



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

ESTUDIO ACÚSTICO DE LOS SONIDOS ARTICULADOS EN LA FLAUTA TRAVESERA

PACS: 43.75.Qr FLUTES AND SIMILAR WIND INSTRUMENTS.

Berbis, J. ¹; Picó, R. ², Llímerá Dus, V. ³;

¹ Universitat Politècnica de València.

Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, España

Conservatorio Superior de Música "M. Massotti Littel" de Murcia.

Calle Alcalde Gaspar de la Peña, 9. 30004 Murcia, España.

E-mail: javierberbis@hotmail.com

² Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de zonas Costeras, Universitat Politècnica de València, Paranímf 1,

Grao de Gandia, 46730 València, España.

³ Conservatori Superior de Música "Joaquín Rodrigo" de València.

Carrer de Ricardo Muñoz Suay, s/n, 46013 València, España.

Palabras Clave: Espectrograma, Forma de onda, Símbolos de articulación, Flauta travesera.

ABSTRACT

Articulation marks are used to indicate to the interpreter how notes should sound. In this work it is proposed a method for the description of the acoustic properties of sounds corresponding to different articulations of the transverse flute. For this purpose, we analyse acoustic signals recorded and interpreted with different symbols, simple and combined, with the intention to provide an acoustic cataloguing. From a musical perspective, this study constitutes a tool of analysis to deepen in the musical knowledge: interpretation, practice and didactics of the instrument from an acoustic point of view.

RESUMEN

Los símbolos de articulación sirven para indicar al intérprete cómo deben sonar las notas a las que acompañan. Se propone en este trabajo un método para la descripción de las propiedades acústicas de los sonidos correspondientes a diferentes articulaciones propias de la flauta travesera. Para ello, se analizan señales registradas e interpretadas con diferentes símbolos, simples y combinados, pretendiendo, así, proporcionar una catalogación acústica. Desde una perspectiva musical, este estudio constituye una herramienta de análisis para profundizar en el conocimiento musical: interpretación, práctica y didáctica del instrumento desde el punto de vista acústico.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

Existe una amplia bibliografía relacionada con el estudio de flauta travesera en la que se distinguen distintos aspectos técnicos que los intérpretes van desarrollando a lo largo de su formación: el sonido por ejemplo en *De la sonorité, art et technique* de Marcel Moyse [1], la articulación como estructura en *17 grandes estudios mecánicos para flauta* de Taffanel, P. Y Gaubert, Ph. [2], la afinación en *Teoría y práctica de la flauta, vol. 4 Afinación* de Trevor Wye

[3] o la flexibilidad en *La Technique d'embouchure* de Philippe Bernold [4]. Todos estos aspectos técnicos en su conjunto enriquecen al flautista en sus capacidades instrumentales y expresivas. No obstante, en cuanto a tipos de articulación se refiere, o maneras de hacer sonar las notas, la literatura es mucho más escasa. Existen tratados como *Una flauta sencilla* de Michel Debost [5]. En este texto se dedica un capítulo expresamente a los acentos explicando técnicas y recursos para aprender a producir estas articulaciones. Las definiciones de cada símbolo de articulación desde el lenguaje musical que se explican en los métodos de iniciación a la flauta travesera como en el *Célebre método completo de flauta* de H. Altès [6]. Sin embargo, no existe un método o apoyo bibliográfico donde se detalle qué diferencias y/o características sonoras le son propias a cada símbolo de articulación y las combinaciones entre ellos y siendo interpretados en la flauta travesera.

Las sonoridades de articulación que pueden producirse en un instrumento son diversas en timbre y forma y, por tanto, distintas en sus cualidades acústicas. Están directamente relacionadas con el mecanismo de producción del sonido de cada instrumento (instrumentos de viento, de arco, de cuerda pulsada, etc.). No obstante, los símbolos de articulación que utiliza el lenguaje musical dan una única definición sobre cómo debe sonar la nota a la que acompañan. Es decir, existe una definición en el lenguaje musical uniforme para todos los instrumentos musicales. En general, en lo que respecta a las articulaciones en la escritura musical, no se tiene en consideración, la adecuación de la partitura a las cualidades acústicas propias de cada instrumento. Sin embargo, resulta necesario para el instrumentista conocer qué sonoridades existen para cada símbolo concreto y las combinaciones de símbolos a los que los compositores recurren a la hora de escribir para flauta travesera.

El objeto de esta investigación consiste en proponer un método sistemático y reproducible mediante el cual se analizan cualitativamente las características acústicas de los sonidos articulados en la flauta travesera utilizando representaciones gráficas del sonido. Para ello se definen en términos acústicos las características sonoras asociadas para cada símbolo de articulación. Otros trabajos han utilizado las representaciones gráficas del sonido para conocer aspectos y diferencias sonoras entre sonidos en la flauta travesera como el de Laura Canelo *Aproximación al análisis acústico de la flauta Boehm y su aplicación en el estudio del sonido* [7] o diferencias en la articulación del piano de Beatriz Corredor [8]. También en estudios de la voz y el lenguaje como el *Estudio acústico de las consonantes nasales del español* de Marisol García y Manuel Rodríguez [9].

La aplicación en la práctica flautística de los resultados de esta investigación permitirá disponer de conocimiento directo sobre cómo suenan las notas articuladas en este instrumento según el criterio e interpretación de los flautistas.

2. METODOLOGÍA Y TAREA EXPERIMENTAL

La herramienta principal de este trabajo de investigación ha sido el análisis de las representaciones gráficas del sonido emitido al interpretar diferentes articulaciones. La posibilidad de analizar el sonido que ya ha sonado, permite investigar de una forma más profunda las características y distinciones sonoras entre cada tipo de articulación. Como ejemplo, en la Figura 1, observamos los 9 tipos de articulación anañizados en este estudio. Algunas de las formas de onda son muy similares entre ellas aunque presentan distinciones acústicas como se puede observar en la Figura 2.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

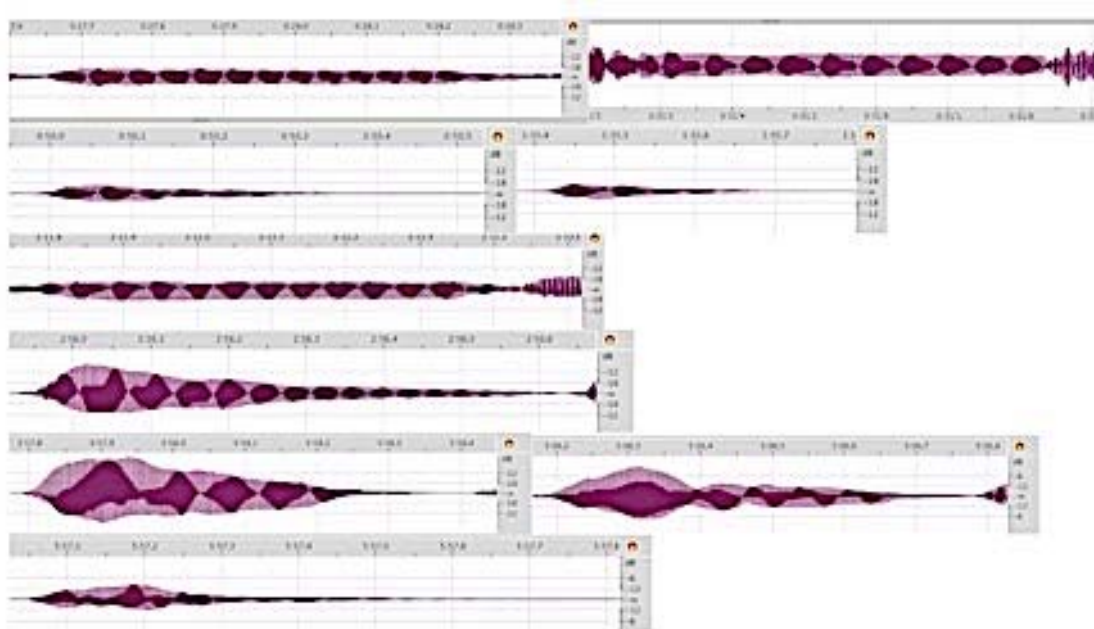


Figura 1: Mapa de los nueve tipos de articulación interpretados en flauta travesera. En orden de izquierda a derecha: sin símbolo, legato, staccato, staccatissimo, raya, acento, acento sforzando, sforzando y fortepiano.

La tarea experimental de este estudio y su metodología se fundamentó en una prueba piloto realizada previamente mediante una grabación de distintas muestras de articulación y efectos en la flauta travesera para observar las diversas cualidades acústicas y los cambios representativos en las imágenes sonoras obtenidas. A partir de esta observación preliminar se propusieron los descriptores acústicos, tal y como se muestra en la *Tabla 1*. En este estudio, se han propuesto 9 descriptores acústicos que han servido para catalogar y distinguir las características sonoras concretas para cada sonido articulado en la flauta travesera comparando los valores obtenidos mediante las representaciones gráficas de cada muestra. Como se observa en la siguiente tabla, los descriptores se dividen en cambios del sonido respecto al tiempo que se observan en la forma de onda de la envolvente temporal, cambios en la composición espectral del sonido observables en el espectrograma y cambios del espectro respecto al tiempo detectables en el espectrograma. A su vez, en la tabla también se observa la relación entre las características acústicas y las cualidades del sonido que le son propias desde la perspectiva musical.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Clase de descriptor	Descriptor acústico	Cualidad del sonido
Cambios en el tiempo	Amplitud de la señal	Intensidad
	Envolvente de la señal temporal	Duración
	Batidos en la señal temporal	Timbre
Cambios en la composición espectral	Presencia de armónicos	Timbre
	Presencia de espectro no armónico	Timbre
	Relación armónicos pares-impares	Timbre
Cambios en el espectro respecto al tiempo	Variación de la frecuencia continua	Altura
	Respuesta impulsiva	Timbre e Intensidad
	Cambio abrupto del centro espectral	Altura

Tabla 1: División de descriptores acústicos según su clase y cualidad del sonido a la que afecta.

Para desarrollar la grabación, como tarea experimental principal de este estudio, se elaboró primero un dossier con el ejercicio musical propuesto y repetido en 52 posibilidades de articulación distintos mediante los símbolos de articulación y sus combinaciones. Tras analizar todas las representaciones gráficas (un total de 208 imágenes) se han seleccionado para esta investigación nueve tipos de articulación distintas que son: sin símbolo, *legato*, *staccato*, *staccatissimo*, *raya*, *accento*, *accento sforzando*, *sforzando* y *fortepiano*. El ejercicio musical propuesto está basado en un ejercicio habitual en el estudio de la flauta travesera y se delimita a la octava grave del instrumento. La nota articulada cuya sonoridad se ha estudiado ha sido la nota Si de la primera octava de la flauta. Según Trevor Wye, la nota Si natural es la nota más fácil de la flauta [10]. Se han estudiado tanto la nota Si ascendente como descendientemente por si la manera en la que el flautista sopla, tanto al ascender las notas como al descender, podría influir en el resultado sonoro del tipo de articulación en concreto.

El propósito de esta investigación es estudiar el sonido musical en su contexto, por tanto, la sala en la que se realizó la grabación se utiliza para estudio musical de cualquier instrumento. Ubicada en el Adutori Rafelbunyol de la propia localidad (Valencia) Es de forma paralelepípedica de unos 25m² y 50m³. La sala tiene materiales de madera y otros compuestos en las partes bajas de las paredes, excepto una de ellas que tiene una ventana de cristal que ocupa la mitad de la misma. La reverberación de la sala es de 2,7 segundos de media obtenida de 4 mediciones distintas realizadas en el centro de la sala y con la nota si natural de la primera octava de la flauta como impulso. Los valores obtenidos para la medición de tiempo de reverberación y ruido de fondo se han realizado mediante RevMeter Pro versión 3.8. El equipo técnico utilizado han sido 2 microfones de condensador AKG C414 en posiciones neutras y patrón cardiode, mesa de mezclas DYNACORD powermate 600 en posiciones neutras en el canal de entrada como el de salida, y una computadora Apple macbook con el software Adobe Audition. El flautista participante se colocó en el centro de la sala y en frente a 1,8m uno de los micrófonos. Hacia la izquierda del participante y a 3,6m, se posicionó el segundo micrófono para comparar las muestras obtenidas por ambos y si habría cambios sustanciales entre uno y otro. Para la realización de la grabación se determinaron una reglas para la correcta



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

realización, así como una guía de grabación que ha servido de herramienta durante todo el estudio. Las muestras se obtuvieron en una grabación única sin cortes y el participante debía validar bajo su criterio musical 2 muestras de cada tipo de articulación sometida a estudio. Al registrar las señales acústicas con 2 microfones y siendo un total de 52 articulaciones distintas, se obtuvieron 208 señales de sonidos articulados en la flauta travesera. El análisis fue un total de 416 imágenes al comprobar también si existían cambios en las notas Si ascendentes y descendentes.

3. DATOS Y RESULTADOS

Los datos se obtuvieron mediante técnicas de visualización, análisis y comparación de la señales sonoras registradas. Se realizó con el programa Adobe Audition en la ventana de visualización espectral del sonido donde también aparece la forma de onda de la envolvente temporal. Se utilizaron distintos zooms para lograr una mayor exploración aunque se realizaron capturas de imagen de todas las muestras con un zoom uniforme.

Al comparar las imágenes obtenidas, no se apreciaron cambios sustanciales en las señales obtenidas entre un micrófono y otro, solo la intensidad variaba en algunas señales. Tampoco se han detectado cambios significativos al comparar los sonidos ascendente y descendente. Como resultado de ello se pudo simplificar el análisis a los sonidos registrados ascendente en uno de los dos micrófonos, el posicionado en frente del participante a 1,8m. Los datos obtenidos para cada descriptor mediante la observación de señales se clasificaron en tablas divididas por descriptores acústicos. Para los descriptores *Amplitud de la señal*, *Cantidad de Armónicos* y *Ruido*, se dividieron en valores "Alto", "Medio", "Bajo" en función de su valor. Para los descriptores *Forma de onda* y *Respuesta impulsiva* se han propuesto un valor numérico aproximado y una descripción nominal. Para la forma de onda una descripción visual de su forma y para la respuesta impulsiva una categorización de la misma en tres grupos: oclusiva, semiclusiva y gradual. El resto de descriptores de los propuestos inicialmente no aportan información significativa.

En la Figura 2 se muestran los datos obtenidos para los nueve tipos de articulación y los descriptores a los que afecta, las diferencias más significativas estriban en la forma de la envolvente de la señal temporal y su duración.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Articulación	Amplitud	Forma de envolvente y duración (segundos)	Armónicos	Ruido	Respuesta impulsiva (segundos)		
Sin Símbolo	B	Rectangular, regular i estable	Inicio: < 0,05 Cuerpo: 0,6 Fin: < 0,05	M	M	Oclusiva	0,05
Legatto	B	Rectangular, regular i estable	0,6 - 0,7	M	B	Semioclusiva	No medible
Staccato	B	Céfalo-forme alargada regular.	0,2 - 0,3	M	M	Oclusiva	0,025
Staccatissimo	M	Céfalo-forme alargada corta.	0,2 - 0,3	B	B	Semioclusiva	0,025
Tenuto o raya	B	Rectangular, regular i estable	Inicio: < 0,025 Cuerpo: 0,6 Fin: < 0,025	M	B	Oclusiva	0,025
Acento	A	Céfalo-forme alargada progresiva.	0,2 - 0,3	A	M	Oclusiva	0,05
Acento Sforz. O marcato	A	Céfalo-forme esencial grande con cola.	0,2 - 0,3	A	A	Semioclusiva	< 0,05
Sforzando	A	Céfalo-forme ligada a cuerpo regular.	Céfalo 0,2 Cuerpo 0,2	A	A	Oclusiva	0,025 y 0,05
Fortepiano	A	Céfalo-forme alargada regular.	0,3	A	A	Semioclusiva	0,025

Figura 2: Tabla resumen de los datos acústicos obtenidos para los 9 tipos de articulación básicos en la flauta travesera.

Se asocia un mayor aporte espectral a una intensidad más alta, como las articulaciones *acento*, *acento sforzando*, *sforzando* y *fortepiano*. Es resaltable también que las articulaciones se diferencian entre ellas por la respuesta impulsiva y la duración de la misma. Sirva como ejemplo la diferencia entre el *staccato* y el *staccatissimo* que no está en el tiempo de la respuesta impulsiva, sino en el tipo de respuesta de cada una, para la primera se excitan todas las frecuencias a la vez, por lo que se la ha denominado oclusiva; para la segunda, las frecuencias no armónicas empiezan a la vez que el componente armónico pero con poca energía que va aumentando en el tiempo, por lo que se describe como semioclusiva. El único descriptor que es específico para cada tipo de articulación es la forma de onda de envolvente temporal. Por ello se deduce que la envolvente de la onda es un rasgo característico y determinante para cada tipo de articulación de las analizadas en este trabajo. Cabe destacar las diferencias acústicas observadas entre el *Staccato* y el *Staccatissimo*. Por definición, el primero es ligeramente más largo en tiempo que el segundo. No obstante observamos que los tiempos que duran uno y otro son los mismos. La diferencia entre ambos en este caso está en el aporte espectral, tanto el armónico como el ruidio. Se puede deducir de este análisis que la manera en la que el flautista distingue la duración de una nota y otra, en este caso, es mediante el timbre, siendo para el *staccato* un aporte medio de armónicos y ruido; y para el *staccatissimo* un aporte bajo.

4. REFERENCIAS

- [1] MOYSE, M. (2004) *De la sonorté, art et Technique*. Francia: Alphonse Leduc.
- [2] TAFFANEL, P. y GAUBERT, Ph. 17 grandes estudios mecánicos para flauta. Alphonse Leduc.
- [3] WYE, T. (1980). *Teoría y práctica de la flauta, vol. 4, Afinación*. (Pablo Sorozábal trad.) España: Mundimúsica, S.A. Ediciones musicales.
- [4] BERNOLD, Ph. (1988) *La Technique d'Embouchure*. Francia: Stravaganza.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

[5] DEBOST, M. (2007). *Una flauta sencilla*. (Taciana Gómez trad.) España: Dasi-flautas Ediciones.

[6] ALTÈS, H. (2001). *Célebre método completo de flauta, vol. 1*. Francia: Alphonse Leduc.

[7] CANELO, L. (2014) *Aproximación al análisis acústico de la flauta Boehm y su aplicación en el estudio del sonido*. Trabajo fin de máster. Universitat Politècnica de València: España.

[8] CORREDOR, B. (2013). *Influencia del intérprete en el timbre del piano. Estudio acústico sobre la técnica, la articulación y el contexto musical*. Trabajo fin de máster. Universitat Politècnica de València: España.

[9] GARCIA, M. y RODRÍGUEZ, M. (1998). Estudio acústico de las consonantes nasales del español. *E. F. E. IX*, pp. 37-64. [en línea] Recuperado de http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/EFE-IX-MGarcia_MRodriguez-Estudio_acustico_nasales_español.pdf

[10] WYE, T. (1980). *Teoría y práctica de la flauta, vol. 1, Sonido*. (Pablo Sorozábal trad.) España: Mundimúsica, S.A. Ediciones musicales.