language production. *Cognition*, 35(2), 123–157. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90012-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90012-9)
- Stennis Watson, G., Leverenz, J. B., & Sound, P. (2010). Profile of Cognitive Impairment in Parkinson's Disease. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3639.2010.00373.x>
- Stevens, K. N. (1998). *Acoustic phonetics*. MIT Press.  
[https://books.google.com.co/books/about/Acoustic\\_Phonetics.html?id=97kGnwEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Acoustic_Phonetics.html?id=97kGnwEACAAJ&redir_esc=y)
- Tanaka, Y., Nishio, M., y Niimi, S. (2011). Vocal acoustic characteristics of patients with

- parkinson's disease. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 63(5), 223–230.  
<https://doi.org/10.1159/000322059>
- Tent, J., y Clark, J. E. (1980). An experimental investigation into the perception of slips of the tongue. *Journal of Phonetics*, 8(3), 317–325. [https://doi.org/10.1016/s0095-4470\(19\)31481-0](https://doi.org/10.1016/s0095-4470(19)31481-0)
- Tjaden, K., Rivera, D., Wilding, G., y Turner, G. S. (2005). Characteristics of the Lax Vowel Space in Dysarthria. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 48(3), 554.  
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2005/038\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2005/038))
- Torres Carro, O., León, M., Alvarez, E., Alvarez, L., Maragoto, C., y Rivera, O. (2001). Particularidades articulares de la disartria Parkinsoniana. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 2(4), 235–239. [revmexneuroci.com/wp-content/uploads/2014/07/Nm0014-061.pdf](http://revmexneuroci.com/wp-content/uploads/2014/07/Nm0014-061.pdf)
- Trask, R. L. (2004). *A Dictionary of Phonetics and Phonology* - R.L. Routledge.  
[https://books.google.com.co/books/about/A Dictionary of Phonetics and Phonology.html?id=meRZfKJjyC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/A%20Dictionary%20of%20Phonetics%20and%20Phonology.html?id=meRZfKJjyC&redir_esc=y)
- Troya, M. (2005). El VOT de las oclusivas sordas en la norma culta de Las Palmas de Gran Canaria. *Boletín de Lingüística*, 24, 92–107.
- Tsanas, A., Little, M. A., Fox, C., & Ramig, L. O. (2014). Objective Automatic Assessment of Rehabilitative Speech Treatment in Parkinson's Disease. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 22(1), 181-190.  
<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2013.2293575>
- Tykalova, T., Rusz, 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>
- Tykalová, T., Rusz, J., Čmejla, R., Klempíř, J., Růžicková, H., Roth, J., & Růžička, E. (2015). Effect of dopaminergic medication on speech dysfluency in Parkinson's disease: a longitudinal study. *Journal of Neural Transmission*, 122(8), 1135–1142.  
<https://doi.org/10.1007/s00702-015-1363-y>
- Ünal-Logacev, Ö., Fuchs, S., y Lancia, L. (2018). A multimodal approach to the voicing contrast in Turkish: Evidence from simultaneous measures of acoustics, intraoral pressure and tongue palatal contacts. *Journal of Phonetics*, 71, 395–409.  
<https://doi.org/10.1016/j.wocn.2018.10.002>
- Van Den Berg, J. (1958). Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. *Journal of Speech and Hearing Research*, 1(3), 227–244. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13576514>
- Van Eck, N. J., y Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vásquez-Correa, J. C., Orozco-Arroyave, J. R., Bocklet, T., & Nöth, E. (2018). Towards an automatic evaluation of the dysarthria level of patients with Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 76, 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2018.08.002>
- Villamizar, T. (2002). Caracterización acústica de las consonantes oclusivas en el español de Venezuela. El parámetro duración (silencio-barra de explosión-VOT). *Lengua y Habla*, 7(0), 140–157. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/lenguayhabla/article/view/3605>
- Wang, Y.T., Kent, R. D., Duffy, J. R., y Thomas, J. E. (2009). Analysis of diadochokinesis in ataxic dysarthria using the motor speech profile program. *Folia Phoniatrica et*

- Logopaedica*, 61(1), 1–11. <https://doi.org/10.1159/000184539>
- Whitfield, J. A., y Goberman, A. M. (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>
- Whitehill, T., y Lee, A. (2008). Instrumental Analysis of resonance in Speech Impairment. En M. Ball, M. Perkins, N. Müller, S. Howard (Eds.), *The Handbook of Clinical Linguistics*, 332–343. Blackwell Publishers.
- Wong, M. N., Murdoch, B. E., y Whelan, B.-M. (2012). Lingual kinematics during rapid syllable repetition in Parkinson’s disease. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 47(5), 578–588. <https://doi.org/10.1111/j.1460-6984.2012.00167.x>
- Yao, Y. (2007). *Closure duration and VOT of word-initial voiceless plosives in English in spontaneous connected speech*. UC Berkeley Phonology Lab Annual Report. <https://escholarship.org/uc/item/1hs7h769>
- Yao, Y. (2009). *Understanding VOT Variation in Spontaneous Speech*. UC Berkeley Phonology Lab Annual Report. <https://escholarship.org/uc/item/6dd1x6cs>
- Yang, C.C., Chung, Y.M., Chi, L.Y., Chen, H.H., y Wang, Y.T. (2011). Analysis of verbal diadochokinesis in normal speech using the diadochokinetic rate analysis program. *Journal of Dental Sciences*, 6(4), 221–226. <https://doi.org/10.1016/J.JDS.2011.09.007>
- Zgaljardic, D. J., Borod, J. C., Foldi, N. S., Mattis, P. J., Gordon, M. F., Feigin, A., y Eidelberg, D. (2006). An Examination of Executive Dysfunction Associated with Frontostriatal Circuitry in Parkinson’s Disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(7), 1127–1144. <https://doi.org/10.1080/13803390500246910>
- Ziegler, W., y Hartmann, E. (1996). Perceptual and acoustic methods in the evaluation of

dysarthric speech. En M. Ball y M. Duckworth (Eds.), *Advances in clinical phonetics*, 92–114. John Benjamins Publishing Company.

Ziegler, W., y Staiger, A. (2016). Motor Speech Impairments. En G. Hickok y S. L. Sma (Eds.), *Neurobiology of Language*, 985–994. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00078-X>