

Dimensiones acústicas y percepción del timbre en el procesamiento de grabaciones del análisis musical

María Marchiano

Universidad Nacional de La Plata
maria.marchiano@hotmail.com

Isabel Cecilia Martínez

Universidad Nacional de La Plata
isabelmartinez@fba.unlp.edu.ar

Resumen: El timbre es un fenómeno estudiado por diversos campos de estudio. A diferencia de otras cualidades sonoras, ni sus propiedades acústicas ni sus vínculos con las experiencias perceptivas están aún claramente establecidos. Partiendo de la idea de que un acercamiento interdisciplinario puede favorecer a delinear las problemáticas en el entendimiento de esos vínculos, el trabajo propone una articulación del campo del análisis musical con los estudios computacionales sobre percepción auditiva y las tecnologías de extracción de información de señales de audio, procesando un fragmento de la grabación de la obra *Cifuncho* de Mariano Etkin y comparando los resultados con el análisis sobre la misma realizado por Mastropietro y Anzil (2014). Las propiedades acústicas definidas por los estudios de percepción auditiva usados en el presente trabajo cuyos correlatos perceptivos están vinculados a la caracterización del timbre son el centroide espectral, el flujo espectral y el tiempo de ataque. El estudio revela nexos y diferencias entre las dimensiones tímbricas y la percepción musical de los analistas, mostrando un vínculo especialmente estrecho entre el centroide espectral y el análisis musical de los autores.

Palabras clave: timbre, percepción auditiva, análisis musical, percepción musical, cualidades sonoras.

Acoustic dimensions and perception of timbre on the recording processing of musical analysis

Abstract: The timbre is a phenomenon studied by many research fields. Unlike other sound qualities, neither its acoustic properties nor its links with perceptual experiences are clearly established yet. Starting with the idea that an interdisciplinary approach can favor delineating the troubles in the understanding of those links, the article proposes an articulation of the musical analysis with the computational studies of auditory perception and extracting information technologies from audio signals, processing a recording excerpt of Mariano Etkin's *Cifuncho* and comparing the results with the analysis on the same topic made by Mastropietro y Anzil (2014). The acoustic properties defined by the auditory perception studies used in the present article whose perceptual links are related to timbre characterization are spectral centroid, spectral flux and attack time. The study shows nexuses and differences between timbral dimensions and the analysts' musical perception, showing a specially tight link between the spectral centroid and the authors' musical analysis.

Key-words: timbre, auditory perception, musical analysis, musical perception, sound qualities.

1. Introducción

En el trabajo se realizará un estudio tímbrico interdisciplinario de un fragmento de una obra musical. A continuación expondré el estado actual de los campos de estudio puestos en común: el análisis musical, los estudios sobre percepción del timbre y el software especializado de análisis de señales de audio.

1.1 Análisis musical

El método hermenéutico se instala en el análisis musical a principios del siglo pasado. La hermenéutica consiste en la interpretación de textos por parte de un sujeto individual que revela un sentido oculto a partir de su propia experiencia de lectura, cuyas habilidades analíticas son las únicas herramientas mediadoras entre el texto y su interpretación. La comprensión del sentido en la interpretación musical implica una traducción lingüística de la obra (Gadamer, 1996), desarrollada sobre el estudio de la partitura, texto musical por excelencia de la tradición occidental, y generalmente sustentada por la escucha de versiones de la pieza. En los inicios la escucha de interpretaciones estuvo necesariamente atada a las performances en vivo, mientras que actualmente la tecnología permite a los analistas incorporar el uso de grabaciones de las obras en el proceso analítico. Aunque su uso en el análisis musical puede considerarse una ventaja ya que la experiencia perceptiva puede repetirse cuantas veces se desee, los defensores de la cultura receptiva del campo conciben a la grabación como una imitación irreal de la interpretación en vivo (Turino, 2008) y por lo tanto una limitación para el acercamiento a la obra.

Los métodos desarrollados por la disciplina a partir de los cuales se aborda el análisis de las obras están basados en el estudio de la altura, el ritmo y la forma (Cook, 1987), dimensiones estructurantes de la música clásico-romántica, mientras que el timbre fue tradicionalmente abordado sólo en relación a la fuente emisora del sonido. La ausencia casi total de referencias al timbre en la escritura tradicional hace que deba inducirse de forma indirecta de las alturas y duraciones y que su análisis sea, por lo tanto, complejo.

1.2 Estudios sobre percepción del timbre y software de análisis

El campo de la psicología de la música que investiga el fenómeno tímbrico se desarrolla sobre supuestos cognitivos clásicos. En la actualidad, el timbre es considerado una variable perceptiva con correlatos acústicos, y se busca “determinar la estructura de la representación perceptiva multidimensional del timbre (el llamado “espacio tímbrico”) (...), y entonces intentar definir los factores acústicos y psicoacústicos que sustentan esa representación” (McAdams, 1999, p. 85). Gran parte de los estudios (Caclin, Giard, McAdams, Smith y Winsberg, 2007; Caclin, McAdams, Smith y Winsberg, 2005; McAdams, 1999) coinciden en la existencia de al menos tres dimensiones tímbricas presentes en todo sonido: el centroide espectral, el flujo espectral y el tiempo de ataque.

El *centroide espectral* y el *flujo espectral* son dos dimensiones acústicamente centradas en las características espectrales de una señal de audio. El centroide es el centro de gravedad del espectro de la señal o “el balance de los parciales altos y bajos en el espectro. (...) Si un tono tiene un brillo más agudo que otro, entonces tiene más energía en las frecuencias altas” (Bregman, 1990, pp. 96-97). El *flujo espectral* mide la fluctuación del centroide espectral durante los primeros milisegundos de la señal. El *tiempo de ataque*, en cambio, está definido por el tiempo que tarda la señal en ir desde el punto de menor al de mayor energía durante los primeros milisegundos de la envolvente dinámica y su correlato perceptivo es la “mordida” del tono. Bregman, cuyo aporte central consistió en la definición de los procesos perceptivos involucrados en la agrupación y segmentación del flujo sonoro, tras una evaluación retrospectiva concluye que la simpleza acústica de los sonidos sintetizados usados en estos trabajos impide el acercamiento a mecanismos perceptivos dinámicos y complejos como los involucrados en la experiencia musical, limitando el estudio de la percepción auditiva.

Estas dimensiones tímbricas son propiedades acústicas perceptivamente relevantes, identificadas a través de la comparación automatizada entre las descripciones de los sujetos sobre sus percepciones y las características acústicas de los estímulos utilizados en experimentos de laboratorio, y se encuentran más fuertemente radicadas en las propiedades físicas del sonido que en la experiencia musical (Fig. 1). Las ideas de “brillo” y “mordida” son formas metafóricas multimodales de comunicar la experiencia (Forceville, 2006; Eitan, 2010) en relación al timbre del sonido.

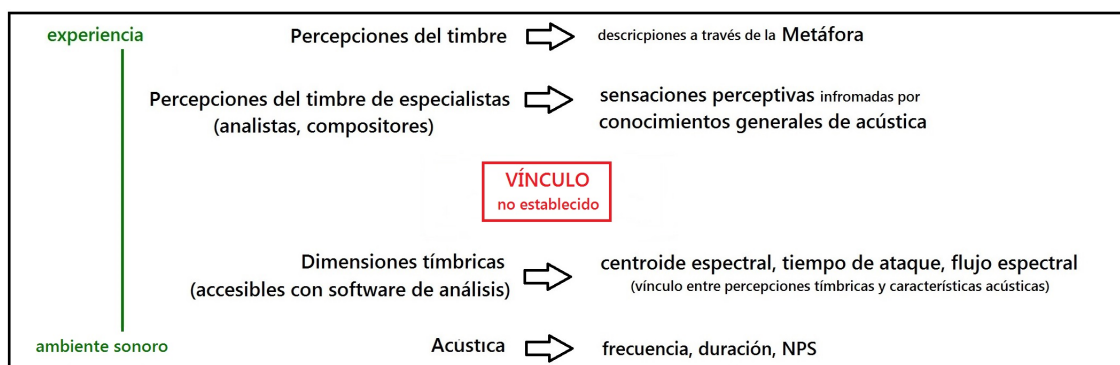


Fig.1: Dimensiones perceptivas y acústicas en torno al timbre.

Estos estudios se desarrollan en mutua colaboración con las tecnologías de extracción de información de señales de audio, que procesan datos de duración, frecuencia y nivel de presión sonora (NPS).

2. Objetivos

- 1) Evaluar los aportes del método de procesamiento de grabaciones de las obras con software de extracción de información de señales de audio sobre las dimensiones tímbricas para el análisis musical.
- 2) Estudiar las conexiones y los límites entre las propiedades acústicas y las perceptivas del fenómeno tímbrico comparando un caso de análisis musical con la información extraída con software especializado de la grabación de la obra.

3. Estudio de un caso: *Cifuncho*

En esta sección haremos referencia en primer término al análisis realizado por Mastropietro (2014) y Anzil sobre *Cifuncho*, de Mariano Etkin¹, y en segundo término compararemos y enriqueceremos el análisis musical evaluando la correspondencia de las percepciones de los autores y los resultados obtenidos en el análisis de la señal correspondientes las dimensiones tímbricas planteadas por los estudios cognitivos computacionales, considerando a la experiencia perceptiva de los analistas como intrínseca al proceso y a los resultados del análisis musical.

3.1 Análisis de Mastropietro y Anzil

En el análisis de la obra *Cifuncho*, Mastropietro y Anzil plantean que en un fragmento del comienzo de la obra (Fig. 2) se produce una modulación tímbrica² cuya transformación principal es la pérdida de intensidad del Re central, el paulatino aumento de la predominancia perceptiva del Re6 y el refuerzo progresivo de los componentes espectrales superiores. Estas ideas no poseen referencias a la partitura sino que fueron discriminadas auditivamente por los autores y/o inferidas a partir de los parámetros escritos en la partitura. La modulación, que se genera como consecuencia de la manipulación de las alturas, las intensidades, las duraciones y los modos de ejecución, es discontinua: los cuatro momentos están intercalados por tres materiales musicales que no forman parte del proceso. Según los analistas, la disminución de la intensidad del Re central se genera en el segundo momento por un aumento de intensidad de las componentes espectrales superiores y una pérdida de las inferiores que refuerza el 4to armónico (Re6), en el tercer momento por la ejecución del armónico Re6 que refuerza la zona

¹ El trabajo con una obra para instrumento solista busca evitar la complejidad del vínculo entre acústica y percepción relativa a la habilidad humana de discriminación de diferentes fuentes sonoras simultáneas.

² Para estudiar las características del proceso de transformación tímbrica propuestas por los autores, ver Mastropietro, 2014, pp 32-53.

superior del espectro y por la disminución de intensidad que debilita la intensidad del Re central, y en el cuarto momento por la ejecución del Re armónico, omitiendo el Re central.

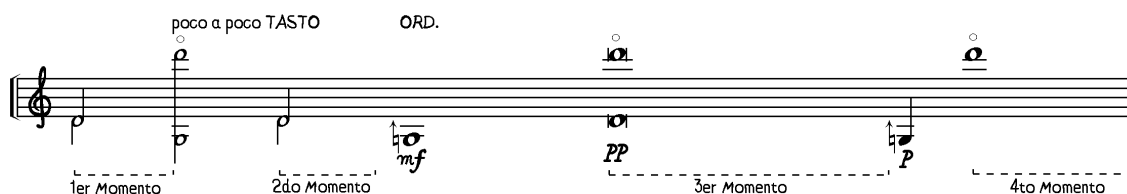


Fig. 2: Cuarto sistema de la primera página partitura de *Cifuncho*, de Mariano Etkin.

3.2 Análisis de la grabación

La grabación usada fue cedida por Mastropietro y procesada con los programas SG1 en Reaper v5.18 y MIRToolbox de MatLab v2015a.

3.2.1 Características espectrales generales

La visualización del espectrograma (Fig. 3) permite identificar fácilmente los “momentos” planteados por Mastropietro y Anzil, dados por cambios en la distribución de la energía en el espectro y mostrando un estrecho vínculo entre las características acústicas y las percibidas del fragmento. Aunque los autores perciben un aumento de relevancia de la formante Re6 (1176Hz aprox.) en los dos últimos momentos, transformación central en su análisis de la modulación, el seguimiento de su comportamiento a través del espectrograma no muestra indicios de incremento del NPS, sino que, contrariamente, disminuye notoriamente en el tercer momento. Además, entre los momentos 2 y 3, y 3 y 4 (ataques 3, 5 y 7) se produce una disminución progresiva de la intensidad de los armónicos inferiores. Es probable entonces que la percepción del incremento paulatino de sonoridad del Re6 que indican los autores se deba a la disminución de la intensidad de los armónicos primero, segundo y tercero en el momento 3 y a su ausencia en el momento 4.

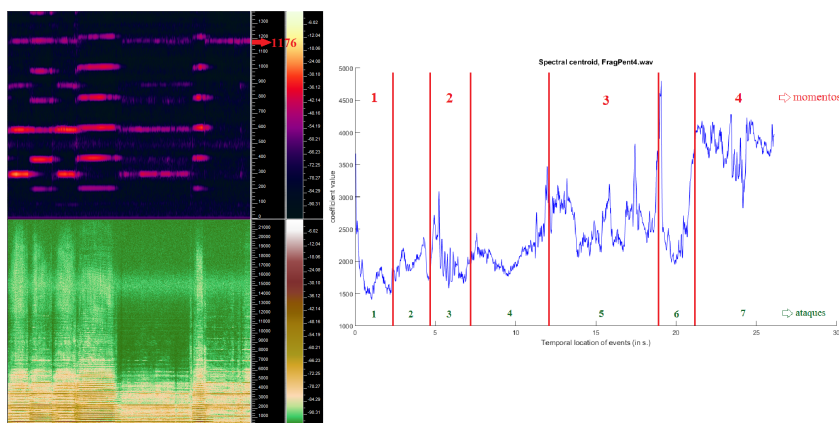


Fig. 3: espectrogramas (izq.) y centroide espectral (der.) del fragmento completo de *Cifuncho*.

3.2.2 Centroide espectral

La descripción de la modulación tímbrica en el fragmento de Cifuncho relativa a la pérdida de intensidad de los armónicos superiores realizada por Mastropietro y Anzil está íntimamente vinculada a la definición acústica del centroide espectral y a la percepción del brillo. Su análisis (Fig. 3) muestra que hay un cambio acústico no lineal del centro de gravedad hacia zonas de frecuencias cada vez más altas del espectro, que promedia entre los 1500 y los 4300Hz. Al igual que con la formante Re6, el centroide es parte de un proceso de cambio en las características espectrales en el que las frecuencias bajas disminuyen haciendo que cobren más peso relativo las altas: su valor asciende no por un aumento de intensidad en las zonas altas sino por una disminución en las bajas.

El desarrollo temporal del centroide espectral no muestra un comportamiento diferenciado entre los segmentos identificados como parte del proceso de modulación y los demás ataques sino que su ascenso involucra al fragmento entero. Es probable entonces que la segmentación perceptiva propuesta por los analistas sea una consecuencia de la vinculación del centroide espectral con otros parámetros. Por ejemplo, la selección de alturas por parte del compositor podría influir en la agrupación del flujo sonoro en dos grupos: aquellos en los que sólo se ejecuta la nota Re (los “momentos”) y otros en los que suena la nota Sol (los ataques intermedios). Las alturas condicionarían la agrupación perceptiva de los eventos, resaltando la percepción de los cambios tímbricos entre esos momentos y generando una segmentación en la modulación del centroide espectral acústicamente continua.

3.2.3 Tiempo de ataque y flujo espectral

El flujo espectral (Fig. 4) presenta un grado bajo y constante de fluctuación durante todo el fragmento, salvo en durante el segundo momento y el sexto ataque. El segundo momento tiene una forma de ejecución diferente al resto del fragmento (unísono en doble cuerda, roce de la cuerda, movimiento transversal del arco) que se aleja de las técnicas abordadas por los métodos de estudio tradicionales del instrumento. Es probable que tanto los batimentos del unísono como la pérdida de control de los movimientos del instrumentista por la forma de ejecución inusual sean los causantes del aumento abrupto de la fluctuación espectral. En el sexto ataque las pequeñas variaciones del flujo espectral podrían ser generadas por la inestabilidad del arco dada por los cambios de velocidad abruptos al final y al comienzo del sonido.

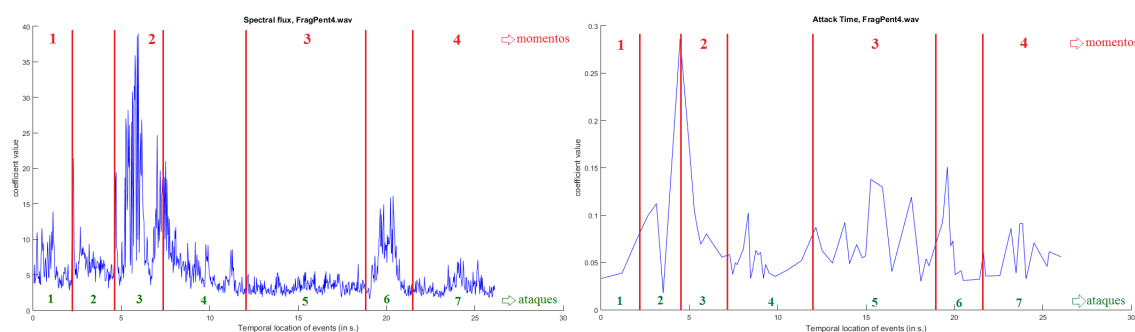


Fig. 4: Flujo espectral (izq.) y tiempo de ataque (der.) del fragmento completo de *Cifuncho*.

En los instrumentos de cuerda frotada, las características acústicas del ataque están fundamentalmente vinculadas a los golpes de arco (Godoy, 2010). En *Cifuncho* el compositor indica que el movimiento del arco debe ser fluido y continuo en todo momento, por lo que las diferencias entre el tiempo de ataque de cada nota (Fig. 4) son consecuencia del intento de control por parte del instrumentista de otros parámetros especificados en la partitura (velocidad, cantidad y posición del arco, ejecución de dobles cuerdas y armónicos, y diversos movimientos de la mano izquierda que dificultan o facilitan la resolución de las técnicas del arco). Es probable, entonces, que en esta obra los valores del tiempo de ataque estén más ligados a las particularidades de la ejecución que a características compositivas estructurales de la obra.

El tiempo de ataque y el flujo espectral no se relacionan con la caracterización tímbrica de los momentos y del proceso de modulación descritos por Mastropietro y Anzil.

4. Conclusiones

La investigación del fenómeno tímbrico se encuentra en construcción. La interrelación entre los diversos campos que abordan su estudio permite identificar las conexiones y los límites entre el ámbito de la experiencia humana y el de la acústica, ofreciendo un panorama sobre el estado del tema imprescindible para futuras investigaciones que persigan la comprensión del fenómeno tímbrico. La comparación entre las percepciones de Mastropietro y Anzil en el análisis de un fragmento musical y las dimensiones tímbricas creadas por los estudios cognitivos computacionales revelan coincidencias y distancias: la percepción de la progresiva relevancia del cuarto armónico es consecuencia de la disminución de energía en el resto del espectro y la percepción de un paulatino refuerzo de los componentes espectrales superiores se relaciona a la transformación del centroide espectral, pero el flujo espectral y el tiempo de ataque no muestran correlatos con el análisis musical de los autores. Además, el análisis

interrelacionado de las dimensiones acústicas (las frecuencias fundamentales y el centroide espectral, en este caso) permitió entablar relaciones significativas con la percepción musical de los analistas que no pudieron ser abordadas a través del estudio aislado de las dimensiones.

Si bien es cierto, por un lado, que las descripciones de los analistas son válidas para explicar la creación musical y, por otro, que las dimensiones tímbricas no refieren de forma directa a la experiencia musical, el uso de software de análisis constituye una instancia irremplazable que permite informar a la experiencia analítica sobre la multidimensionalidad tímbrica inaccesible a través de la partitura, y a la percepción auditiva sobre los procesos acústicos que la sostienen.

Referencias

- Bregman, A. S. (1990). *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. Cambridge, Estados Unidos: The MIT Press.
- Caclin, A. Giard, M. McAdams, S. Smith, B. Winsberg, S. (2007). Interactive processing of timbre dimensions: A Garner interference study. *Brain Research*, 1138, 159–170.
- Caclin, A. McAdams, S. Smith, B. Winsberg, S. (2005). Acoustic correlates of timbre space dimensions: A confirmatory study using synthetic tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118, 471-482.
- Cook, N. (1987). *A guide to musical analysis*. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
- Eitan, Z. Timmers, R. (2010). Beethoven's last piano sonata and those who follow crocodiles: Cross-domain mappings of auditory pitch in a musical context. *Cognition*, 114(3), 405-422.
- Forceville, Ch. (2006). Non-verbal and multimodal metaphor in a cognitivist framework: Agendas for research. En: G. Kristiansen, M. Achard, R. Dirven y F. Ruiz de Mendoza Ibáñez (Eds.). *Cognitive Linguistics: Current Applications and Future Perspectives* (pp. 379-402). Nueva York, Estados Unidos: Mouton de Gruyter.
- Gadamer, H. (1996). *Estética y hermenéutica (3era ed.)*. Madrid, España: Tecnós.
- Godoy, R. I. (2010). Gesture and timbre. En: R. I. Godoy y M. Leman. *Musical gestures. Sound, movement, and meaning* (pp. 183-211). Nueva York, Estados Unidos: Routledge.
- Mastropietro, C. (2014). *Música y timbre. El estudio de la Instrumentación desde los fenómenos tímbricos*. La Plata, Argentina: Ediciones Al Margen.
- McAdams, S. (1999). Perspectives on the contribution of the timbre to musical structure. *Computer Music Journal*, 23(3), 85-102.
- Turino, T. (2008). *Music as Social Life. The Politics of Participation*. Chicago, Estados Unidos: The University of Chicago Press.