

DOI: <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2023.10.01>

Cómo citar:

Escobedo Beceiro, D.I., Aguilera Pacheco, O.R., Sanabria Macias, F., & Colina Avila, E. (2023). Frecuencia fundamental y duración de vocales españolas en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Orange Journal*, 5(10), 4-14. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2023.10.01>

Frecuencia fundamental y duración de vocales españolas en pacientes con enfermedad de Parkinson

Fundamental frequency and duration from spanish vowels in patients with Parkinson disease

Recibido: 16 de marzo de 2023

Aceptado: 21 de septiembre de 2023

Escrito por:

Daniel Isac Escobedo Beceiro¹ <https://orcid.org/0000-0002-3839-4231>**Oswaldo Ramón Aguilera Pacheco²** <https://orcid.org/0000-0003-4292-5135>**Frank Sanabria Macias³** <https://orcid.org/0000-0002-6946-0326>**Elizabet Colina Avila⁴** <https://orcid.org/0000-0003-4685-7811>

Resumen

La Enfermedad de Parkinson se caracteriza clínicamente por la tríada clásica: temblor, rigidez e hipocinesia. Los trastornos de la voz y el habla alcanzan al 60-80% de los enfermos y han sido calificados como una “disartria hipocinética”. El objetivo del trabajo es mostrar el comportamiento de la Frecuencia Fundamental o Tono y la duración en la producción de vocales en pacientes con la Enfermedad de Parkinson ante tareas de lectura. Se estudiaron enfermos con Parkinson diagnosticados según criterios del United Kingdom Parkinson’s Disease Society Brain Bank. Se aplicó el método acústico a 14 casos (7 enfermos y 7 de control). Se efectuaron 3 pruebas (I, II y III) con tareas para pronunciar las vocales españolas sin interrupción, con pausa y en palabras en posición fonética normal, respectivamente. Se procesaron las pruebas con Anavoz 1.0 (software) obteniéndose la Frecuencia Fundamental (algoritmo: Simple Inverse Filter Tracking) y la duración vocálica. Se obtuvo incremento de valores de la Frecuencia Fundamental al pronunciar las vocales los enfermos. En las Pruebas I, II y III se alteró el Tono en el 80%, 57% y 42% de los enfermos, respectivamente. Los casos de control arrojaron Tono normal según sexo y edad. La duración correspondió con la naturaleza de las pruebas y la condición patológica en los pacientes. Este trabajo muestra incremento de la Frecuencia Fundamental en la pronunciación vocálica de estos pacientes, más notable en hombres. Muy útiles las tareas de lectura y la aplicación del método acústico para extraer la Frecuencia Fundamental y la duración en las pruebas. Aspectos fonéticos, fonológicos y articulatorios de tareas y pruebas son importantes para estudiar el comportamiento de la Frecuencia Fundamental, así como atributos de duración en fonemas, palabras, etc. Mejoras de diseño, métodos y herramientas, permitirán estudiar más la Frecuencia Fundamental y la duración vocálica en estos pacientes.

Palabras clave: análisis acústico, duración vocálica, enfermedad de Parkinson, frecuencia fundamental.

¹ Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

² Profesor Consultante. Médico Especialista de Segundo Grado. Servicio de Neurología. Hospital Provincial Saturnino Lora, Santiago de Cuba, Cuba.

³ Investigador. Master of Science. Arquimea Research Center, Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España.

⁴ Profesora Asistente. Médico Especialista. Servicio de Neurología. Hospital Provincial Saturnino Lora, Santiago de Cuba, Cuba.





Abstract

Parkinson's disease is clinically characterized by the classic triad: tremor, rigidity and hypokinesia. Voice and speech disorders affect 60-80% of patients and have been described as "hypokinetic dysarthria". The objective of this paper is to show the behavior of the Fundamental Frequency or Pitch and the duration in vowel pronunciation in Parkinson Disease patients in reading tasks. Patients with idiopathic Parkinson Disease affected from 5 years or more diagnosed according to the criteria from United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank were studied. An acoustic method was applied to 14 cases (7 patients and 7 controls). Three acoustic tests (I, II y III) were carried out with reading tasks from pronunciation of Spanish vowels without interruption, with pause and using vowels within words in normal phonetic position, respectively. Acoustic tests were processed using Anavoz 1.0 software, obtaining the Fundamental Frequency (Simple Inverse Filter Tracking algorithm) and the vowel duration. About the results an increase of the Fundamental Frequency was obtained in vowel pronunciation by the patients. In tests I, II and III the alterations of Pitch values was about 80%, 57% and 42% from these patients, respectively. The Control cases registered normal Pitch values according sex and age. The Duration corresponded with the nature of the tests and patients pathological conditions. A remarkable increase of Fundamental Frequency values was showed in vowel pronunciations from male patients. Very useful are reading tasks and acoustic method applied in order to obtain the Fundamental Frequency and duration of phonations. Phonetic, phonologic and articulatory aspects from tasks and tests are very important to study Fundamental Frequency behavior, as well as duration attributes from phonemes, words, etc. in these patients. Improvement on experiment, methods and tools will give more information in order to study the Fundamental Frequency behavior and vowel duration in Parkinson Disease patients.

Keywords: acoustic analysis, fundamental frequency, Parkinson disease, vowel duration.

Introducción

La Enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno crónico y progresivo, que constituye la enfermedad neurodegenerativa más frecuente después de la enfermedad de Alzheimer, su incidencia anual es de 5-24 por 100 000 habitantes. Se inicia generalmente en el sexto decenio de vida. Su prevalencia varía entre 100-150 por 100 000 habitantes, siendo más frecuente en hombres. Su sustrato anatomopatológico es la pérdida de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra (porción compacta), locus cerúleo y núcleo motor dorsal del vago y el depósito en las supervivientes de cuerpos de Lewy. Esto conlleva a la disminución de dopamina circulante, neurotransmisor imprescindible para controlar, coordinar y regular los movimientos (Noya Chaveco et al., 2017; Ropper et al., 2020).

Su cuadro clínico es característico: temblor de reposo, rigidez, bradicinesia, alteraciones de postura y marcha, alteraciones del equilibrio y los reflejos posturales, trastornos neuropsiquiátricos, trastornos del sueño, disfunción cardiovascular, etc. (Noya Chaveco et al., 2017; Ropper et al., 2020; Lee & Koh, 2015; Pont Sunyer et al., 2015; Rodríguez-Violante, & Cervantes-Arriaga, 2011).

Los trastornos de la voz y el habla se estiman entre 60-80% de los enfermos con EP, caracterizados por alteraciones en frecuencia, duración e intensidad. Se reportan pacientes con afectaciones del tono y la prosodia. En su conjunto han sido calificados como una "disartria hipocinética" que no necesariamente se corresponde con la intensidad del resto de la sintomatología parkinsoniana (Martínez-Sánchez, 2010; Martínez-Sánchez et al., 2016). En estos pacientes las alteraciones se solapan con los cambios naturales del anciano.

Las variaciones patológicas en parámetros acústicos de la voz en estos pacientes involucran parámetros de intensidad, duración, entre otros, así como el tiempo para iniciar la sonoridad en contexto consonante-vocal (no tratado en este trabajo), y la Frecuencia Fundamental (Fo) (Martínez-Sánchez, 2010; Martínez-Sánchez et al., 2016; Aguilera Pacheco et al., 2015; Goberman et al., 2002; Prathosh et al., 2014; Pah et al., 2021) o Tono, frecuencia a la cual vibran las cuerdas vocales al producirse fonemas sonoros.





El objetivo de este trabajo es mostrar cómo se comporta la Frecuencia Fundamental en la pronunciación de vocales y su duración en pacientes con EP ante tareas de lectura.

Marco teórico y metodología

En el trabajo los parámetros o atributos acústicos objeto de estudio son, principalmente, la Frecuencia Fundamental y la duración. El flujo de aire de los pulmones al llegar a la laringe es convertido en una serie periódica de golpes de aire usando para ello las cuerdas vocales. Este golpe de aire es el pulso de glotis cuya frecuencia es precisamente la Frecuencia Fundamental o tono, que se expresa en ciclos por segundo o Hertz (Hz). Por su parte, la duración o cantidad, dada en este estudio en segundos o milisegundos se refiere al... “mantenimiento por más o menos tiempo de una determinada configuración articulatoria” (Iribar, (s.f.)) capaz de producir un sonido que puede ser medido, y en este trabajo se trata del sonido vocálico o fonema vocálico. Como por el fenómeno de la coarticulación, la configuración articulatoria y la duración pueden verse alteradas en función del contexto fueron previstas las pruebas acústicas que se presentan. Este trabajo usa el Método Acústico para la obtención de la Frecuencia Fundamental y la duración.

En relación con la muestra de casos, se hizo un estudio prospectivo con un grupo de enfermos con EP. Todos ellos con EP primaria, de más de 5 años de evolución y compromiso motor bilateral. La muestra total: 14 casos, 7 pacientes con EP y 7 individuos sanos como control.

Los enfermos se tomaron de la consulta de Trastornos del Movimiento del Hospital Provincial Saturnino Lora de Santiago de Cuba, siendo 3 individuos del sexo masculino (42.85%) y 4 del sexo femenino (57.14%), con edades entre 54 y 78 años (edad media de 65.8 años). El tiempo de evolución de la enfermedad osciló entre 5 y 13 años (valor medio de 7.57 años). Todos los enfermos con EP primaria diagnosticada según criterios del UKPDSBB (*United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank*), y con dosis variables de Levodopa/Carbidopa. Los casos de control son 3 varones y 4 mujeres, con edades entre 52 y 66 años (edad media de 59 años), trabajadores del hospital, sin historia de demencia, trastorno neurológico o mental, alcoholismo ni tratamiento con neurolepticos o anticolinérgicos. Los integrantes de ambos grupos hablan español como lengua materna, sus características aparecen en la tabla 1.

Tabla 1.
Pacientes y casos de control

	Grupo	
	EP	Control
N (% hombres-mujeres)	7(42.8/57.1)	7(42.8/57.1)
Edad media	65.8	59
Tiempo de evolución de la EP (años)	7.57	
Escala de Hoehn -Yahr		
I	-	
II	-	
III	3	
IV	4	
Dosis equivalente de Levodopa (mg)	541.6	

Como síntoma inicial 4 pacientes (57.1% de los enfermos) debutaron con temblor de reposo. Dos pacientes (28.5%) presentaron rigidez como primer síntoma, y 1 paciente (14.2%) tuvo simultáneamente rigidez y temblor. El nivel cultural de los pacientes se encontró entre Secundaria Básica y Universidad. Previamente todos tenían, como complementarios de apoyo, Electromiografía de músculos agonistas y antagonistas con resultados patológicos, así como Tomografía Axial Computarizada de Cráneo que ayudó a excluir un parkinsonismo de otra causa.



Software Anavoz 1.0 y pruebas

Anavoz 1.0 (Escobedo et al., 2008a; Escobedo et al., 2008b; Oppenheim & Shaffer, 1999; Escobedo, 2006; Escobedo, 2018), es un programa desarrollado en ambiente MATLAB®, con las facilidades gráficas que éste presenta (The Mathworks, 2002; 2011; 2014). Anavoz 1.0 está registrado con resultados validados y comparados (Escobedo et al., 2008a; Escobedo et al., 2008b; Kay Elemetrics Corp., 2001; Escobedo et al., 2009). Este programa muestra oscilogramas y espectrogramas para el procesamiento de las pruebas efectuadas. A través del oscilograma, en el plano Intensidad *versus* tiempo, se puede observar cada señal y medir su duración.

El espectrograma de banda estrecha (ancho de banda de 45 Hz) presenta la estructuración de armónicos. El primer armónico es la Frecuencia Fundamental, que en el Anavoz es extraída mediante un algoritmo *SIFT* (*Simple Inverse Filter Tracking*). En la figura 1, parte de la portada del Anavoz 1.0 y el diagrama del algoritmo *SIFT* utilizado.

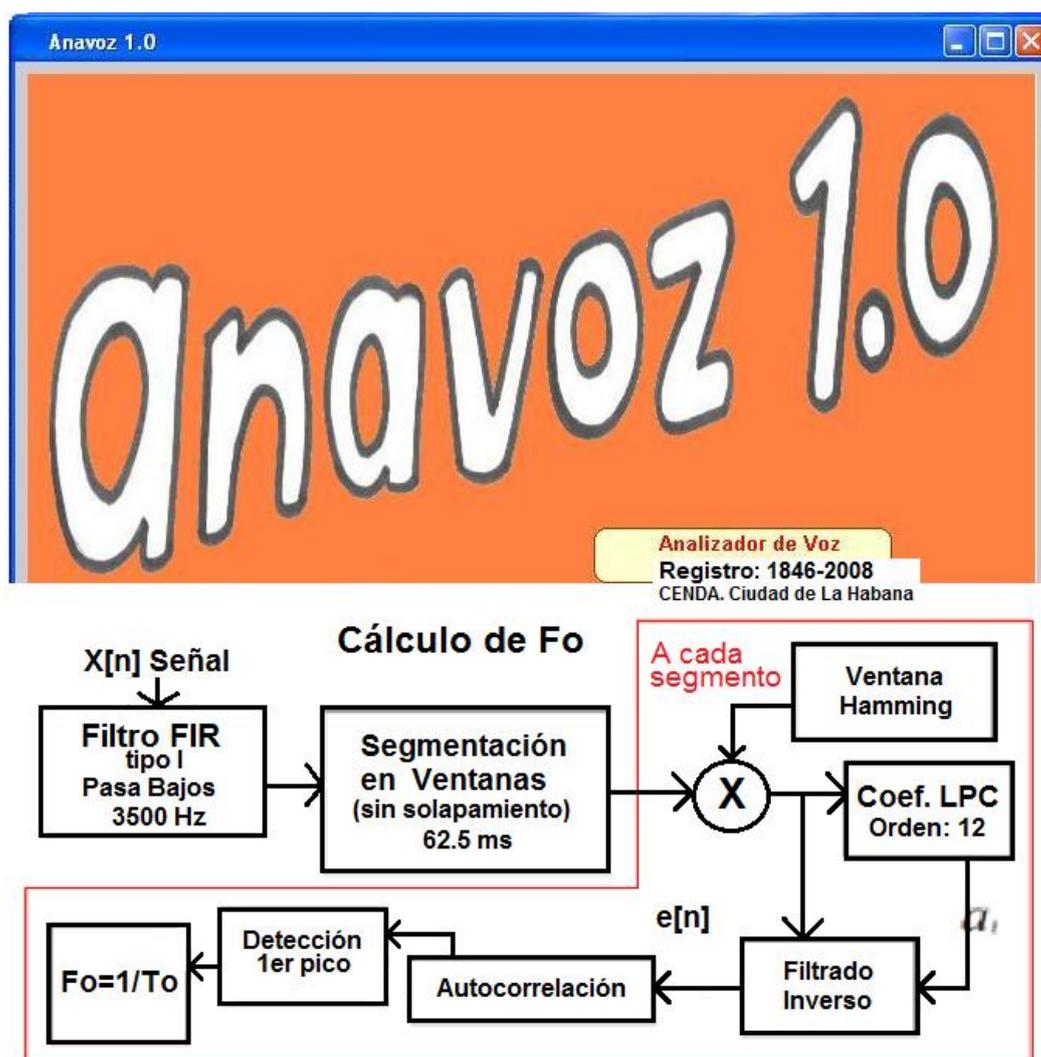


Figura 1. Parte de la portada de Anavoz 1.0 y Diagrama de bloques para el cálculo de Fo (*SIFT*)

Según el diagrama, la señal llega a un filtro digital pasa bajos *FIR* (*Finite Impulse Response*) tipo I con frecuencia de corte en 3500 Hz. Este algoritmo usa un enventanado de la señal sin solaparse, con duración de 62.5 milisegundos. Con cada segmento actúa una ventana Hamming, un Codificador *LPC* (*Linear Predicting Code*) de orden 12, así como un filtrado inverso y autocorrelación. Así de la Función de

Autocorrelación de la Onda Residual se detecta el primer pico y el T_0 (Período Fundamental) cuyo inverso es la Frecuencia Fundamental (F_0) (Escobedo et al., 2008a; Escobedo et al., 2008b; Oppenheim & Shaffer, 1999; Escobedo, 2006; Escobedo, 2018) completándose el cálculo de F_0 . De esta forma al analizar una trama de señal vocálica en las pruebas de este trabajo, el valor de la Frecuencia Fundamental extraída en cada ventana es tomada por un estadígrafo que da como resultado su valor medio.

Los archivos de audio (.wav) obtenidos por el Anavoz 1.0 para extraer parámetros y procesar información tienen una duración de 12 segundos de grabación y fueron adquiridos con un micrófono HS-02B Genius y una laptop IBM@ThinkPad X4. Las grabaciones se realizaron por el mismo examinador en condiciones apropiadas para este propósito.

Cada paciente y sujeto del grupo de control, previa información de las características del examen y consentimiento, fue sometido a las 3 pruebas acústicas siguientes: Prueba I: Vocales españolas en habla continua, Prueba II: Vocales españolas aisladas con pausa y la Prueba III: Vocales españolas en palabras aisladas en posición fonética normal (pfn). En la Prueba III se emplearon las palabras: /papa/, /pepe/, /pipi/, /popo/, /pupu/, siendo tónica la vocal en pfn. En esta prueba la posición fonética normal viene dada porque cada vocal a analizar se encuentra entre la consonante labial /p/, lo que hace que la articulación de la vocal no se afecte.

Las pruebas acústicas hechas a cada paciente y caso de control, por su naturaleza, consideran la producción de vocales en diferente contexto fonético y articulatorio. En la figura 2 ejemplo de oscilograma-espectrograma de la Prueba I (Vocales en habla continua) y la Prueba II (Vocales aisladas con pausa) de un caso de control.

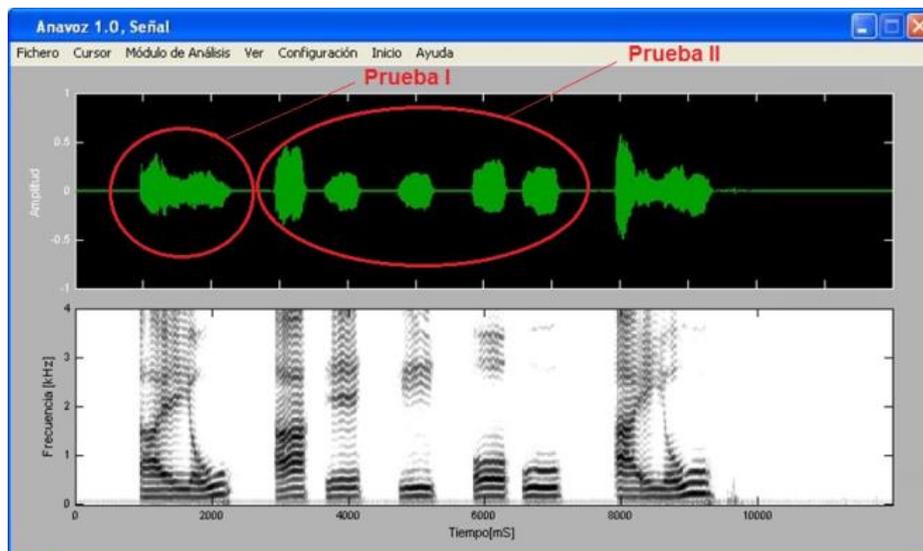


Figura 2. Oscilograma (superior)-Espectrograma (inferior) de una combinación de las Pruebas I y II del caso de control C-09

Del mismo caso de control, la figura 3 muestra el oscilograma-espectrograma de la Prueba III (Vocales en palabras aisladas en posición fonética normal).

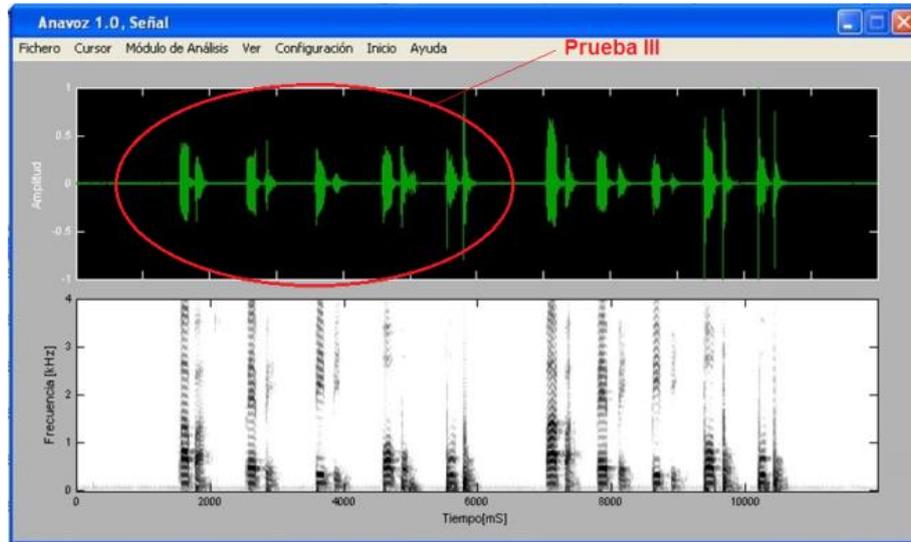


Figura 3. Oscilograma (superior)-Espectrograma (inferior) de la Prueba III del caso de control C-09

El contexto de obtención de una vocal en posición fonética normal es muy importante cuando se estudia la pronunciación de dicha vocal sin la influencia de los fonemas de su entorno. Así puede observarse en el espectrograma de la figura 3, como se aprecian los armónicos (surcos negros) de cada vocal tónica aislada entre la consonante en cada palabra portadora de la Prueba III.

En este trabajo, en cada prueba efectuada, según la parte de señal objeto de estudio o interés, la herramienta de *software* Anavoz permite seleccionar una trama de análisis, medir en ella la duración y calcular la F_0 en dicha trama. A modo de ejemplo, véase la figura 4.

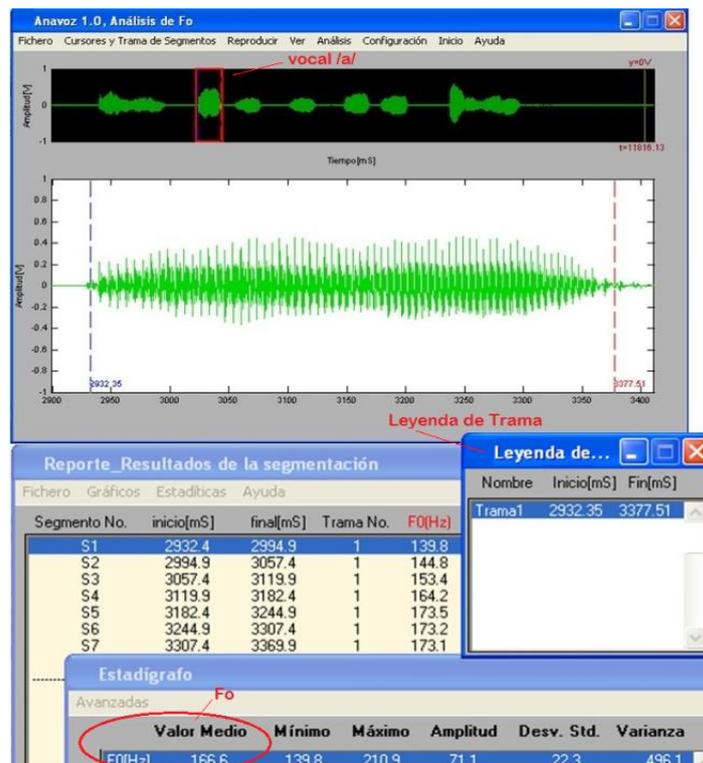


Figura 4. Usando Anavoz 1.0, selección de la vocal /a/ en Prueba II y obtención de duración y F_0 en el caso de control C-09



En la figura 4 se tiene la selección de la vocal /a/ en la prueba II, su duración, a partir de la diferencia entre los valores que aparecen asociados a los cursores verticales que limitan el oscilograma de esta vocal /a/ magnificado (también dichos valores están en la Leyenda de Trama), y el valor medio de la frecuencia fundamental de esta vocal en el estadígrafo correspondiente.

Los rangos de Frecuencia Fundamental para hombres y mujeres utilizados en el trabajo tienen como valor medio 135 Hz y 215 Hz, respectivamente. Estos valores son muy cercanos a 132 Hz y 223 Hz como valores medios de Fo de hombres y mujeres respectivamente, dados por Antonio Quilis (1981).

Resultados

La tabla 2 presenta los resultados de las pruebas efectuadas.

Prueba I

Con la herramienta de *software* Anavoz 1.0 se grabó y analizó la pronunciación de las vocales /a/, /e/, /i/, /o/, /u/, sin interrupción entre ellas, obteniéndose Fo, su Coeficiente de variación (relación entre la Desviación standard y el valor medio de Fo) y la duración del conjunto /aeiou/.

Tabla 2.
Resultados de las Pruebas I, II y III

Caso	Sexo	Edad	T. evol	Prueba I: Vocales españolas en habla continua			Prueba II: Vocales españolas aisladas con pausa			Prueba III: Vocales españolas en palabras aisladas en pfn		
				d	Fo	Cv	d	Fo	Cv	d	Fo	Cv
01	M	65	11	1278	181	62	291	151	16	120	152	11
02	F	66	5	1355	268	120	336	190	23	120	221	10
03	F	68	13	-	-	-	232	232	59	136	197	8
04	M	78	6	910	204	11	341	212	25	151	209	8
05	F	72	5	-	-	-	283	229	35	132	212	3
06	F	58	5	910	195	28	360	187	16	143	187	3
07	M	54	8	774	203	36	193	189	10	116	201	4
C-08	M	59	Control	1045	144	62	283	139	36	120	145	16
C-09	M	62	Control	1258	160	13	434	161	16	108	167	5
C-10	F	66	Control	1916	151	30	295	147	13	143	205	12
C-11	F	63	Control	619	151	32	248	150	14	136	204	40
C-12	M	59	Control	-	-	-	267	116	31	128	125	2
C-13	F	52	Control	871	219	22	376	220	16	147	222	23
C-14	F	52	Control	929	193	55	407	202	43	124	213	3

T. evol: Tiempo de evolución de la EP en años; d: Duración en milisegundos (ms); Fo: Frecuencia Fundamental en Hertz (Hz); Cv: Coeficiente de variación de la Fo en por ciento.

En esta prueba se observa un incremento en el valor de la Fo en la mayor parte de los pacientes con EP. El caso 06 mostró valor de la Fo dentro del rango normal y los casos 03, 05 y 12 no pudieron cumplir la tarea. Los casos del grupo de control mostraron valores normales de la Fo.

En los casos con EP de esta prueba, se encontró alteración de Fo en todos los varones (100%) y en la mitad de las mujeres (50%). La alteración del valor de la Fo considerando los dos sexos fue en 4 de 5 casos (80%).



Prueba II

En la Prueba II, se procesó con la herramienta Anavoz 1.0 la grabación de las vocales aisladas con pausa y se extrajo de cada vocal Fo, su Coeficiente de variación y la duración, en la tabla 2 aparecen sus valores medios.

En la Prueba II la Fo se comportó elevada nuevamente en la mayor parte de los enfermos con EP, no así en el grupo de control. Se comprobó la existencia de diferencias significativas de la Fo por cada vocal para una misma persona.

La alteración del valor de Fo en los casos patológicos de esta prueba se describe de la siguiente forma: en 2 de los 3 varones (66%), en solo dos de las 4 mujeres (50%). Esta alteración en ambos sexos fue en 4 de 7 pacientes (57%).

Prueba III

Después de digitalizar y procesar la grabación de la Prueba III para cada caso con el Anavoz 1.0, se obtuvo el valor de Fo, el correspondiente Coeficiente de variación y la duración, tomando para estos tres parámetros sus valores medios, véase la tabla 2. Los parámetros enunciados se obtuvieron en las palabras: /papa/, /pepe/, /pipi/, /popo/, /pupu/, siendo tónica la vocal en posición fonética normal, que en este caso se logra por estar la vocal en cada palabra utilizada en la prueba entre una consonante labial (ejemplo: /p/). Esta prueba para el análisis de las vocales es más rigurosa que las anteriores desde el punto de vista acústico.

Las alteraciones del valor de la Fo en los pacientes en esta prueba fue: en 2 varones de 3 (66%), en las mujeres 1 de 4 (25%) y en ambos sexos 3 pacientes de 7 (42%). Los casos del grupo de control mostraron valores normales de la Fo.

Luego de observar en la tabla 2 los resultados en forma individual, se promediaron los valores de la duración y la Frecuencia Fundamental por grupos o categorías: pacientes e individuos del grupo de control, divididos por sexo, en cada una de las pruebas, véase la tabla 3. La categoría tiempo de evolución no fue considerada porque los enfermos 1 y 3 tenían valores muy por encima del promedio, lo que afectaría el resultado. Lo mismo ocurre con el estadio de Hoehn y Yahr ya que todos los enfermos estaban en las categorías III y IV.

Tabla 3.

Comparación de los resultados por categorías (valor medio)

Categoría	Prueba I		Prueba II		Prueba III	
	d	Fo	d	Fo	d	Fo
Pacientes	1045	210	291	191	131	197
Casos de control	1106	170	330	162	181	183
Pacientes masculinos	987	196	275	184	129	187
Casos de control masculinos	1152	152	328	139	119	146
Pacientes femeninos	1133	232	303	210	133	204
Casos de control femeninos	1084	179	332	180	138	211

d: Duración en milisegundos (ms); Fo: Frecuencia Fundamental en Hertz (Hz)

Discusión

El análisis de los resultados obtenidos nos muestra que la Fo estuvo elevada en los pacientes con EP en relación con el grupo control en las tres pruebas realizadas (Prueba I: 80%; Prueba II: 57%; Prueba III: 42%, respectivamente). Cuando se realiza el análisis por sexo observamos que existen diferencias en la cuantía y regularidad de dicho incremento. Los pacientes del sexo masculino mostraron un marcado incremento de la Fo en relación con los varones del grupo de control en las tres pruebas efectuadas, alcanzando valores fuera del rango normal para su sexo. La mayor elevación promedio se obtuvo en la



Prueba I (vocales españolas en habla continua), donde se hace evidente la influencia del conjunto vocálico (no aislado) con todas sus transiciones. En el caso de las enfermas también se produjo elevación de la Fo, pero no en la cuantía y regularidad observada en los hombres, ya que observamos que en la Prueba III (vocales españolas en palabras aisladas en pfn) el valor de Fo en los casos de control superó el de las pacientes. Al igual que en el sexo masculino, la mayor elevación se produjo en la Prueba I.

En el caso de la Prueba II (vocales españolas aisladas con pausa) y la Prueba III (vocales españolas en palabras aisladas en pfn) se observó incremento de la Fo en los enfermos en relación con los casos de control como ya se había expresado, sin llegar a los valores de la Prueba I. Esto se explica desde el punto de vista acústico debido a la propia naturaleza de las diferentes pruebas, ya que mientras en la Prueba I existe un solapamiento de los sonidos (vocales españolas en habla continua), en la Prueba II solo se está estudiando la Fo en cada vocal de manera aislada mediando pausas y en el caso de la Prueba III, aunque la vocal está dentro de las palabras portadoras (/papa/, /pepe/, /pipi/, /popo/, /pupu/), las vocales en sí se encuentran en pfn, es decir, tienen un aislamiento de contexto determinado por esta posición fonética, debido a que como se explicó, cada vocal se encuentra entre una consonante labial que no afecta la articulación de cada vocal, que como es conocido es eminentemente lingual.

Respecto a la duración de las pruebas, según tabla 3, debe notarse que la Prueba I es de mayor duración, debido a que contiene todas las vocales. En la Prueba II, de duración promedio intermedia, está condicionada al hecho de que cada sonido vocálico está aislado por pausa y para la producción de cada vocal se toma un tiempo (tiempo de establecimiento) por el requerimiento de posición de los órganos articulatorios para la emisión. La Prueba III es de menor duración promedio ya que la vocal está contenida dentro de cada palabra portadora, es decir, no está afectada por el tiempo que toma cada vocal en la Prueba II y al estar en pfn solo se considera y de manera aún más precisa la duración de cada vocal en sí.

Por otra parte, si se compara la duración empleada por los pacientes en cada prueba con la duración en los casos de control, ver tabla 3, en todas las pruebas, además de lo antes explicado dado la naturaleza de cada prueba, prevalece el mejor estado del aparato fonador de los casos de control y las mejores condiciones para la producción vocal de los casos de control frente a los casos con EP. Es decir, los casos de control toman mayor tiempo para la realización vocálica, no solo por las condiciones mejores para la fonación, sino que estos casos tienen mayor capacidad respiratoria y por ende exhiben un valor mayor del tiempo máximo de fonación (*MPT: Maximum Phonation Time*), que las cifras encontradas en los casos patológicos Aguilera Pacheco et al. (2015). El *MPT* es una variable no tratada en este trabajo, entre otras, que ayudan a una mejor comprensión.

En el trabajo se presenta el Coeficiente de variación de las pruebas efectuadas como medida de dispersión, como se ve en la tabla 2, el que se muestra en cada prueba. Esto de hecho tiene una estrecha correspondencia con el coeficiente de dispersión de Fo que es mayor en la Prueba I y va siendo menor en el resto de las pruebas. En ello influye la naturaleza de la prueba acústica en sí.

El valor medio del Coeficiente de variación en por ciento de la Prueba I en los pacientes es mayor que el valor correspondiente en los casos de control. Sucede igual que en la Prueba II, pero cada vez la diferencia entre los valores medios del Coeficiente de variación entre pacientes y casos de control se va reajustando según el rigor acústico.

Conclusiones

El trabajo muestra un incremento de la Frecuencia Fundamental en la pronunciación de vocales en un grupo de pacientes con enfermedad de Parkinson, al compararlos con un grupo de control. Este incremento es más notable en enfermos del sexo masculino y evidencia la utilidad de las tareas de lectura y del método acústico para extraer la Fo y la duración vocálica a partir de las pruebas desarrolladas. Es importante considerar características fonéticas, fonológicas y articulatorias de las tareas de habla, lectura y pruebas acústicas para un mejor estudio y evaluación del comportamiento de la frecuencia fundamental, otros parámetros de ésta, así como atributos de duración de fonemas, palabras, frases y oraciones de hablantes aquejados por esta enfermedad. Los resultados indican que reajustes para mejor diseño de experimento y uso de métodos y





herramientas apropiadas, conllevarán a una mejor evaluación de la Fo y la duración vocálica en estos pacientes.

Referencias bibliográficas

- Aguilera Pacheco, O. R., Escobedo Beceiro, D. I., Sanabria Macias, F., & Nuñez Lahera, I. (2015). Alteración de parámetros acústicos de la voz y el habla en la enfermedad de Parkinson. *XIV Simposio Internacional de Comunicación Social. Comunicación Social: Retos y Perspectivas* (2), 679-684. Ediciones Centro de Lingüística Aplicada, Santiago de Cuba.
- Escobedo, D. I., Sanabria, F., Cano, S. D., & Marañón, E. J. (2008a). Analizador de voz, llanto infantil y habla usando Matlab. *FIE'08, Conferencia Internacional, 5ta Edición*. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
- Escobedo, D. I., Sanabria, F., Cano, S. D. & Marañón, E. J. (2008b). *Manual de Usuario Anavoz 1.0* (Registro: 1846-2008). Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.
- Escobedo Beceiro, D. I. (2006). *Análisis acústico del llanto del niño recién nacido orientado al diagnóstico de patología en su neurodesarrollo debido a Hipoxia* (Tesis de Doctorado), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.
- Escobedo Beceiro, D. I. (2018). *Análisis acústico del llanto del niño recién nacido: Una metodología*. Riga, Letonia: Editorial Académica Española, OmniScriptum Publishing Group.
- Escobedo Beceiro, D. I., Sanabria Macias, F., Cano Ortiz, S. D., & Marañón Reyes, E. J. (2009). Adaptación del diagrama de bloques de un algoritmo para la extracción de la frecuencia fundamental en el llanto infantil. *Ciencia en su PC. CITMA*, (2), 50-60
- Goberman, A., Coelho, C. & Robb, M. (2002). Phonatory characteristics of Parkinsonian speech before and after morning medication: the ON and OFF states. *Journal of Communication Disorders*, 35(3), 217-239.
- Iribar, A. (s.f.). Fonética. Caracterización de los suprasegmentos. *Apuntes elementales*. Recuperado de <http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/07.html>
- Kay Elemetrics Corp. (2001). *Kay's Acoustic and Speech Products: CSL, Multi-Speech, Visi-Pitch III, Sona-Speech*. N. J., USA.: Kay Elemetrics Corp. Recuperado de <https://acortar.link/4q6zES>
- Lee, H. M. & Koh, S. B. (2015). Many Faces of Parkinson's Disease: Non-Motor Symptoms of Parkinson's Disease. *Journal of movement disorders*, 8(2), 92-97.
- Martínez-Sánchez, F. (2010). Trastornos del habla y la voz en la enfermedad de Parkinson. *Revista de Neurología*, 51(9), 542-550.
- Martínez-Sánchez, F., Meilán, J. J. G., Carro, J., Íñiguez, C. G., Millian-Morell, L., Valverde, I. P., ... & López, D. E. (2016). Estudio controlado del ritmo del habla en la enfermedad de Parkinson. *Neurología*, 31(7), 466-472.
- Noya Chaveco, M.E., Moya González, N.L., Llamas Sierra, N., Morales Larramendi, R., ... & Pedrosa Delgado, J. (2017). *Roca Goderich. Temas de Medicina Interna*. La Habana, Cuba: Editorial de Ciencias Médicas.
- Oppenheim, A., & Shaffer, R. (1999). *Discrete-Time Signal Processing*. Prentice Hall Signal Processing Series. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Pah, N. D., Motin, M. A., Kempster, P., & Kumar, D. K. (2021). Detecting Effect of Levodopa in Parkinson's Disease Patients Using Sustained Phonemes. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 9, 1-9.
- Pont Sunyer, C., Hotter, A., Gaig, C., Seppi, K., Compta, Y., Katzenschlager R. ... & Tolosa, E. (2015). The onset of nonmotor symptoms in Parkinson's disease (The ONSET PD Study). *Movement Disorders*, 30(2), 229-237.
- Prathosh, A. P., Ramakrishnan, A. G., & Ananthapadmanabha, T. V. (2014). Estimation of voice-onset time in continuous speech using temporal measures. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136(2), EL122-EL128.
- Quilis, A. (1981). *Fonética Acústica de la Lengua Española*. Madrid: Editorial Gredos S.A.
- Rodríguez-Violante, M., & Cervantes-Arriaga, A. (2011). Detección y manejo de síntomas no motores en la enfermedad de Parkinson: impacto en su prevalencia. *Revista médica de Chile*, 139(8), 1032-1038.



**ORANGE JOURNAL**

Ropper, A. H., Samuels, M. A., Klein, J. P., & Prasad, S. (2020). *Adams and Victor's Principles of Neurology*. 11th ed. New York: McGraw-Hill.

The Mathworks. (2002). Help Matlab, version 6.5.0.180913 (R13). Recuperado de <http://www.mathworks.com/>

The Mathworks. (2011). Help Matlab, version 7.13.0.564 (R2011b). Recuperado de <http://www.mathworks.com/>

The Mathworks. (2014). Help Matlab, version 8.3.0.532 (R2014a). Recuperado de <http://www.mathworks.com/>

