

## CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DEL VIBRATO EN COREUTAS<sup>1</sup>

Luis Alberto Cecconello<sup>2</sup>

Fecha de Recepción: 7 de Julio de 2010.  
Fecha de Aprobación: 10 de Octubre de 2010.

### Resumen

El vibrato es una pulsación de la frecuencia, que se acompaña generalmente de pulsaciones sincrónicas de intensidad y de timbre. Un vibrato regular, de velocidad adecuada, aparece cuando el cantante apoya la voz, cuando existe un equilibrio entre todos los músculos antagonistas que intervienen en la fonación. Hay numerosas investigaciones del vibrato en cantantes solistas, pero muy pocas han sido hechas en coreutas. Algunos cantantes de coro poseen vibrato y otros no, lo que puede atribuirse al hecho de que el vibrato actúa en detrimento de la entonación coral. El objetivo de este trabajo fue analizar las diferentes características acústicas del vibrato en cantantes de coro amateurs. Se valoraron 48 coreutas, 24 de sexo masculino y 24 femenino, con edad entre 18 y 32 años. Para las grabaciones se utilizó un micrófono dinámico marca Beyerdynamic TGX 48, situándose el mismo a 10 cm de la boca de los coreutas y en ángulo de 45°. Las grabaciones fueron digitalizadas directamente en una PC con una placa de 16 bits, en una frecuencia de muestreo de 22050 Hz. Se grabó la vocal /a/ cantada en un pitch medio para el rango vocal de cada coreuta durante al menos 3 segundos. Se analizó mediante el software VoceVista: F0, vibrato rate, extensión del vibrato, vibrato jitter. Mediante el software Praat se valoró la amplitud del vibrato y la fase de relación. El vibrato en coreutas se caracterizó por presentar vibrato rate de velocidad similar al canto occidental, pequeña extensión, poca variación en amplitud y gran irregularidad.

**Palabras clave:** Vibrato, Coreutas, Características acústicas.

<sup>1</sup> Trabajo ganador del Premio Raquel Maurette, 2008.

<sup>2</sup> Licenciado en Fonoaudiología. Doctorando en Fonoaudiología UMSA. Coordinador del área vocal- Sanatorio del Salvador. Centro Quirúrgico Privado Modelo de Nariz, Garganta y Oídos. luisceconello\_voz@yahoo.com.ar, www.luisceconello.org

## ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF THE VIBRATO IN CHORAL SINGERS

**Abstract**

Vibrato is a pulsation of frequency, usually accompanied by synchronous pulsations of loudness and timbre. A periodic vibrato, of adequate speed, appears when the singer supports the voice, when a balance exists among all the muscles antagonists which intervene in the phonation. There are many investigations of the vibrato in soloists. Some choral singers possess vibrato and others do not, so we must assume that the vibrato acts to the detriment of the intonation. The objective of this study, was to analyze the different acoustic characteristics of the vibrato in choral amateur singers. The voices of forty-eight choral singers, twenty-four males and twenty-four females, with ages between 18 and 32 years old, were analyzed. A dynamic microphone Beyerdynamic TGX 48 was used for the recordings; it was placed at 10 cm from the mouths of each singer and at an angle of 45°. The recordings were digitized on a PC with a mother board of 16 bits and a sampling rate of 22050 Hz. The vowel /a/ was recorded in a middle pitch for the vocal range of every choral singer, for at least 3 seconds. The samples were analyzed by means of the software VoceVista: in order to extract F0, vibrato rate, vibrato extent, vibrato jitter of each voice. The amplitude of vibrato and the phase relationship were analyzed by means of Praat Soft.

The voices showed vibrato rate of speeds, similar to western singing, with small extent, little variation in amplitude and great irregularity.

**Key words:** Vibrato, Choral singers, Acoustics characteristics

**INTRODUCCIÓN**

Seashore (1932), quien inició el estudio del vibrato en la Universidad de Iowa, define al vibrato como “una pulsación de la frecuencia, que se acompaña generalmente de pulsaciones sincrónicas de intensidad y de timbre, de forma que dan una flexibilidad agradable, ternura y riqueza al sonido”.

El vibrato es caracterizado por una ondulación de la frecuencia fundamental, en una tasa de 5 a 7 ondulaciones por segundo y una extensión de alrededor +/- 1 semitono (Sundberg, 1994).

El fenómeno del vibrato contribuye a la percepción de pitch, intensidad y timbre del sonido vocal (Miller, 1986).

Un vibrato regular, de velocidad adecuada, aparece cuando el cantante apoya la voz, cuando existe un equilibrio entre todos los músculos antagonistas que intervienen en la fonación. Cuando el vibrato se vuelve irregular, o cuando cubre un rango frecuencial muy grande, o cuando su velocidad es muy lenta o muy rápida, se vuelve objetable. Significa que la coordinación muscular está fuera de balance.

Robison et al (1994), estudiaron el concepto de “Belleza vocal” y solicitaron identificar las características acústicas salientes, que a la percepción de los oyentes correspondan con una voz entrenada. Las muestras fueron tomadas de 19 cantantes masculinos con entrenamiento clásico y 8 mujeres cantantes belting. Concluyen que las voces más hermosas tuvieron ciertas característi-

cas acústicas en común, incluyendo un constante y parejo vibrato rate con extensión moderada. La regularidad es considerada el mejor reflejo de destreza del cantante.

Titze (1994) describe desde el punto de vista fisiológico al vibrato, como un tipo de temblor fisiológico muscular que se estabiliza por acción de fuerzas mecánicas. Según Shipp et al (1990), el vibrato de frecuencia es generado por pulsaciones más bien innatas en las señales de control neural sobre los músculos, debido a que el efecto enmascarador del auditorio y su feedback no afectaban a su frecuencia en su investigación.

Algunos estudios realizados con EMG (electromiografía), concluyen que el cricotiroideo es el músculo encargado de la modulación de frecuencia. (Mason & Zemlin, 1966; Shipp et al, 1982; Shipp et al, 1990; Hirano et al, 1995).

Sundberg (1987), describe dos tipos de vibrato que son producidos por mecanismos diferentes, el vibrato de ópera occidental y el de música popular. El vibrato de ópera occidental se produce normalmente por pulsaciones del músculo cricotiroideo.

Según Mitchell & Kenny (2007), así como el vibrato es considerado una llave indicadora del buen canto, un vibrato inapropiado es indicativo de un canto pobre en general.

Hay numerosas investigaciones del vibrato en cantantes solistas, pero muy pocas han sido hechas en coreutas. Algunos cantantes de coro poseen vibrato y otros no, lo que puede atribuirse al hecho de que el vibrato actúa en detrimento de la entonación coral (Herald, J. & Sten, T., 2004). Según Sundberg (1994), cantantes de coro muestran vibrato irregular, con extensiones muy pequeñas, promediando no más de 0,1 semitonos.

El objetivo de este trabajo es analizar las diferentes características acústicas del vibrato en cantantes de coro amateurs y se aplicó en el Centro Quirúrgico Privado de Nariz, Garganta y Oídos. Ciudad de Córdoba, República Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se grabaron las voces de 48 cantantes de coro amateur, siendo 24 de sexo masculino y 24 femenino, con edad entre 18 y 32 años.

Para las grabaciones se utilizó un micrófono dinámico marca Beyerdynamic TGX 48, situándose el mismo a 10 cm de la boca de los coreutas y en ángulo de 45°. Las grabaciones fueron digitalizadas directamente en una PC, con una placa instalada de 16 bits marca Sound Blaster Live. Las grabaciones fueron realizadas en 22050 Hz.

Se grabó la vocal /a/ cantada en un pitch medio para el rango vocal de cada coreuta, durante al menos 3 segundos. Este pitch fué seleccionado por cada coreuta. La intensidad fue media. Fueron realizadas las grabaciones en intensidad media, ya que numerosos autores encontraron que la extensión del vibrato varía con el incremento del loudness (intensidad) (Winckel, 1953; Schultz Coulon & Battmer, 1981; Michel & Myers, 1991).

Para el análisis de los resultados fueron utilizados dos softwares de análisis acústico: VoceVista y Praat.

Mediante el software VoceVista se analizó: F0 en Hz, vibrato rate en Hz, extensión del vibrato en cents y vibrato jitter en %. Mediante el software Praat se analizó: vibrato de amplitud en dB y la fase de relación.

Mediante el software Praat, fue realizada además, una correlación entre relación de fase y

ubicación del armónico más fuerte respecto al primer formante (F1). Para el cálculo de formantes se utilizó el método LPC (Linear Predictive Coding).

F0: es la medida de la vibración cuasi-periódica de los pliegues vocales. La unidad utilizada es Hz.

Vibrato Rate: es la cantidad de ondulaciones por segundo. La unidad utilizada es Hz.

Extensión del vibrato: es la distancia de incremento y descenso de la frecuencia de fonación durante un ciclo de vibrato. La unidad utilizada es cents (centésima de semitono).

Vibrato Jitter: es la media absoluta del cambio en el período del vibrato de un ciclo al próximo, dividido por el período promedio. No existen valores de normalidad. La unidad utilizada es porcentaje. Es una medida de la regularidad del vibrato. El algoritmo publicado en el manual del programa VoceVista es:

$$Jitter(\%) = \left( \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |P^{(i)} - P^{(i+1)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P^{(i)}} \right) \times 100$$

Amplitud del vibrato: Las variaciones de frecuencia producen variaciones de la amplitud general.

Cuando la frecuencia fundamental se incrementa, en el ciclo del vibrato, la frecuencia del parcial más fuerte, podrá, o bien traer este parcial más cerca del primer formante para que la amplitud de este parcial y por lo tanto el nivel sonoro general se incremente, o puede llevar el parcial más lejos del primer formante, con lo cual pasará lo contrario (Sundberg, 1984; Horii, 1989).

La unidad utilizada es dB.

La relación de fase (The Phase relationship): la relación de fase entre vibrato de amplitud y vibrato de frecuencia, depende de la relación de frecuencia entre el primer formante y el mayor armónico.

Si un parcial aprovecha un formante cercano cuando la frecuencia se incrementa, amplitud y frecuencia variarán en fase y viceversa. Depende si el armónico más fuerte es ligeramente inferior o ligeramente superior a la frecuencia del primer formante. En el primer caso, frecuencia fundamental y amplitud varían en fase, en el segundo caso fuera de fase (contra-fase) (Sundberg, 1987).

Para el análisis del vibrato, fue seleccionado el sector medio de la onda, de 1,5 segundos de duración (alrededor de 8 ciclos de vibrato); de este modo no se consideró los ciclos iniciales y finales donde suele haber modificaciones en el vibrato.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta la media, desviación estándar, mínimo y máximo de la frecuencia fundamental (F0) en Hz, vibrato rate en Hz, extensión del vibrato en Cents, amplitud del vibrato en dB y vibrato jitter en %.

La media de F0 registrada en el sexo femenino fue casi el doble a la media registrada en el sexo masculino (424,7 y 222,8 Hz respectivamente).

La media del vibrato rate fue de 5,2 Hz, siendo ligeramente más elevado en el sexo femenino, con una media de 5,3 Hz respecto al sexo masculino (5,1 Hz). El valor máximo de vibrato rate fue de 6,7 Hz, siendo registrado en el sexo masculino.

La media de la extensión del vibrato fue de 18 cents (0,18 semitonos). En el sexo femenino se encontró una media más elevada que en el sexo masculino (18,4 y 17,6 respectivamente). En el sexo masculino se observa una elevada desviación estándar debido a la dispersión de los datos, puede observarse que se encontró un valor máximo de 51 cents.

La media de la amplitud del vibrato fue de 0,9 dB. El valor obtenido en el sexo femenino fue superior al del sexo masculino (1,1 dB y 0,8 dB respectivamente).

La media del vibrato jitter fue de 11,9 %. En el sexo femenino se registró una media más elevada (13,5%) indicando que el vibrato fue más irregular que en el sexo masculino (10,3%).

En la tabla 2 se presenta la relación de fase entre vibrato de amplitud y vibrato de frecuencia, de acuerdo al sexo. Se encontraron 16 coreutas (33,3%) con variación en fase y 32 coreutas (66,7%) con variación fuera de fase (contra-fase). En el sexo femenino se registraron más coreutas con variación en fase respecto al sexo masculino.

En la figura 1 se presenta la correlación entre relación de fase y la ubicación del armónico más fuerte en energía, respecto al primer formante. Puede observarse que los 16 coreutas que presentaron variación en fase, presentaron el armónico más fuerte por debajo del valor de frecuencia del primer formante (F1). En el caso de los 32 coreutas que presentaron variación fuera de fase, 30 presentaron el armónico más fuerte por encima del valor de frecuencia del primer formante (F1). Estos datos concuerdan con Sundberg (1987), quien expresa que, si el armónico más fuerte es ligeramente inferior a la frecuencia del primer formante, frecuencia fundamental y amplitud variarán en fase. Si el armónico más

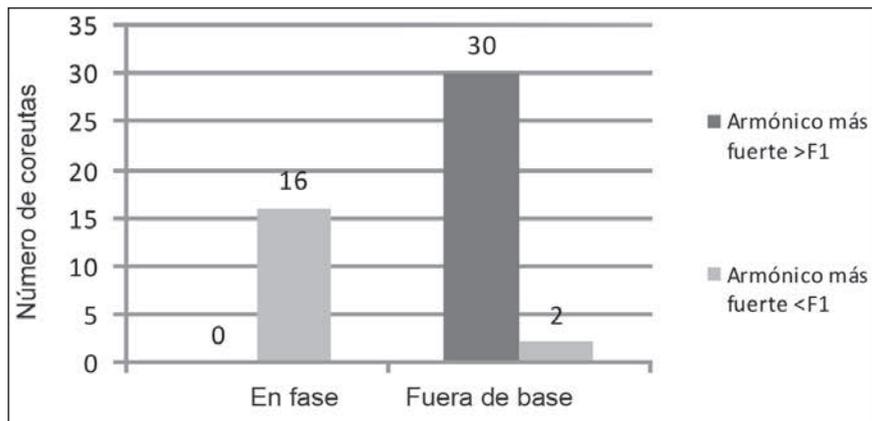
**Tabla 1.** Media, desviación estándar, mínimo y máximo de F0, vibrato rate, extensión del vibrato, amplitud del vibrato y vibrato jitter de acuerdo al sexo.

Parámetro	Masculino	Femenino	Total
<b>F0 (Hz)</b>			
Media	222,8	424,7	323,8
DE	47,2	121,3	136,7
Mínimo	147	279	147
Máximo	352	727	727
<b>Rate (Hz)</b>			
Media	5,1	5,3	5,2
DE	0,9	0,7	0,8
Mínimo	3,6	3,7	3,6
Máximo	6,7	6,4	6,7
<b>Extensión(Cents)</b>			
Media	17,6	18,4	18,0
DE	9,5	5,0	7,5
Mínimo	5,0	8,0	5,0
Máximo	51,0	28,0	51,0
<b>Amplitud (dB)</b>			
Media	0,8	1,1	0,9
DE	0,5	0,5	0,5
Mínimo	0,2	0,5	0,2
Máximo	2,4	2,2	2,4
<b>Jitter (%)</b>			
Media	10,3	13,5	11,9
DE	4,8	5,3	5,2
Mínimo	5	5	5
Máximo	23	23	23

**Tabla 2.** Relación de fase de acuerdo al sexo.

Sexo	En fase N %	Fuera de fase N %
Masculino	6 25,0	18 75,0
Femenino	10 41,7	14 58,3
Total	16 33,3	32 66,7

fuerte es ligeramente superior a la frecuencia del primer formante, frecuencia fundamental y amplitud variarán fuera de fase (contrafase).

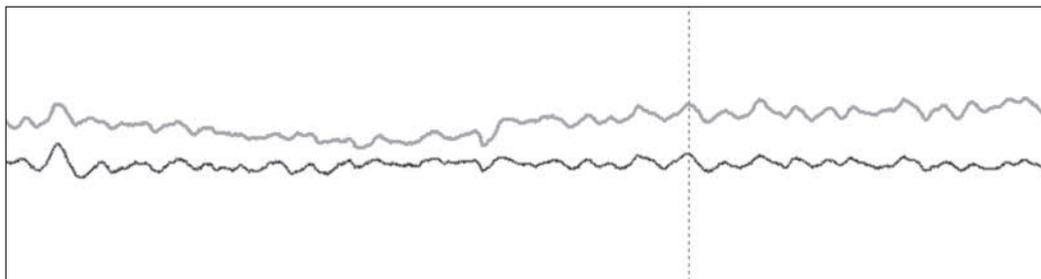


**Figura 1.** Correlación entre relación de fase y ubicación del armónico más fuerte respecto al primer formante (F1).

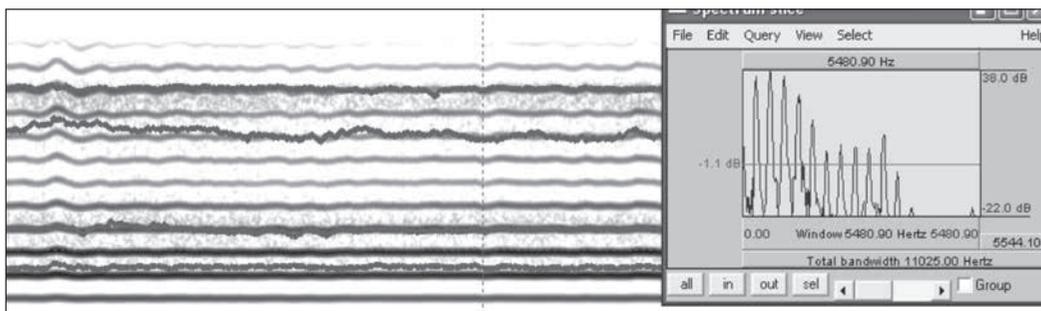
En la figura 2 se presenta un ejemplo del vibrato de un coreuta, con variación de vibrato de frecuencia y amplitud “En fase”. En espectrograma de banda angosta, puede observarse que el valor del armónico más fuerte, que en este caso es el segundo, es menor a la frecuencia del primer

formante (F1), el cual es calculado mediante el método LPC (Linear Predictive Coding).

En la figura 3 se presenta un ejemplo del vibrato de una coreuta, con variación de vibrato de frecuencia y amplitud “Fuera de fase”. El valor del

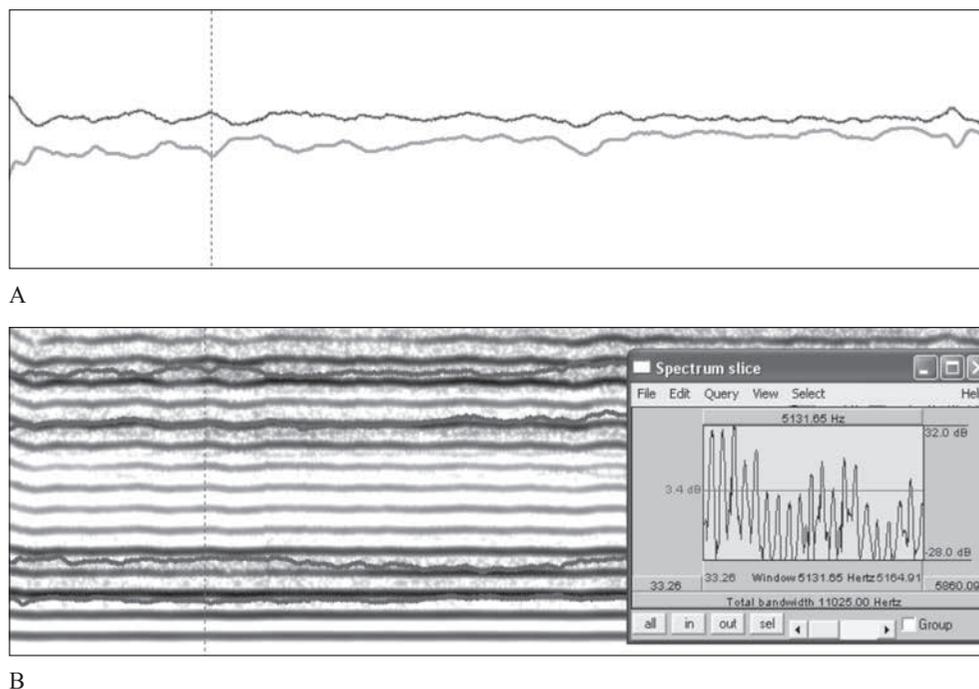


A



B

**Figura 2.** Ejemplo de vibrato de un coreuta, con variación “En fase”. (a) Variación de vibrato de frecuencia (curva inferior) y amplitud (curva superior) “En fase”. (b) Armónico más fuerte menor a la frecuencia de F1.



**Figura 3.** Ejemplo de vibrato de una coreuta, con variación “Fuera de fase”. (a) Variación de vibrato de frecuencia (curva superior) y amplitud (curva inferior) “Fuera de fase”. (b) Armónico más fuerte mayor a la frecuencia de F1.

armónico más fuerte, en este caso el tercero, es mayor al valor de frecuencia de F1.

## DISCUSIÓN

El propósito de este trabajo fue el de caracterizar las cualidades acústicas del vibrato en cantantes de coro amateur, existen investigaciones realizadas en cantantes solistas, pero poco ha sido efectuado en cantantes de coro.

Se estudiaron cinco parámetros de vibrato: Rate, Extensión, amplitud, vibrato jitter y Relación de fase.

La media de vibrato rate, obtenida en coreutas en este trabajo (5,2 Hz), coincide con los valores del vibrato de ópera occidental, que de acuerdo a Sundberg (1994), se sitúa entre los 5 y 7 ciclos por segundo. El vibrato rate fue ligeramente más

elevado en el sexo femenino, lo que concuerda con lo expresado por Shipp et al (1980), quienes afirman que cantantes de sexo femenino, tienden a tener un vibrato rate ligeramente más rápido que cantantes masculinos.

La media de la extensión del vibrato fue de 18 cents (0,18 semitonos). Se encontró un valor mayor al expresado por Sundberg en 1994 (0,1 semitonos). En el sexo femenino se encontró una media más elevada que en el sexo masculino.

La media de la amplitud del vibrato fue de 0,9 dB. El valor obtenido en el sexo femenino fue superior al del sexo masculino. Seashore (1932, 1947) reportó que de 2 a 3 dB de vibrato de amplitud, fue considerado más agradable.

El vibrato jitter es una medida propuesta por el programa VoceVista, con el objeto de cuantificar

la regularidad del vibrato. La media del vibrato jitter obtenida en este trabajo fue de 11,9 %. En el sexo femenino se registró una media más elevada indicando que el vibrato fue más irregular que en el sexo masculino. Cecconello y Guzmán (2009) investigaron la influencia de los parámetros acústicos en la percepción de la calidad del vibrato. La muestra fue tomada de 15 cantantes masculinos de ópera, de reconocimiento internacional, todos tenores. Un jurado conformado por 10 fonaudiólogos especializados en voz cantada, profesores de canto y cantantes líricos profesionales realizaron valoración perceptual, clasificando la calidad del vibrato en una escala de 5 puntos. Encontraron una alta correlación negativa entre la calidad del vibrato y el vibrato jitter, concluyen que la regularidad es el principal parámetro que influye en la percepción del vibrato.

La relación de fase entre vibrato de amplitud y vibrato de frecuencia mostró lo siguiente: 16 coreutas (33,3%) con variación en fase y 32 coreutas (66,7%) con variación fuera de fase (contra-fase). De acuerdo a Sundberg (1987), si un parcial aprovecha un formante cercano cuando la frecuencia se incrementa, amplitud y frecuencia variarán en fase y viceversa. No se encontraron investigaciones en relación a este parámetro.

De acuerdo a (Herald, J. & Sten, T, 2004) algunos cantantes de coro poseen vibrato y otros no, lo que puede atribuirse al hecho de que el vibrato actúa en detrimento de la entonación coral. En este trabajo se encontró que los cantantes de coro presentaron vibrato rate de velocidad similar al canto occidental, pequeña extensión, poca variación en amplitud y gran irregularidad. Quizás el concepto en relación a que algunos cantantes de coro no presenten vibrato provenga de la pequeña extensión que estos tienen, ya que de acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación, la

velocidad (vibrato rate) resultó similar al canto occidental.

## CONCLUSIONES

1. La media del vibrato rate fue de 5,2 Hz.
2. La media de la extensión del vibrato fue de 18 cents (0,18 semitonos).
3. La media de la amplitud del vibrato fue de 0,9 dB.
4. La media del vibrato jitter fue de 11,9 %.
5. El patrón predominante en la relación de fase entre vibrato de amplitud y vibrato de frecuencia, fue la variación fuera de fase (66,7 %).
6. En el sexo femenino se registró mayor velocidad del vibrato, mayor extensión, amplitud más elevada y mayor irregularidad que en el sexo masculino. Se registraron más coreutas con variación de vibrato de amplitud y frecuencia en fase en el sexo femenino.
7. La correlación entre relación de fase y ubicación del armónico más fuerte respecto al primer formante, fue elevada.
8. El vibrato en coreutas se caracterizó por presentar vibrato rate de velocidad similar al canto occidental, pequeña extensión, poca variación en amplitud y gran irregularidad.

## REFERENCIAS

- Cecconello, L., y Guzmán, M. (2009). Correlación entre valoración perceptual y parámetros acústicos del vibrato en tenores famosos. XIX ENT World Congress-IFOS, São Paulo, Brasil. CD ROM. 1-5.

- Herald, J., Sten, T. (2004). Intonation analysis of a multi-channel choir recording. Join Baltic-Nordic Acoustic Meeting, Mariehamn, Åland, 8-10.
- Hirano, M., Hibi, S. & Hagino, S. (1995). Physiological aspects of vibrato. In: Dejonckere, PH., Hirano, M., Sundberg, eds. *Vibrato*. San Diego: Singular Publishing Group, 9-33.
- Horii, Y. (1989). Acoustic analysis of vocal vibrato: A theoretical interpretation of data. *Journal Voice*, 3, 36-43.
- Mason, RM. & Zemlin, WR. (1966). The phenomenon of vocal vibrato. *NATS Bull*, 22, 12-7.
- Michel, J. & Myers, D. (1991). The effect of crescendo on vocal vibrato. *J. Voice* 5, 292-298.
- Miller, R. (1986). *The Structure of Singing: System and art in Vocal Technique*. Schirmer Books, New York.
- Miller, D.: *VoceVista: Visual Feedback for Instruction in Singing*. P. 31.
- Mitchell, H., Kenny, D. (2007). Open Throat Technique: Acoustic and perceptual Support for pedagogical practice. Proceedings of the third Conference on Interdisciplinary musicology- Tallin, Estonia, 15-19.
- Robison, CW., Bounous, B. & Bailey, R. (1994). Vocal beauty: A study proposing its acoustical definition and relevant causes in classical baritones and female belt singers. *NATS J*, 5, 19-30.
- Seashore, C.E. (1932). *The Vibrato*. Iowa City, Iowa: University of Iowa. Press.
- Seashore, C.E. (1947). *In search of beauty in music*. New York: The Ronald Press.
- Schultz Coulon, H., Battmer, R. (1981). Die quantitative Bewertung des Sängervibratos. *Fol. Phoniatr.* 33, 1-14.
- Shipp, T., Leanderson, R., Sundberg, J. (1980). Some acoustic characteristics of vocal vibrato. *J. Research in Singing IV*: 1, 18-25.
- Shipp, T., Leanderson, R., Haglund, S. (1982). Contribution of the cricothyroid muscle to vocal vibrato. In: Lawrence V. Weinberg, eds. *Transcripts of the eleventh symposium on care of the professional voice*. New York: The Voice Foundation.
- Shipp, T., Doherty, ET., Haglund, S. (1990). Physiologic factors in vocal vibrato production. *J. Voice* 4: 300-304.
- Sundberg, J. (1984). Using Acoustic research for understanding various aspects of the singing voice. In *Transcripts of the 13th Symposium Care of the Professional Voice* (V. Laurence, ed.), Part I, pp. 90-104.
- Sundberg, J. (1987). *The Science of the Singing Voice*. Northern Illinois University Press.
- Sundberg, J. (1994). Acoustic and psychoacoustic aspects of vocal vibrato. *KTH Speech Transmission Laboratory quarterly Progress and Status Report*, 35, (2-3), 45-68.
- Titze, I.R. (1994) *Principles of voice production*. Prentice Hall. New Jersey: Englewood Cliffs.
- Winckel, F. (1953). *Physikalische Kriterien für objective Stimmbeurteilung*. *Fol. Phoniatr., Separatum*, 231-252.