



# III Congreso Nacional Conservatorios Superiores Música

NUEVOS ENFOQUES EN LA FORMACIÓN Y EDUCACIÓN MUSICAL  
MADRID, 12, 13 Y 14 DE MARZO DE 2015

ORGANIZA:



COLABORA:



ISBN: 13-9787-84-606-8260-8

Edita: SEM-EE

Diseño y maquetación: Claudia A. Gil  
claudiagilgual@gmail.com

Dirección y coordinación: Ana M. Vernia Carrasco

© Copyright 2016  
II Congreso Nacional de Conservatorios Superiores de Música

Este libro de actas es una recopilación de los documentos facilitados por los propios autores. Las SEM-EE no se hace responsable del formato ni del contenido.

# COMITÉ DE HONOR

## **PRESIDENCIA** - S. M. la Reina Doña Letizia

Excma. Da. Montserrat Gomendio Kindelan  
Secretaria de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades

Da. Ana M. Vernia Carrasco  
Presidenta de las Sociedad para la Educación Musical del Estado Español  
(SEM-EE)

Da. Ana Guijarro Malagón  
Directora del Real Conservatorio Superior de Madrid (RCSMM)

Da. Julia Climent  
Secretaria Autonómica de Cultura de la Generalitat Valenciana

D. Vicente Llimerá Dus  
Director del Instituto Superior de Enseñanzas Artísticas de la Comunidad  
Valenciana (ISEACV)

# COMITÉ CIENTÍFICO

D. Josep Gustems (Universidad de Barcelona)  
Da. Maravillas Díaz (Universidad del País Vasco)  
D. José Luis Laborda (Vicedirector del Conservatorio Profesional de Castellón)  
Da. Sofía Martínez Vilar (ESMUC)  
Da. Maravillas Díaz (Universidad del País Vasco)  
Da. Miren Iñarga (MUSIKENE)  
D. Miguel Ángel Centenero Gallego (Director CSM de Murcia)  
D. Víctor Pliego de Andrés (Vicedirector RCSMM)  
Da. Caterina Calderón (Universidad de Barcelona)  
Da. M<sup>º</sup> Amparo Porta (Universidad Jaume I de Castellón)  
D. Miguel Ángel Centenero Gallego (Director del CSM de Murcia)  
D. Israel Sánchez Lópe (Director del CSM de Sevilla)  
D. Marco Antonio De La Ossa Martínez (Universidad de Castilla-La Mancha)  
D. José Luís Aróstegui (Universidad de Granada)  
D. José M<sup>º</sup> Peñalver (Universidad Jaume I de Castellón)  
Da. Miren Zubeldía (Conservatorio Profesional de Música Ataúlfo Argenta, Santander)  
Da. Marcela Linari Melfi (Profesora de Piano en el Conservatorio Profesional Arturo Soria)  
Da. Amalia Casas (Universidad Autónoma de Madrid)

# COMITÉ ORGANIZADOR

Da. Ana M. Vernia (Presidenta de SEM-EE)  
D. Víctor Pliego de Andrés (RCSMM)  
D. José M<sup>º</sup> Peñalver (SEM-EE)  
Da. Miren Zubeldía (SEM-EE)  
D. Diego Calderón Garrido (SEM-EE)  
D. Juan García Cánovas (SEM-EE)  
D. Sebastián Gil Armas (SEM-EE)  
D. Andrés Simeó Máñez (Conservatorio Profesional de la Vall d'Uixó)

EL ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICO DEL MATERIAL SONORO: UN METAMÉTODO DE LA ERA DIGITAL PARA UNA VISIÓN MÁS COMPLEJA DE LA MÚSICA

Juan Medina - Zulema de la Cruz -

Alejandro Román - José Antonio Torrado

juanmedinall@telefonica.net - zulemadelacruz@telefonica.net -

alejandroroman.com@gmail.com - joseantonio.torrado@gmail.com

#### Resumen:

Este trabajo presenta los fundamentos teóricos y metodológicos del análisis espectrográfico del material sonoro y su impacto en diferentes áreas de dominio musical mostrados a través de diferentes ejemplos extraídos de las investigaciones que se están llevando a cabo por el equipo. El tránsito de la cultura analógica a la digital tiene impacto en todo lo que tenga relación con el mundo de la música. Desde el uso de la tecnologías digitales en el entorno de la composición, de la difusión, del consumo musical, incluso la transformación sonora de los instrumentos en tiempo real, hasta el análisis de ese material sonoro producido (foco de este trabajo).

Los sistemas de análisis del material musical tradicionales, o quizás deberíamos decir sistemas de análisis de material musical analógicos, excluyen, lógicamente, ciertos parámetros del material sonoro. La digitalización permite incluir en estos análisis parámetros del sonido, curiosamente esencia vehicular de transmisión del mensaje musical, no accesibles hasta ahora.

Este análisis espectrográfico, convergencia de diferentes métodos de análisis de audio, permite analizar precisamente y de forma concreta el único vehículo del mensaje musical, el sonido, abriendo las puertas en la investigación a áreas del conocimiento musical aún poco elaboradas.

En este trabajo mostramos un ejemplo de lo que se observa en el análisis de una composición musical de autores productores dentro de esta denominada era digital; en otro ejemplo se muestra lo observable en un pasaje en el área de interpretación cuando un instrumentista opera desde una perspectiva pragmática (convertir en material sonoro lo escrito en la partitura) o epistémica (usar los sonidos para vehicular el mensaje musical inherente a la codificación).

En suma, entendemos que el análisis del sonido en la producción musical desde cualquiera de las perspectivas es una herramienta necesaria, eficaz y que aporta conocimiento hasta ahora no accesible en el entorno de la música. Por ello, el objeto de este trabajo es mostrar un sistema de análisis de audio y, a través de ejemplos, valorar su potencial como herramienta que permite analizar aquello que realmente conduce el mensaje musical, que es también desde donde lo percibimos, EL SONIDO.

#### Abstract:

This paper presents the theoretical and methodological spectrographic analysis of the sound material basis, and its impact on different areas of musicianship shown by different examples from the investigations being conducted by the team. The transition from analogue to digital culture has an impact on everything that relates to the world of music. Since the use of digital technologies in the environment of the composition, of diffusion of musical consumption, including the transformation of the instruments sound in real time to the analysis of the audio material produced (focus of this paper).

Systems analysis of traditional musical material, or perhaps we should say analog analysis systems musical material, excluding, of course, certain parameters of the sound material. Digitization allows these parameters include sound analysis, interestingly vehicular transmission essence of the musical message, not accessible until now.

The spectrographic analysis, convergence of different methods of audio analysis allows precisely and concretely analyze the only vehicle the musical message, sound, opening the doors in research areas in musical knowledge still less developed.

In this paper we show an example of what is observed in the analysis of a musical composition by authors producers in this digital age; in another example is observable shown in a passage in the area of interpretation when an instrumentalist operates from a pragmatic perspective (convert sound material as written in the score) or epistemic (use sounds to convey the musical message inherent in the coding).

In short, we understand that the analysis of sound in music production from any of the perspectives is a necessary and effective tool that provides knowledge, so far inaccessible in the environment of the music. Therefore, the object of this paper is to show an analysis system of audio, and through examples, evaluate its potential as a tool to analyze what really drives the musical message, which is also from where we perceive it, THE SOUND.

## INTRODUCCIÓN

Asociar música a lo que suena es una realidad cotidiana, que aparentemente todos compartimos. Ya que la música juega su papel en el terreno de la expresión de emociones (Juslin & Västfjäll, 2008; Koelsch, Kilches, Steinbeis, y Schelinski, 2008; Koelsch S, 2014; Meyer, 2005. Kivy, 1989. Sacks, 2007. Levitin, 2008) usamos ese material sonoro como vehículo para transportarlas. Es más, realmente lo usamos (o deberíamos usar) estratégicamente para sintonizar con el oyente, para que perciba y sienta aquello que queremos compartir con él.

Para asegurar una óptima y expresiva producción sonora, tradicionalmente (Bautista, 2009) realizamos un exhaustivo trabajo previo que consiste en buscar en la partitura muda cualquier información sintáctica que nos permita encontrar y entender ese mensaje: estructura armónica, autor, estilo, etc. ¿realmente en este análisis están las respuestas sobre lo que sentimos y queremos expresar con esos sonidos? Y cuando, ¿no hay partitura? ¿Dónde están las instrucciones que nos permitan encontrar el mensaje musical?

Igual hacemos con el instrumento, aprendemos su particular sintaxis (técnica) para poder convertir en sonido el producto del análisis de la muda partitura. ¿Acaso aquel mensaje expresivo, emocional, que pretendía sintonizar con el público, aparecerá sin más, tan sólo decodificando?

Quizás esa inercia cotidiana de trabajar sobre el material inerte, codificado, se traduzca en el día a día del aula de música en una constante búsqueda de la decodificación correcta del mensaje musical contenido de forma literal, al pie de la letra, o mejor, "al pie de la nota" (Torrado et al., 2014) en la muda partitura.

Así, los resultados de las investigaciones de Minassian, Gayford, y Sloboda, (2013) muestran que los intérpretes: (1) focalizan la atención preferente a los aspectos notacionales de la música, por encima de otros elementos expresivos y de su función comunicativa; (2) tienen obsesión por la exactitud en cuanto a reproducción de los mencionados aspectos notacionales; y (3) el contar con una conciencia limitada tanto del propio cuerpo como de la audiencia, lo que lleva a producir un limitado intento comunicativo. En suma, sólo decodificando, no aparece el mensaje. Esta expresividad, no accesible aún a la inteligencia artificial, parece ser notada por la audiencia como el aspecto más importante de una interpretación musical (Bhatara et al., 2011).

De hecho, diversos autores (Bhatara, Tirovolas, Duan, Levy, y Levitin, 2011; Koelsch et al., 2008) manifiestan que esa expresividad se observa a través de dos dimensiones principales: (1) Variaciones de ritmo o tempo (*timing*), y (2) Variaciones de intensidad o volumen (*amplitude*). ¿Existe algún sistema de análisis que permita valorar estos parámetros de nuestra producción sonora?

## LA CODIFICACIÓN DEL MENSAJE EN SONIDOS Y EN ¿PARTITURA? EN EL S. XXI

Desde principios del siglo XX las nuevas tecnologías, se han entrelazado con la creación artística en todos los terrenos. Su interrelación con el mundo de la música, ha dado lugar a la aparición de nuevos instrumentos electrónicos que producen el sonido a través de la electricidad.

El mundo de la composición musical, ha crecido paralelo a este desarrollo tecnológico. Los compositores del siglo XX han utilizado de una u otra manera estos medios eléctricos. Desde el *Teremín*, el *Dinamophon*, o las *Ondas Martenot*, hasta los ordenadores personales de última generación

Grandes obras se han escrito usando estos nuevos instrumentos, solos o mezclados con los instrumentos llamados acústicos, tanto en agrupaciones de cámara como en grandes agrupaciones orquestales y vocales. Desde esta perspectiva, la partitura es sólo una parte de representación simbólica de estas obras, donde se entremezclan con ella, otros medios de producción sonora que conforman la totalidad de la obra musical (sonidos de instrumentos, material sonoro pregrabado, transformación en tiempo real del sonido producido por los instrumentos acústicos, Real Time, etc.)

Esta "Música Electroacústica" y su término engloban numerosas corrientes artístico – musicales dentro del mundo de la composición sinfónica, que van cambiando paralelamente al desarrollo tecnológico, desde su aparición en el siglo XX hasta la actualidad (Música concreta, Música Electrónica, Música en Tiempo Real, etc.)

Existen tres especialidades dentro de esta Música Electroacústica:

Música Electroacústica Pura, Música Electroacústica Mixta y Música Electroacústica en vivo (Real time).

- Música Electroacústica Pura:

Es aquella que se realiza en un estudio de sonido y se graba en un soporte (antes cinta de bobina analógica, cinta digital DAT, actualmente disco compacto CD o USB), y se reproduce en una sala de concierto o en cualquier otro espacio. Este tipo de música se puede mezclar con otros medios (danza, teatro, audiovisuales, cine, televisión, multimedia).

- Música Electroacústica Mixta:

Aquella que tiene una parte pregrabada y trabajada en estudio y otra que realizan instrumentos en vivo en el momento del concierto. Actualmente estos instrumentos pueden ser acústicos (violín, violonchelo, piano, etc.), electrónicos (sintetizadores, samplers, etc.) o incluso ordenadores manejados por un intérprete electroacústico. El resultado que se escucha, es la mezcla de todo lo que se produce al tiempo y la obra estará pensada para todo el conjunto por el compositor.

- Música Electroacústica en Vivo (Real Time):

Este tipo de música que aparece a mitad de los 60, es similar en concepto a la música concebida para instrumentos acústicos. Nada está grabado y se interpreta en vivo en el momento del concierto, solamente con instrumentos electroacústicos o añadiendo también instrumentos acústicos.

En la actualidad estas tres grandes especialidades confluyen y se intercalan dentro de una misma obra e incluso se mezclan con otras artes y originan un nuevo concepto La Multimedia (mezcla sonora, instrumentos acústicos, imágenes, escenografía, danza, instalaciones, actores, etc.)

Por lo tanto y en consecuencia a todo lo expuesto, la necesidad de nuevas herramientas de análisis del material sonoro es más que evidente. La partitura queda solo como una herramienta más de análisis de la obra musical o del espectáculo multimedia.

La búsqueda de nuevas herramientas para el análisis, nos lleva a la incorporación de métodos de entendimiento de la propia materia sonora resultante; son indispensables para la comprensión de estas obras.

A modo de ejemplo de esta nueva realidad, en el Real Conservatorio Superior de Música de Madrid se creó en el año 1988 el Laboratorio de Investigación y Composición Electroacústica y por Ordenador, en siglas L.I.C.E.O., para fomentar dentro de la Titulación de Composición, el conocimiento de estas nuevas herramientas para la creación musical de obras de los alumnos de la Especialidad de Composición. Del diseño, dirección y enseñanza, se encargó la profesora E. Zulema de la Cruz. Este laboratorio fue el primero en España dedicado a la

enseñanza de la materia de Composición Electroacústica, dentro del marco de las Enseñanzas Artísticas Superiores. En la actualidad, con más de 400 obras realizadas y estrenadas por alumnos y varias líneas de investigación abiertas, este laboratorio es objeto de una Tesis doctoral que está en preparación (De la Cruz Castillejo, E. Zulema, 2015. *Laboratorio de Investigación y Composición Electroacústica y por Ordenador (L.I.C.E.O.) del Real Conservatorio Superior de Música de Madrid (R.C.S.M.M.)*)

### EL ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICO COMO MEDIO

*Este apartado está elaborado como resumen a partir de Medina, Juan, 2015. La tecnología digital y su influencia en los compositores españoles nacidos a partir del año 1971. IE Universidad. Tesis doctoral inédita. Por ello recomendamos que, para una información mayor y más precisa sobre el análisis espectral se dirijan a la citada tesis o contacten directamente con el autor.*

Esta propuesta de análisis está basada por una parte, en la síntesis de los modelos analíticos de interpretación de gráficas de los Criterios Generales de Estadística, y en la unificación de las teorías de personalidades importantes de la música; como Schaeffer, P. 1966; Camilleri, L. 2005; Delalande, F. 2011; Cádiz, R. 2008.

El análisis *espectrográfico* está basado en la interpretación de datos que ofrecen las gráficas, ordenadas éstas por tipología documental. Desde el punto de vista técnico, la espectrografía es una técnica basada en la dispersión o descomposición de una radiación electromagnética que contiene radiaciones de distintas longitudes de onda. Por lo tanto lo que hará el programa informático será descomponer en distintas longitudes de onda el audio digital registrado en la grabación sonora, para posteriormente representarlo de distintas magnitudes tipológicas en una gráfica.

Así encontramos la siguiente tipología documental distribuida por tres magnitudes principales: A) La distribución y evolución de las alturas en el tiempo. B) La distribución y evolución de la intensidad sonora en el tiempo. C) La variación de tempo y la pulsación rítmica.

## A) La distribución y evolución de las alturas en el tiempo

- *Melograma*: expresado en trazos
  - Melogram, del griego melos, canto, representa en una gráfica las fases de la melodía expresadas en trazos. Se podrá trazar un mapa o ruta para vislumbrar, desde la concepción o materialización del propio gesto musical a su evolución o desarrollo en el tiempo a lo largo de la pieza. Por ejemplo, cada compositor, tiene una característica gestual en el trazo compositivo, pudiendo tener éste unas características intrínsecas y casi unitarias. De la misma manera que se estudia la Grafología, esto es, el arte de conocer determinadas aptitudes y rasgos del carácter de una persona por medio del análisis de su escritura, se podrá conocer las aptitudes y rasgos del carácter de un compositor por el análisis gestual de su trazo musical.
- *Pitch*: expresado en *micro-trazos*
  - *Pitch*, tono, afinación, representa mediante una gráfica las alturas y clasificación *espectrográfica* de las frases, semifrases y de los sonidos expresados en *micro-trazos*. Otros sistemas también lo denominan; *interválica* o *gestualidad*. Ideales por ello, para el análisis de la *meso-forma* y *micro-forma*.
- *Pitch*: expresado en gránulos
  - Este tipo de gráficas ofrece una perspectiva de la afinación y naturaleza del sonido expresada en puntos o gránulos, y no en *micro-trazos*. Se observará una evolución en la *micro-forma* y en la *meso-forma* en un momento determinado de la obra, y no en la evolución general de la misma.
- *TWC. Tonal Weighting Chart*
  - *TWC, Tonal Weighting Chart*, es una ponderación de las notas más frecuentes. Este tipo de herramientas ofrecen un tipo de análisis muy parecido al de un cromatógrafo, utilizado en analítica de laboratorios químicos. En teoría se tiende a dispersar los componentes de la muestra de audio en sonidos cromáticos, es decir, con esta analítica obtendremos las notas más frecuentes que aparecen en la muestra de audio, al producirse una descomposición cromática de las alturas. Estas gráficas tienen una fisiónomía típica de Campana de Gauss.

1. Un *sonograma*, *sonógrafo* o *espectrograma* es una herramienta analítica basada en la técnica de representación espectral y visual del sonido. Permite ver las características generales del sonido en una gráfica bidimensional de tiempo versus frecuencia-amplitud. El eje vertical muestra las frecuencias expresadas en los diagramas, y las gradaciones de grises u otros colores indican la amplitud o intensidad del sonido. Roads, Curtis: *The Computer Music Tutorial*. MIT Press, Boston, 1996 Brech, Martha: *Analyse elektroakustischer musik mit hilfe von sonagrammen*. Peter Lang, 1994

• *Sonograma*

- El *Sonograma*<sup>1</sup>, es una herramienta analítica basada también en la técnica de dispersión cromática y es una herramienta que se parece mucho a una refracción sonora. La ventaja que ofrece este tipo de gráficas, es que además de poder medir la relación de contornos entre picos y valles, se puede visualizar la intensidad sonora en gama de colores, como si fuera una visualización del Efecto Doppler. Así veremos, como existe una relación entre las alturas medidas en hercios, (Hz), y su intensidad medida en decibelios (dB), y ambas magnitudes relacionadas con la evolución temporal.

## B) La distribución y evolución de la intensidad sonora en el tiempo.

- *Magnitud*: expresada en trazos
  - Este tipo de gráficas nos muestra la evolución de la intensidad sonora, como magnitud variable temporal. Por lo tanto, se puede determinar la intensidad sonora como su relación con la fenomenología musical. Como hemos comentado, se puede medir en decibelios y también en grados de magnitud, pero expresando siempre la relación de la intensidad sonora de la muestra con el desarrollo temporal.
- *Espectrograma*
  - El *espectrograma*<sup>2</sup>, es una gráfica que recrea visualmente la relación entre el registro sonoro, la intensidad y la relación espacio-temporal donde se ubican los eventos a analizar.
- *Espectrograma en tres dimensiones 3D*
  - El *espectrograma en tres dimensiones, 3D*, es una gráfica que recrea los sonidos expresados en tres dimensiones, donde aparecen todos los valores con fisiónomía de picos y valles recreados en tres dimensiones. Los valores que se miden son principalmente la relación existente entre las zonas de intensidad y su posición en el espacio-tiempo y con las zonas de registro seleccionadas.

2. *Espectro*: Distribución de la intensidad de una radiación, de acuerdo con una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa. Real Academia de la Lengua.

3. Folssmann, S. Goebel, W. Widmer, G: *Investigations of between-hand synchronization in Magaloff's Chopin*. Computer Music Journal, 2010

### C) La variación de *tempo* y la pulsación rítmica

• Este tipo de gráficas está todavía en desarrollo, y traza un mapa temporal para medir empíricamente las asincronías y sincronías rítmicas existentes en la interpretación. Como muestra cabe destacar, los trabajos de investigación que realizaron, Wener Goebel, Sebastian Flossmann y Gerhard Widmer en el Institute of Musical Acoustics de la University of Music and Performing Arts Vienna, en colaboración con el Department of Computational Perception de Linz en Austria, y con Austrian Research Institute for Artificial Intelligence de Viena, también en Austria<sup>3</sup>.

• La técnica utilizada en la extracción de datos de las gráficas para su posterior análisis, es aquí algo diferente, puesto que se basa, principalmente en el código del sistema MIDI mas que en las técnicas de descomposición del audio digital. Aunque para la comparativa de gráficas si que hay que recurrir a la espectrografía.

• El proceso requerido comienza en la conversión de la partitura original a notación simbólica o tipo matriz, mediante un escáner y un software editor de ficheros XML, Extensive Markup Language, aunque este tipo de ficheros también se usa en música y existen programas informáticos de reconocimiento y conversores de partituras MIDI y PDF que lo implementan en sus extensiones al propio software musical. Luego se miden espectrográficamente los resultados obtenidos en las distintas gráficas.

## REPERTORIO SINFÓNICO Y ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICO

Un ejemplo de aplicación de la espectrografía a la investigación sobre composición lo presentamos aquí.

La obra analizada por Medina, J. 2015, empleando el análisis espectrográfico se titula "Vid-erunt Om-nes !!!, y se trata de una obra electroacústica pura compuesta por Alejandro Román. La obra tiene una duración de 7'40" y se estrenó en el "Primer Encuentro de Vanguardias Tecnológicas y Culturales" que tuvo lugar en el Castillo de la Coracera de San Martín de Valdeiglesias (Madrid), el 6 de Junio de 2002.

El Canto Gregoriano es el punto de partida compositivo sobre el cual se desarrolla la idea principal de esta obra: el origen y desarrollo del canto monódico occidental que dio lugar, tras un desarrollo que duró varios siglos, a la primitiva polifonía medieval (*organum*), base de toda la tradición polifónica europea. La obra está construida a partir de la transformación de material sonoro fonográfico. Las muestras tomadas para ello son diferentes elaboraciones musicales de un mismo texto: "Viderunt Omnes" (Gradual, Modo V), "Viderunt Omnes"

(Comunión, Modo I) y el organum a cuatro voces de Pérotin, "Viderunt Omnes" (aprox. 1.200 d.C.). El resultado de la obra pretende ser una alegoría de la génesis del canto llano y la polifonía medieval.

En "Viderunt Omnes" (Gradual), la unión del texto y la música es evidente. Se trata de una pieza de carácter alegre y enérgico. El texto viene a significar: "Todos los confines de la Tierra verán la salvación de nuestro Dios". El texto en latín es el siguiente:

### **Viderunt Omnes**

*Vidérunt omnes fines terrae  
salutare Dei nostri:*

*iubilate Deo omnis terra  
iubilate Deo omnis terra.*

*Notum fecit Dominus salutare suum:  
ante conspéctum géntium  
revelávit iustítiam suam*

En la Comunión (Modo I) se repite el mismo texto del Gradual, "Viderunt Omnes", aunque en la melodía no se expresa el carácter alegre del mismo, en este caso se encuentra mucho más contenido. En el *Organum* de Pérotin se da muy poca importancia a que el texto pueda ser comprendido por el oyente de aquella época. Esto es debido a que los textos litúrgicos eran por todos conocidos en las congregaciones de cantores, por lo que el fin estético principal era el sonoro. La melodía gregoriana hace de soporte a las demás voces, sobre la cual se realiza el contrapunto, basado en intervalos de cuarta, quinta y octava. Cada una de las sílabas del texto original es adornado mediante abundantes melismas, consiguiendo un "juego" donde lo principal es la música, no el texto. Para la realización de la obra se emplearon los siguientes instrumentos y materiales: un ordenador PC Pentium II a 450 MHz con Windows Millenium, regrabadora de Cd's Hewlett-Packard y tarjeta de sonido SoundBlaster Live de Creative, el editor de sonido Sound Forge 5.0, el sistema de producción de Audio Digital Nuendo 1.5.2.

Como material base para obtención de las muestras de audio se emplearon las grabaciones correspondientes a las siguientes obras: "Viderunt Omnes" (Gradual, Modo V), "Viderunt Omnes" (Comunión, Modo I) y el organum a cuatro voces "Viderunt Omnes" de Pérotin.

La obra fue elaborada empleando diferentes variaciones sonoras del material original y procesando mediante transformación del audio digital cada una de las muestras. Los procesos de variación sonora se realizaron mediante la expansión en el tiempo de las muestras originales, se realizaron posteriormen-



te alteraciones en la afinación de las muestras, se efectuó la retrogradación digital de cada una de las muestras de audio, y se añadieron mediante envíos determinados efectos a cada pista sonora, además de modulaciones, y procesos de panoramización y ecualización paramétrica. Posteriormente se procedió a la secuenciación de todo el material sonoro para su masterización final y posterior volcado final a 16 bits y 44,100 Khz.

El análisis espectrográfico revela cómo es el sonido de esta obra mediante una serie de gráficas que arrojan datos acerca de su morfología. Para la obtención de estas gráficas se han empleado una serie variada de herramientas informáticas (ASAnnotation. 1.0 IRCAM., Sonic Visualiser. 1.5. University of London, Speech Analyzer 3.0. SIL International), especializadas cada una de ellas en extraer diferentes tipos de datos que son reflejados de forma gráfica.

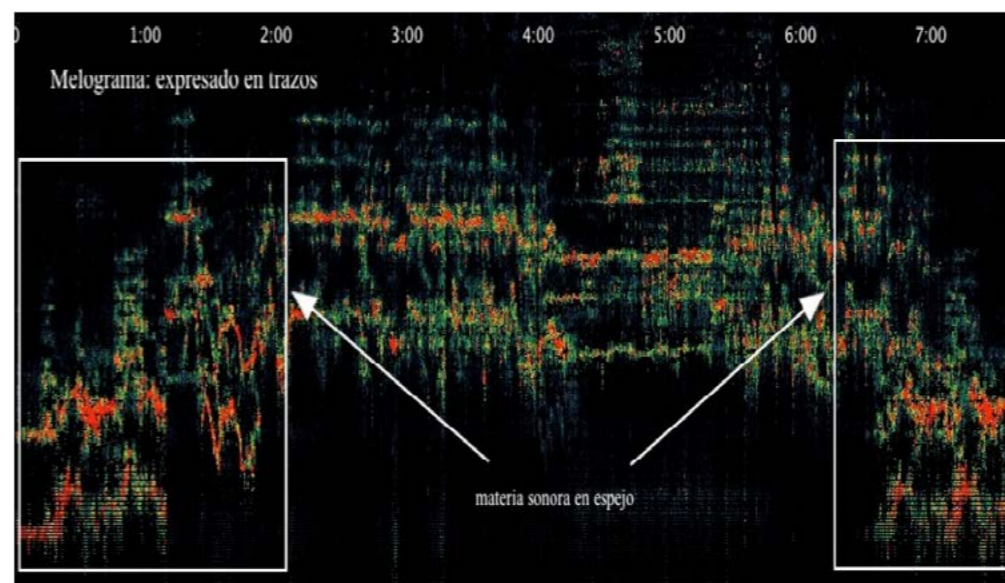


FIGURA 1. Detalle de las texturas relacionadas con la intensidad sonora. Se puede apreciar la espacialización simétrica de las texturas sonoras. Software; Sonic Visualiser. 1.5. University of London. Descripción: Se puede observar la simetría en espejo general de la obra. La materia sonora se comporta de manera opuesta al inicio y al final de la obra. Se puede apreciar la retrogradación de las texturas musicales.

Son reveladoras las conclusiones que ofrece el análisis espectrográfico de la obra, la cual carece de partitura convencional, por lo que un óptimo medio objetivo de análisis lo ofrece este metamétodo denominado por su autor "análisis espectrográfico". En ellas se resume lo más relevante del estudio, como es el resultado visual de las gráficas, que aportan datos acerca de la morfología de la obra y su desarrollo en el tiempo:

"La visión de la gráfica general, respecto a la evolución del trazo musical en el tiempo nos ofrece una estabilidad general, tanto en su ubicación registral como en su tipología. Otra característica general que se puede observar es la simetría en espejo de la obra. La materia sonora se comporta de manera opuesta al inicio de la obra, y al final de la misma. Las lecturas generales del micro-trazo resultan muy reveladoras, ya que están caracterizadas por unas fisionomías derivadas en el uso de texturas vocales medievales, como pueda ser el canto sacro y al cual hace referencia el título de la obra." (Medina, Juan, 2015)

Una visión novedosa de este tipo de análisis con respecto a otras metodologías de análisis convencionales es que es capaz de reflejar las distintas formas texturales y sus variaciones en el tiempo, reflejadas en "gránulos": "[...] el uso de texturas y muestras de música concreta, en este caso de música vocal medieval, resulta muy útil observar la tipología del gránulo a lo largo de la pieza en la gráfica correspondiente, Pitch, expresado en gránulos. De aquí se determina que aunque el tamaño de gránulo es homogéneo a lo largo de la pieza, su espacialización parece concentrarse en puntos determinados y concretos." (Medina, Juan, 2015)

También es posible observar los cambios en la intensidad, que pueden arrojar datos acerca de la evolución sonora de la pieza en el tiempo, sus momentos climáticos, y en definitiva, su forma musical en forma de gráfica: "La distribución de la intensidad sonora en el tiempo ofrece una lectura semejante las gráficas sobre la evolución del trazo musical en el tiempo, la distribución de la intensidad sonora es homogénea a lo largo de la obra. Si bien, la diferencia es que respecto a la gráfica sobre la evolución de la intensidad sonora expresada en trazos, se observan claramente valles pronunciados con tipología concentrada." (Medina, J. 2015)

En cuanto al lenguaje compositivo de la obra, el análisis permite observar rasgos fundamentales, tanto de la obra como del lenguaje del compositor, ya que "[...] aporta datos significativos referentes a las técnicas utilizadas, ya que no se utiliza la saturación cromática ni otras técnicas derivadas de sistemas dodecafónicos. Puesto que como se aprecia en la gráfica, la anchura de la base es estrecha. Respecto a los valores principales, éstos tampoco tienen una ordenación tonal, lo que indica un lenguaje personal casi diatónico o basado en conceptos que se acercan más a los sistemas modales de ordenación musical." (Medina, J. 2015). El uso de un material sonoro para la elaboración de la obra basado en escalas modales da como resultado una estética muy concreta, que aunque es transformado mediante herramientas informáticas, mantiene una esencia sonora muy reconocible.

Como conclusión final, y en opinión del autor del análisis, "quizá la mayor influencia de la tecnología digital en la obra radica en que es posible juntar, mezclar y fusionar, dos épocas estéticas tan distantes, como puedan ser la medieval y la actual. Y esto es posible gracias al uso de la tecnología digital a través de las muestras transformadas de música concreta y de síntesis aditiva y de FM." La pieza electroacústica "Vid-erunt Om-ness!!!" [...] nos ofrece su visión de una época remota a través del uso de distintos tipos de síntesis entremezclados con la transformación tímbrica de muestras vocales medievales." (Medina, J. 2015)

En definitiva, el análisis espectrográfico puede ser empleado como una nueva forma de estudio para acercarse al comportamiento sonoro de las composiciones musicales, ya sean acústicas o electroacústicas en cualquiera de sus formas, ya que es el propio sonido grabado el que es sometido a examen, más allá de la interpretación de una partitura, que sólo constituye una representación gráfica de las intenciones del compositor.

### INTERPRETACIÓN MUSICAL Y ANÁLISIS ESPECTROGRÁFICO

Un ejemplo de aplicación de la espectrografía a la investigación sobre interpretación lo presentamos aquí. En un estudio llevado por Torrado et al (2015, en preparación) se proponía a unos estudiantes la realización de unas tareas. Estas, consistían en la interpretación de un mismo pasaje musical con diferentes instrucciones. Algunas de las interpretaciones parecían el resultado de una simple conversión a material sonoro de lo que estaba mudo en la partitura. En cambio otras, que conmovían, mostraban el uso los sonidos codificados para conducir el mensaje que subyacía a la instrucción. Además de otras herramientas de valoración, se recurrió a la espectrografía para valorar cuales eran exactamente las diferencias entre unas y otras interpretaciones.

El resultado del análisis realizado por Juan Medina, fue el siguiente:

#### Análisis espectrográfico de audio digital sobre sujetos musicales Sujeto 1 - Tareas 1 y 3

##### 1. Análisis espectrográfico sobre sujetos musicales. Sujeto 1 Tarea 1

*Tienes un par de minutos para preparar este fragmento e interpretarlo.*




FIGURA 2. Tarea 1

Se miden las magnitudes de la intensidad sonora, en dB, y la altura, en Hz. Se contemplan las variables resultantes de la lectura de la gráfica.



FIGURA 3

Ficha técnica resultante de las mediciones de la gráfica:

Ficha Técnica		
Nombre de archivo	Instrumento	Formato/Propiedades
Sujeto 1 Tarea 1	Flauta	Wav 16 Bit 48 KHz
Intensidad Sonora (dB)	-17/15, -15/-14, -16/-14, -16-12, -16/-15	
Afinación en nota y posible desviación (Hz)	C4/524, E4/661, G4/783, E4/656, C4/524	
Forma	Distintas duraciones. Inestabilidad en C4a, E4a, G4 y C4b. Ataque inestable C4a	
Espectrograma	Sonidos sin relevancia. Armónicos por estratificación desordenados en cuanto intensidad armónica.	

## 2. Análisis espectrográfico sobre sujetos musicales. Sujeto 1 Tarea 3

*La tarea que debes realizar ahora consiste en: conseguir que cuando suene esta partitura cualquier oyente debe percibir la inmensa y desoladora tristeza que subyace a esta melodía. Se entendería que la tarea estará bien realizada si el oyente percibiese esa tristeza.*

*Tienes un par de minutos para preparar el fragmento e interpretarlo.*




FIGURA 4. Tarea 3.

Se miden las magnitudes de la intensidad sonora, en dB, y la altura, en Hz. Se contemplan las variables resultantes de la lectura de la gráfica.

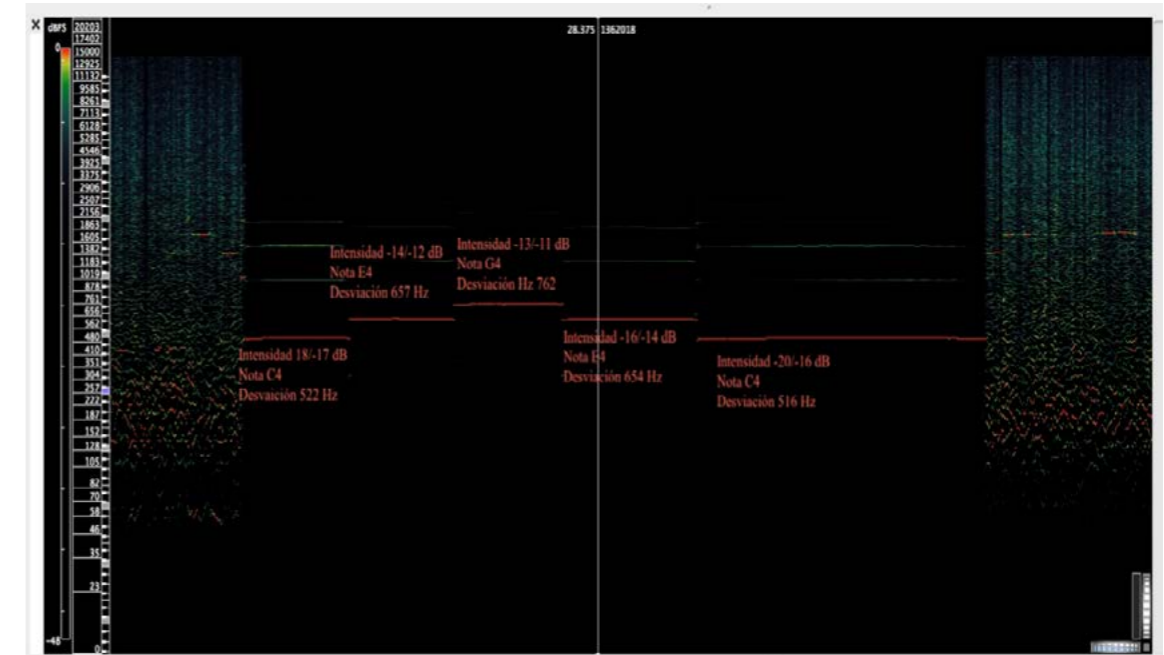


FIGURA 5

Ficha técnica de las mediciones de la gráfica:

Ficha Técnica		
Nombre de archivo	Instrumento	Formato/Propiedades
Sujeto 1 Tarea 3	Flauta	Wav 16 Bit 48 KHz
Intensidad Sonora (dB)	-18/17, -14/-12, -13/-11, -16-14, -20/-16	
Afinación en nota y posible desviación (Hz)	C4/522, E4/657, G4/762, E4/654, C4/516	
Forma	Distintas duraciones. Inestabilidad en E4a, y C4b. Ataque inestable E4b	
Espectrograma	Tercer sonido relevante. Mayor carga armónica. Armónicos por estratificación ordenados en intensidad sonora decreciente.	

### Intensidad Sonora

Tabla resultante después de medir las gráficas:



FIGURA 6

### Altura sonora (posibles desviaciones)

Tabla resultante después de medir las gráficas:

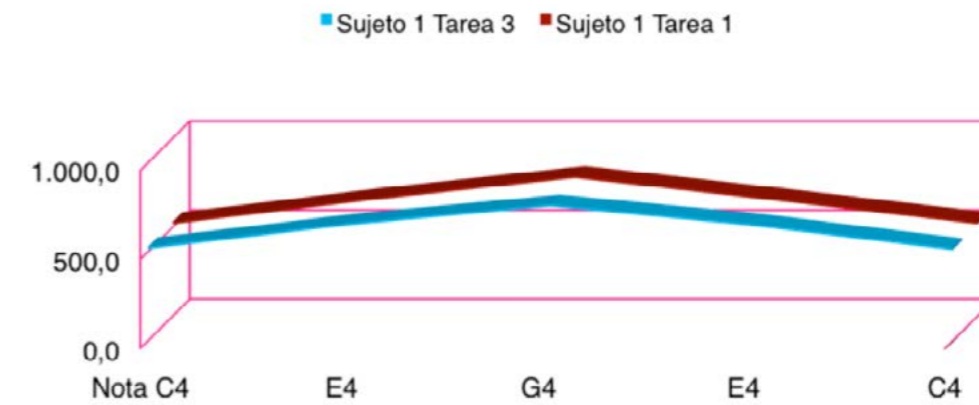


FIGURA 7

El análisis muestra de forma evidente las diferencias entre interpretaciones y nos permite entender qué ha ocurrido con los sonidos y por qué unas interpretaciones nos han conmovido y otras no. Frente a la homogeneidad sonora y de armónicos producida y manifestada en la tarea 3 frente a la uno, la gestión del ataque, rítmica, etc., incluso la dirección que toma la frase hacia la dominante generando cierta tensión en el material sonoro frente al sinsentido que se observa en la tarea 1 (para mayor abundamiento sobre este análisis dirigirse a Torrado et al 2015, en preparación). En definitiva, las diferencias acústicas son el producto de una regulación de la técnica diferente, observándose un mayor refinamiento, control y uso estratégico en aquella que nos conmueve.

### Música electroacústica, transformación en vivo y análisis espectrográfico

A modo ejemplo y sin necesidad, por ello, de entrar en el análisis, se presenta otra aplicación de este modelo de análisis. En este caso se aporta gráficas generales del resultado de la interpretación en el concierto del estreno (Teatro López de Ayala, Badajoz 2014. Cuarteto Bretón y Zulema de la Cruz, electroacústica), de todos los componentes sonoros, de la obra Cuarteto de cuerda N°3, "The Outer Limits" para cuarteto de cuerda y electroacústica mixta y transformación en vivo, dentro del marco de la Tesis doctoral de Zulema de la Cruz (De la Cruz Castillejo, E. Zulema, 2015. *Laboratorio de Investigación y Composición Electroacústica y por Ordenador (L.I.C.E.O.) del Real Conservatorio Superior de Música de Madrid (R.C.S.M.M.) aplicando el Método de Análisis Espectrográfico del Dr. Juan Medina Lloro.*

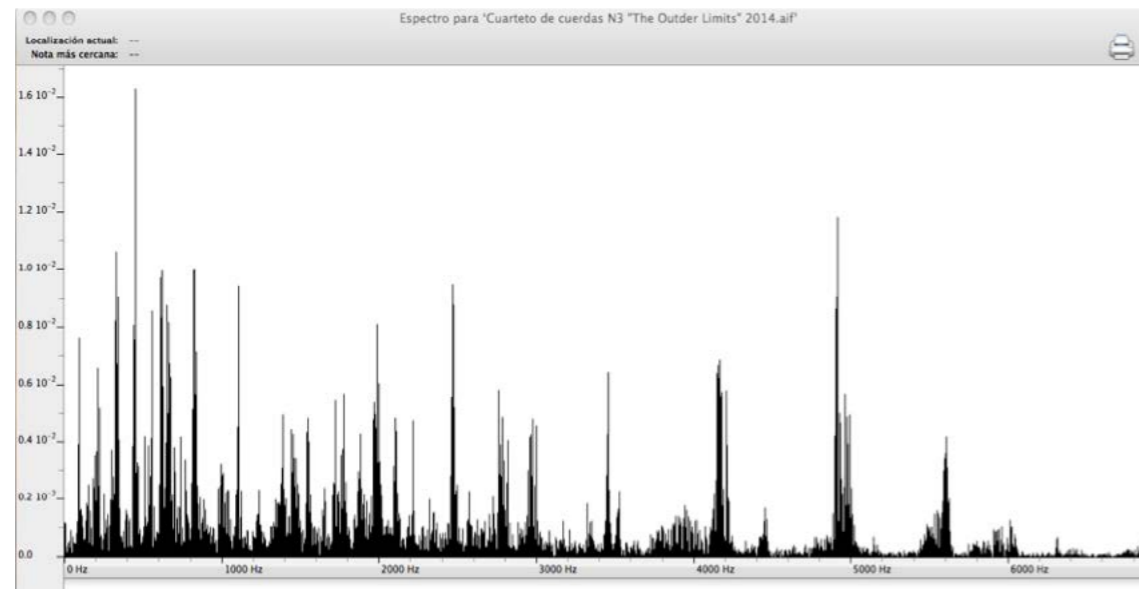


FIGURA 8

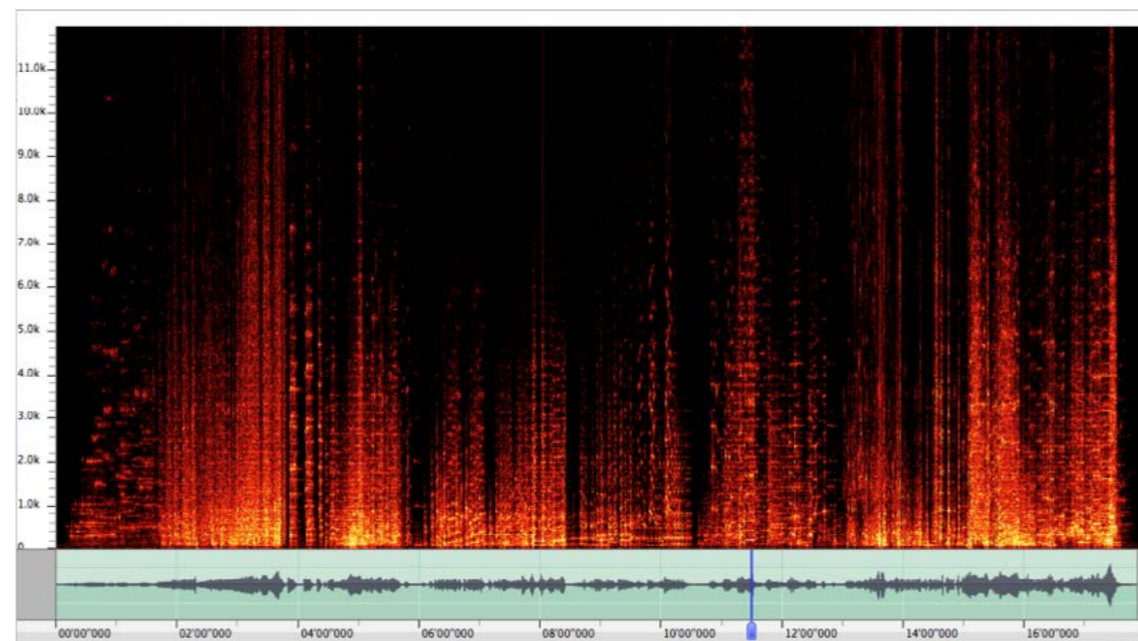


FIGURA 9

## CONCLUSIONES

Allí donde las valoraciones interjueces, el análisis sintáctico de la partitura o la opinión de oyentes eran las únicas herramientas válidas para el análisis de la obra musical y de su interpretación, el análisis espectrográfico se muestra como una herramienta potente y útil. Su propia identidad y naturaleza, el análisis del sonido, permite dar explicación y dotar de complejidad el análisis musical, hasta ahora restringido a la partitura.

## BIBLIOGRAFÍA

Bautista, A., Pérez-Echeverría, M.-P., Pozo, J. I., y Brizuela, B. M. (2009). Piano students' conceptions of musical scores as external representations: A cross-sectional study. *Journal of Research in Music Education*, 57(3), 181–202. doi:10.1177/0022429409343072

Bhatara, A., Tirovolas, A. K., Duan, L. M., Levy, B., y Levitin, D. J. (2011). Perception of emotional expression in musical performance. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 37(3), 921–34. doi:10.1037/a0021922

Brech, Martha: *Analyse elektroakustischer musik mit hilfe von sonagrammen*. Peter Lang, 1994.

Cádiz, Rodrigo: *Introducción a la música computacional*. Universidad Católica de Chile, 2008. <http://www.rodrihocadiz.com/imc/html/index.html>

Camilleri, Lelio: *Electro-acoustic music: analysis and listening processes*. 2005. <http://ringeve.com/category/electro-acoustic/camirelli>

Cruz, E. Z. de la (2006): Cruz, E. Zulema de la. "La Composición Electroacústica en el Real Conservatorio Superior de Música de Madrid: Su estado actual". *Trabajo de Investigación del Diploma de Estudios Avanzados, Universidad SEK de Segovia 2006*. Programa de Doctorado "Cultura y Comunicación para la Sociedad de la Información".

Cruz, Z. de la (1995): Cruz, Zulema de la. "Música, Matemáticas e Informática". *Música y Estadística, 1945-1995. 50 aniversario de la creación del Instituto Nacional de Estadística*. José Aranda Aznar, "dir". Madrid: Instituto Nacional de Estadística, 1995.

Cruz, Z. de la (2002): Cruz, Zulema de la. "Música Electroacústica e Informática Musical: un presente con historia". *CREA, Comunicación Regular para Editores y Autores*. Autores en la Red. N°12 Año V "2002": 12-17.

Delalande, François: *Dalla nota al suono. La seconda rivoluzione tecnologica della musica*. Franco Angeli, Milán, 2011.

Delalande, François: *Le son des musiques: entre technologie et esthétique*. Buchet-Chastel, 2001.

Folssmann, S. Goebel, W. Widmer, G: Investigations of between-hand synchronization in Magaloff's Chopin. *Computer Music Journal*, 2010.

Gutiérrez, Julio César A.: *Estadística general aplicada*. Fondo Editorial Universidad, Medellín, 2007.

Juslin, P. N., y Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: the need to consider underlying mechanisms. *The Behavioral and Brain Sciences*, 31(5), 559–75; discussion 575–621. doi:10.1017/S0140525X08005293

Koffka, Kurt: *Principles of Gestalt Psychology*. Harcourt, Brace, Nueva York, 1935.

Köler, Wolfgang: *Introduction to Gestalt Psychology*. New American Library, 1959.

Lachenmann, Helmut: *Musik als existentielle Erfahrung*. Breitkopf & Härtel, 1996.

Lauritzen, Steffen L.: *Graphical Models*. Clarendon Press, Oxford, UK, 1996.

Minassian, C., Gayford, C., y Sloboda, J. (2003). Optimal experience in musical performance: a survey of young musicians. In *Society for Education, Music and Psychology Research*. London.

Roads, Curtis: *The Computer Music Tutorial*. MIT Press, Boston, 1996.

Román, Alejandro: *El Lenguaje Musivisual*. Visión Libros, Madrid, 2008.

Schaeffer, Pierre: *¿Qué es la música concreta?*. Trad. Elena Lerner. Ediciones Nueva Visión, 1959.

Schaeffer, Pierre: *Traité des objets musicaux*. Éditions du Seuil, 1966.

Supper, M. (2004): Supper, Martin. "Música electrónica y música con ordenador". Título original: "*Electroacustiche Musik und Computer Musik*". Traducción Alex Arteaga 2004. Alianza editorial. Madrid 2004.

Torrado et al (2015, en preparación)

Torrado, J. A.; Lecuona, O.; Braga M.; Marín, C. y Pozo, J. I. (2014) *Repensando la enseñanza de la música instrumental: de la producción de sonidos a la gestión de emociones*. Barcelona: III Congreso de Educación e Investigación Musical (CEIMUS)