

DEPARTAMENTO DE HISTORIA DEL ARTE Y FILOSOFÍA

FACULTAD DE HUMANIDADES, UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

TÍTULO:
**El violonchelo en la música
contemporánea: un estudio de
musicología carnal**

AUTOR: Almudena González Brito

DIRECTORES:

Dr. Pompeyo Pérez Díaz Dpto. de Historia del Arte y Filosofía, ULL

Dr. Julián González González, Dpto. de Ciencias Médicas Básicas (Fisiología), ULL

AÑO 2015

Como directores de la tesis doctoral de Dña. Almudena González Brito D.N.I. 43815060Z, titulada *El violonchelo en la música contemporánea: un estudio de la musicología carnal*, hacemos constar que la misma ha sido realizada según el plan de trabajo que establecimos, con rigor y dedicación y que se han alcanzado los objetivos previstos.

El trabajo llevado a cabo cumple los requisitos científicos y académicos exigibles en una tesis doctoral, es original y aporta nuevos contenidos al tema estudiado, por lo cual confirmamos que procede su defensa ante el tribunal correspondiente.

Por todo ello, y para que surta los efectos oportunos emitimos el presente informe favorable.

En La Laguna, 23 de Noviembre de 2015.

Firmado: Dr. Pompeyo Pérez Díaz

Profesor Titular del Departamento de Historia del Arte y Filosofía

Universidad de La Laguna

Firmado: Julián Jesús González González

Catedrático del Departamento de Ciencias Médicas Básicas (U. Fisiología)

Universidad de La laguna

Agradecimientos

A Pompeyo Pérez Díaz, por dirigir esta Tesis, por su ideas y entusiasmo, por el tiempo dedicado y la libertad que me ha otorgado en la elaboración de este trabajo.

A Julián González, quien además de la función parental sobradamente cumplida, a codirigido esta Tesis y me ha enseñado a utilizar la técnica de electroencefalografía, sin su tiempo y dedicación no habría sido posible.

A Manuel, quien además de participar dedicándome su tiempo e ideas en este trabajo, me ha apoyado en todo momento. A Mateo, siempre conmigo en esta Tesis, dentro ya me ayudabas y ahora lo sigues haciendo.

A mi madre por sus ideas, apoyo y energía, también por escucharme y aconsejarme.

A mis compañeros violonchelistas: M^a José, Jose Enrique, Ciro, Paula, Catalina, Jordi, Jaume y Tania., quienes participaron altruistamente en este trabajo dedicando su tiempo y energía, vuestra colaboración es inestimable.

A Cristián, por el tiempo dedicado a revisar las imágenes y a enseñarme a procesar los datos de la resonancia.

Al Servicio de Resonancia Magnética para Investigaciones Biomédicas del SEGAI de la ULL.

A mis niñas, Isa, María y Pili, por vuestra amistad y consejos.

Tabla de contenidos

Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas	viii
Glosario	ix
I. Introducción y Objetivos.....	1
II. Enfoque Musicológico	
1. Introducción.....	1
2. Estado de la cuestión	1
3. Metodología.....	57
4. Capítulo I: Obras analizadas.....	15
<i>Four Short Studies for cello solo</i> (1972) B.A. Zimmermann	17
<i>Ten Preludes for cello solo</i> (1979) S. Gubaidulina	26
<i>Sieben Etüden für violoncello solo</i> (1993) I. Yun	37
5. Capítulo II: Obras analizadas	12
<i>Que cet ardent sanglot</i> (1980) F. Ibarrondo	51
<i>Ofrenda</i> (1982) L. De Pablo.....	57
<i>De Amore</i> (1995) M. Sotelo	62
<i>Deploratio</i> (1997) J.M. Sánchez-Verdú	73
<i>Partita Piatti</i> (1999) T. Marco	79
<i>Tytlak para violoncello solo</i> (2007) L.Vega.....	83
<i>Chelo Prieto y Lachrymae</i> (2006) T. Marco	86
<i>Tres Soliloquis</i> (2007) J.Homs.....	90
<i>Quasi una sonata</i> (2011) T. Bech.....	95

<i>Ausencia de Ángel</i> (2011) E. Muñoz	97
<i>Spell</i> (2014) V. García.....	100
Conclusiones	108
III. Enfoque Neurofisiológico	
Introducción: Sonidos y cerebro	111
Estado actual fMRI.....	119
Estado actual EEG.....	137
Materiales y Métodos	144
Resultados fMRI.....	175
Resultados EEG.....	198
Discusión	204
Conclusiones.....	215
Bibliografía	218
Anexo I.....	234

❖ Índice de figuras

Enfoque Musicológico

▪ Capítulo I

Figura 1: Escala ascendente del Concierto para Violonchelo y orquesta, F. Haydn.....	15
Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10: ejemplos de los Estudios de B.A. Zimmermann...	17- 24
Figuras: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23 y 24: ejemplos de los Preludios de S. Gubaidulina.....	26-35
Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32: ejemplos de los Estudios de I. Yun.....	37- 41

▪ Capítulo II

Figuras 1,2,3,4,5 y 6: ejemplos de <i>Que cet ardenet sanglot</i> de F. Ibarrondo.....	52-56
Figuras 7,8 y 9: ejemplos de <i>Ofrenda</i> de Luis de Pablo.....	58-60
Figuras 10: ejemplo tipos de pizzicato.....	60
Figuras 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,24 y 25: ejemplos <i>De Amore</i> de M.Sotelo.....	62-70
Figuras 14: ejemplo realización microtono en primera posición.....	64
Figuras 26, 27, 28, 29, 30 y 31: ejemplo <i>Deploratio</i> , J.M. Sanchez-Verdú.....	73-78
Figuras 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38: ejemplo de <i>Partita Piatti</i> , T.Marco.....	79-82
Figuras 39, 40, 41 y 42: ejemplo de Tylak, L.Vega.....	83-85
Figuras 43, 44, 45, 46 y 47: ejemplo de Chelo Prieto y <i>Lachrymae</i>	86-88
Figuras 48, 49, 50, 51, 52 y 53: ejemplo de <i>Soliloquis</i> , J.Homs.....	90-94
Figuras 54, 55 y 56: ejemplo de <i>Quasi una Sonata</i> , T.Bech.....	95-96
Figuras 57, 58, 59 y 60: ejemplo de <i>Ausencia de Ángel</i> , E.Muñoz.....	97-99
Figuras 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70 y 71: ejemplo de <i>Spell</i> , V.García.....	100-106
Figuras 63: ejemplo de clavija mecánica para violonchelo.....	102

❖ Índice de tablas

Tabla1: Técnicas instrumentales B.A. Zimmermann, <i>Four Short Studies</i>	44
Tabla 2: Técnicas instrumentales S. Gubaidulina, <i>Ten Preludes</i>	45
Tabla 3: Técnicas instrumentales I. Yun, <i>Sieben Etüden</i>	46
Tabla A: Obras seleccionadas españolas compuestas en el lenguaje y técnicas de la música contemporánea.....	50

Enfoque Neurofisiológico

❖ Índice de figuras

Figura 1 a Figura 13: Introducción y Estado actual:.....	111-135
Figura 14 a Figura 21: Materiales y Métodos: fMRI y EEG:.....	145-171
Figura 22 a Figura 23: Resultados fMRI, áreas de Brodmann	184-185
Figura 23 a Figura 24: Resultados fMRI, áreas de Brodmann	196-197
Figura 26 a Figura 31: Resultados conectividad funcional EEG....	199-203

❖ Índice de tablas

Tabla S. Materiales y Métodos: Sujetos de estudio	
Tabla 1A a 1D: Resultados globales fMRI Interpretación.....	175
Tabla 2A a 2H: Resultados contrastes 1.....	177
Tabla 3A a 3D: Resultados contrastes 2.....	182
Tabla 4: Resultados número de vóxeles en interpretación.....	184
Tabla 5A a 5D: Resultados globales fMRI en imaginación.....	186
Tabla 6A a 6E: Resultados contrastes 1.....	188
Tabla 7A a 7H: Resultados contrastes 2.....	191
Tabla 8A a 8B: Resultados número de vóxeles en imaginación.....	195

❖ Glosario

- **Cinestesia:** es la rama de la ciencia que estudia el movimiento humano. Se puede percibir en el esquema corporal, el equilibrio, el espacio y el tiempo. Proviene del griego κίνησης /kínēsis/, ‘movimiento’, y αἴσθησις /aísthēsis/, ‘sensación’; es decir, etimológicamente, “sensación o percepción del movimiento” es el nombre de las sensaciones nacidas de la lógica sensorial que se transmiten continuamente desde todos los puntos del cuerpo al centro nervioso de las aferencias sensorias. Abarca dos tipos de sensibilidad: la sensibilidad propiamente visceral “interoceptiva” y la sensibilidad “propioceptiva” o postural, cuyo asiento periférico está situado en las articulaciones y los músculos (fuentes de sensaciones kinestésicas) y cuya función consiste en regular el equilibrio y las sinergias (las acciones voluntarias coordinadas) necesarias para llevar a cabo cualquier desplazamiento del cuerpo. En medicina y psicología esta palabra alude a la sensación que un individuo tiene de su cuerpo y, en especial, de los movimientos que éste realiza; sensación principalmente facilitada por los propioceptores; por ejemplo, los ubicados en la cóclea del oído interno, y la percepción de la movilidad muscular.
- **Naturalidad interpretativa (natural):** relación tradicional del cuerpo con el instrumento basada en la armonía corporal (cinestesia)
- **Tradicional:**
 - **Relación tradicional violonchelista-violonchelo:** aquella que se estudia en el aprendizaje tradicional del violonchelo y que trata de buscar un equilibrio perfecto entre el violonchelista y el instrumento mediante la búsqueda de la belleza sonora. Se basa en conocimientos adquiridos mediante la técnica tradicional.
 - **Técnica tradicional del violonchelo:** conjunto de instrucciones sobre la manera/forma de tocar el violonchelo basado en los métodos, estudios y obras compuestas en *mainstream* para el instrumento a lo largo de la historia.

- Técnica extendida violonchelo: aquella técnica que analiza y resuelve las dificultades técnicas de la ejecución de la nueva música o música contemporánea.
- *Mainstream*: manera/forma de interpretar con el mismo modelo técnico diferentes estilos musicales. Los modelos técnicos desde los que parte el violonchelista común resultan la base para la interpretación de todos estos estilos y la mayoría de los instrumentistas no tocan “en estilo”.
- Tocar en estilo: manera/forma o modo de interpretar con el modelo técnico ajustado a la época un determinado estilo musicales.
- Violonchelo a solo: repertorio para violonchelo compuesto para este instrumento sin acompañamiento.
- Imaginería musical: concepto que difiere de “iconografía” en Historia del arte. Se refiere en el presente trabajo a la imaginación de la interpretación musical de una obra musical por un sujeto.

RESUMEN

Esta Tesis estudia el papel del violonchelo en el contexto de la música contemporánea. Se analiza la percepción del violonchelista desde dos enfoques, el musicológico, donde se estudian técnicas y estilo en la música contemporánea y el neurofisiológico, donde se estudia de manera experimental la interpretación violonchelística de música contemporánea en comparación con otro estilo musical.

ABSTRACT

This Tesis studies the role of the cello in the context of contemporary music. Cellist perception is analyzed from two perspectives, musicological, where techniques and style in contemporary music are studied, and neurophysiological, where is studied experimentally the interpretation of contemporary music in comparison with other musical style.

❖ Introducción general

El presente trabajo abarca el estudio del violonchelo en el contexto de la música contemporánea, es decir, estudia el papel del violonchelo y el violonchelista en la interpretación de la nueva música. La llegada de la música contemporánea produce el desarrollo de nuevas técnicas para la interpretación del violonchelo, es por ello que este trabajo abarca el análisis de los modelos técnicos involucrados en la interpretación del mismo en la música contemporánea desde 1970. Además este trabajo está dividido en dos partes, la primera musicológica donde se estudia el papel del violonchelo -técnicas y estilo- en la música contemporánea y la segunda neurofisiológica, donde se estudia de manera experimental el papel del violonchelista en la interpretación de música contemporánea en comparación con otro estilo musical.

- Objetivo general.

El objetivo principal del trabajo estriba en establecer si cuando el violonchelista interpreta música nueva o contemporánea experimenta una percepción distinta que cuando interpreta música de otros estilos musicales anteriores a 1970, mediante el análisis de las técnicas utilizadas. Con este fin desarrollaremos nuestro estudio desde dos enfoques o aproximaciones:

1. Musicológico, a través del cual realizaremos un análisis de la incidencia en la percepción del instrumentista especialista a través del estudio de las técnicas, el estilo y la interpretación de la nueva música.
2. Neurofisiológico, en la que analizaremos comparativamente la percepción cerebral de la interpretación e imaginación musical en el estilo/técnica tradicional y el contemporáneo.

En este estudio hemos partido desde la perspectiva del intérprete en la interpretación – práctica- referido nuestra hipótesis de trabajo la cual es: *Un cambio de percepción en la cinestesia, estilo, e idea musical del intérprete violonchelo en la música contemporánea*. En línea con nuestra hipótesis de analizar desde la perspectiva del intérprete y su perspectiva corporal en la interpretación, se encuentra la línea de investigación sobre la que se asienta nuestro estudio: la musicología carnal. Debemos recordar que, en este contexto, cuando

hablamos de percepción, nos estamos refiriendo a la acción de recibir, interpretar y comprender a través de la psique, las señales sensoriales que vienen de los distintos sentidos en el curso de la interpretación musical. Trataremos más ampliamente en el apartado de los estudios neurofisiológicos/cognitivos la percepción en dicho contexto.

- Objetivos concretos
 - Analizar de forma técnico instrumental y desde la perspectiva dinámica/cinestésica del intérprete las obras seleccionadas de los siguientes compositores: Bernd Alois Zimmermann (1918-1970), Isang Yun (1917-1995) y Sofia Gubaidulina (1931), atendiendo a las nuevas características de la música contemporánea.
 - Analizar de forma técnico instrumental desde la perspectiva del intérprete en cuanto a su dinámica corporal (cinestesia), las obras españolas seleccionadas y compuestas en lenguaje contemporáneo durante el siglo XX. Atendiendo específicamente a características de la música contemporánea.
 - Establecer diferencias entre el modelo técnico tradicional del violonchelo y la técnica denominada “extendida”.
 - Establecer diferencias entre el modelo estilístico tradicional del violonchelo y los nuevos modelos.
 - Establecer las posibles diferencias de cinestesia del violonchelista entre los estilos contemporáneo y barroco.

En el enfoque musicológico realizamos un análisis práctico y reflexivo de la interpretación de la música contemporánea y sus técnicas, según la perspectiva del intérprete, teniendo en cuenta la dinámica corporal del mismo. Hemos de mencionar que existe un modelo técnico basado en la nueva música, la denominada “técnica extendida del violonchelo”, que se refiere a aquellas características técnicas propias de la música contemporánea. Sin embargo, no es una metodología propiamente sino un concepto que engloba y se transforma de manera continua para incorporar soluciones técnicas a los nuevos conceptos. Todo ello sin que tengan que desaparecer los correspondientes a la técnica tradicional del violonchelo.

En el enfoque neurofisiológico analizaremos si la utilización de los nuevos modelos técnicos en la interpretación se refleja a nivel cerebral de forma distinta a los modelos técnicos tradicionales. Para ello, utilizaremos modernas técnicas experimentales de análisis de la

conectividad funcional cerebral aplicadas a las imágenes obtenidas por medio de resonancia magnética nuclear y a la actividad eléctrica del córtex cerebral (electroencefalografía) durante la interpretación del violonchelo.

❖ Enfoque Musicológico

1. Introducción

En la segunda mitad del siglo XX la música escrita para violonchelo comienza a presentar características de un nuevo lenguaje. La utilización de recursos técnicos que no se manejaban con frecuencia hasta entonces en el repertorio aunque eran ya conocidos, como por ejemplo: *sul ponticello*, *al tasto* o *pizzicato* de mano izquierda; y la incursión de otros de nueva creación como por ejemplo: *sobrepresión* o multifónicos, desarrollarán nuevas técnicas de ejecución y dinámica corporal que difieren de las de principios del siglo XX. De los nuevos recursos técnicos y sonoros que aparecen algunos son desarrollo de los anteriores, como el uso de diferentes tipos de pizzicatos o armónicos, y otros son completamente nuevos como la ya nombrada *sobrepresión*. Si bien en el repertorio contemporáneo interactúan entre ellos, esto va a producir un desarrollo de la técnica del instrumento desde mitad del siglo XX. Esto quiere decir que por una parte la técnica tradicional, la cual es modelo para el violonchelista y ha aprendido durante su formación, es la base desde la cual parte el instrumentista. Y por otra parte, cuando ésta base no puede resolver las cuestiones técnicas referentes a la realización de los nuevos recursos, el instrumentista buscará soluciones mediante nuevas técnicas. Dichos modelos con función para resolver las características propias del lenguaje contemporánea son lo que se denomina: técnica “extendida” del violonchelo, que hemos referido anteriormente (ver glosario). Es por ello que con el uso de nuevos modelos técnicos se va a producir un cambio de la dinámica corporal del violonchelista, desde la colocación del arco -mano derecha- hasta la presión de los dedos sobre el batidor -mano izquierda-. En un principio, en las décadas de los 60 y 70, el violonchelista abordaba el repertorio escrito en el nuevo lenguaje sin una metodología definida, el desarrollo de las nuevas técnicas se producían gracias a la experimentación de los instrumentistas y su intuición sobre el resultado sonoro. Es entonces cuando algunos compositores escribieron obras con carácter pedagógico dedicadas a la nuevas técnicas con el fin de facilitar el estudio de las mismas. Un ejemplo de ello es la primera obra que analizaremos, nos referimos a *Four Short Studies for Cello Solo* (1970) del compositor B. A. Zimmermann (1918-1970) . Este compositor había escrito anteriormente varias obras para violonchelo como su *Sonata para violonchelo solo* (1960) e *Intercomunicazione para violonchelo y piano* (1967), conocía las dificultades del violonchelista para enfrentarse técnicamente a sus obras ya que en ellas se presentaban una

gran cantidad de nuevas características y elementos técnicos. Así, los nuevos recursos sonoros, efectos, etc., resultaban tan diferentes a los tradicionales y ya conocidos por el interprete que el compositor compuso posteriormente los cuatro estudios ya referidos, con el fin de establecer unos patrones técnicos para su estudio. La segunda obra que analizaremos es *10 Preludes* de S. Gubaidulina (1979). En los *Preludes*, S. Gubaidulina (1931) realiza un estudio sobre nuevas características sonoras que va a incluir en su repertorio para el violonchelo, esta compositora también muestra una sensibilidad hacia el instrumento para el que escribe numerosas piezas en el nuevo lenguaje además de la obra analizada en este trabajo. Por tanto, en la década de los 70 del siglo pasado aparecen dos composiciones, ambas para violonchelo solo en lenguaje contemporáneo y con la intención pedagógica de mejorar el aprendizaje del nuevo lenguaje. No encontramos otras obras con contenido pedagógico hasta la década de los 90 aunque sí numeroso repertorio para el instrumento. Si bien durante las dos décadas de diferencia temporal aparecieron nuevos recursos sonoros que se iban incorporando al nuevo lenguaje, es en 1993 cuando encontramos un caso similar a los dos anteriores. Otro compositor se une a la escritura para *violonchelo a solo* (ver glosario) en el lenguaje contemporáneo con fin pedagógico. Nos referimos a Isang Yun (1917-1995) quién en 1993 compone *Seven Etudes for Violoncello solo*. Al igual que en los dos casos anteriores, este compositor escribe un gran repertorio para violonchelo en el lenguaje contemporáneo. En estas tres obras – Zimmermann (1970), Gubaidulina (1979) y Yun (1993)- se aborda el estudio técnico de las sonoridades del violonchelo en el lenguaje de la música contemporánea y, se describe el camino sonoro-evolutivo del instrumento hacia una nueva técnica del mismo que ha sido denominada técnica “extendida” del violonchelo. En definitiva, esta metodología que difiere de la tradicional, trata la búsqueda de soluciones técnicas a las nuevas características de la música contemporánea.

Por tanto, con la llegada del lenguaje de la música contemporánea, cambian los conceptos técnicos instrumentales y estilísticos que se manifiestan en modificaciones, entre otras, de las posiciones de mano izquierda y derecha, en la manera de pasar arco, en la posición del cuerpo, en indicaciones de estilo interpretativo, etc. Con estos cambios producidos por las nuevas características tímbricas, sonoras y de estilo de la música contemporánea, el violonchelista va a necesitar adaptarse a la misma desde dos perspectivas: la relativa al análisis técnico-estilístico y la concerniente a su percepción para con el instrumento. Es decir, mientras que la naturaleza de las respuestas humanas y los principios de la percepción del modelo técnico instrumental aprendido van a estar siempre presentes, la dinámica corporal,

esto es, la cinestesia del violonchelista para con su violonchelo va a sufrir una transformación junto con el estilo. Precisamente, en esta transformación se basa nuestra hipótesis, que podemos enunciar como: *Un cambio de percepción en la cinestesia, estilo, e idea musical del intérprete en la música contemporánea*. En esta línea, cuando hablamos de cinestesia proponemos que la interpretación de la música contemporánea cambia la relación “tradicional” (ver glosario), basada en la “naturalidad” (ver glosario) del cuerpo con el instrumento. La denominación de “naturalidad” se refiere a un concepto dentro de la musicología carnal, sobre la cual hablaremos más adelante. Con la palabra “tradicional”, queremos decir, aquella que se estudia en el aprendizaje del violonchelo y que trata de buscar un equilibrio perfecto entre el violonchelista y el instrumento mediante la búsqueda de la belleza sonora. A esto se le añade también que se basa en conocimientos anteriores, es decir, que las respuestas a problemas técnicos se encuentran en los modelos/herramientas aprendidas. Por tanto, partiendo de nuestra hipótesis debe de existir un cambio en la relación entre el modelo técnico aprendido -el tradicional- y uno nuevo que aparece con el lenguaje contemporáneo y su reflejo en la interpretación. El modelo técnico tradicional ha sufrido con el paso del tiempo algunas modificaciones (p.ej. en el Barroco la posición de mano izquierda sobre batidor era similar al del violinista, eso cambió durante el clasicismo para mejorar la movilidad a la posición actual, redonda frente al batidor). También conviene nombrar que la técnica tradicional engloba el concepto de “tocar en estilo” (ver glosario), es decir, del modo en que se ejecutaba en la época a interpretar. Un ejemplo muy claro es el del estilo Barroco, donde el violonchelista sostiene el instrumento sin pica y con un arco curvo. Los estilos que se pueden interpretar son, nombrados de manera genérica, Renacentista, Barroco, Clásico, Romántico y primera mitad del siglo XX. Existen en la actualidad escuelas de especialización donde se pueden aprender estos modelos técnicos tan precisos, sin embargo se trata de como hemos nombrado: una especialización del violonchelista no necesariamente obligatoria, ya que la mayoría de los instrumentistas ejecutan *mainstream*, es decir, interpretan con el mismo modelo diferentes estilos. Los modelos técnicos desde los que parte el violonchelista común resultan la base para la interpretación de todos estos estilos y la mayoría de los instrumentistas no tocan “en estilo” sino teniendo en cuenta los elementos característicos de los mismos como son la articulación, vibrato, etc. Todos los estilos nombrados tienen en común unos elementos que evolucionan de uno a otro, sin embargo en la música contemporánea hablamos en parte de una evolución y en parte de una ruptura, ya que los compositores buscan precisamente sonoridades y efectos de nuevo cuño. Por tanto, la técnica del violonchelo, la base de la misma, aún hoy en día sigue basándose en la tradicional pero ha aparecido la técnica

“extendida” antes mencionada. Es por ello que si bien en la música contemporánea la técnica del instrumento no supone una ruptura total con la tradicional, sí aparecen nuevos recursos sonoros, efectos, etc. Todo ello, junto con nuevas ideas interpretativas, ha generado una línea de investigación nueva y abierta. Ésta intenta no solo establecer claridad sobre las técnicas y la interpretación del violonchelo en su nueva relación corpórea con el instrumentista, sino también profundizar en la música que se está componiendo - actualmente y en los últimos años- por autores que reflejan en su obra nuevas ideas sonoras.

Este trabajo analiza desde la experiencia del instrumentista, la partitura (los elementos técnicos/estilísticos instrumentales), los conceptos relacionados con las sensaciones corpóreas para la ejecución (cinestesia) y por último la interpretación. Nos basamos en el concepto de “tocar el violonchelo” como una experiencia física dependiente por una parte del conocimiento filosófico interpretativo y por otra de la relación existente entre el intérprete y el compositor. Respecto a esta última consideración, hay que destacar que el intérprete de música contemporánea en muchas ocasiones no experimenta un intervalo de tiempo entre la composición de la obra y su posterior interpretación, algo que no ocurre con la interpretación de otros periodos históricos. Esta consideración si bien no es novedosa porque ya ha ocurrido a lo largo de la historia presenta una relación directa entre intérprete y compositor.

2. Estado de la cuestión.

La musicología ha estudiado ampliamente aspectos de la técnica instrumental relacionados con los repertorios y la percepción de los mismos, en relación con nuestro tema en concreto se ha analizado las nuevas técnicas instrumentales en la música contemporánea. En esta línea hemos encontrado los siguientes trabajos donde se han estudiado las características de la nueva música en diferentes instrumentos tales como: arpa, contrabajo, flauta y violín (Salzedo, 1921; Turetzky, 1974; Dick, 1975; Strange & Strange, 2001). Es decir, profundizan sobre la técnica contemporánea instrumental, la cual ya hemos denominado anteriormente: técnica “extendida”. En relación a lo anterior también se ha realizado un estudio sobre el compendio de técnica instrumentales contemporáneas también denominada: técnica “agrupada” (Read, 1993). Aunque no se trata de manera pormenorizada las características técnicas de cada instrumento. Volviendo al concepto de técnica “extendida” también hemos encontrado dos estudios que nos parecen importantes porque analizan cómo en la interpretación de la nueva música ha habido una tendencia a tratar la técnica instrumental

como un recurso individual de cada persona y no como una técnica global (Nonken, 2002; Rink, 2002). Es decir, analizan el cambio de la técnica tradicional hacia las nuevas técnicas desde el punto de vista experimental del intérprete individual, lo cual no permite establecer una metodología en la técnica extendida, sino un medio personal de estudio del intérprete. Si bien es verdad que el intérprete ha de buscar en muchas ocasiones, desde la práctica instrumental, la mejor solución técnica a las dificultades que se le presentan en la música contemporánea, muchas de estas habilidades y soluciones que desarrolla pueden ser tratadas de manera metodológica y no como una solución personal y momentánea. También se ha llevado a cabo, en concreto sobre nuestro objeto de estudio el violonchelo en la música contemporánea, la línea de investigación: el análisis de la técnica del violonchelo (aunque no como los manuales para otros instrumentos nombrados anteriormente). Se ha analizado la técnica de una manera más práctica, por ejemplo, con ejercicios para el desarrollo de los armónicos (Bosanquet, 1996); una característica muy frecuente e importante en los elementos sonoros de la música contemporánea. En segundo lugar se han elaborado obras con contenido pedagógico en el lenguaje contemporáneo: son composiciones que exploran diversas características o elementos técnicos que presentan nuevos modelos técnicos en el arco, pizzicato, ritmo y afinación. Como ya hemos explicado anteriormente, en los años 60 aparecen nuevas técnicas para la interpretación en composiciones originales y, unos años después, a partir de los 70, se componen obras con el fin de facilitar el estudio y la interpretación de las mismas. Dichos elementos constituyen nuevas características técnicas o desarrollan las facultades para realizarlas (los ya citados de Zimmerman (1970), Gubaidulina (1979) e Yun (1993). Estos estudios/obras están diseñados para proporcionar “la práctica” para la realización de obras contemporáneas y a diferencia de otros estudios clásicos, se compone con el fin de alcanzar las habilidades de la música contemporánea y su comprensión. En ésta aproximación, Yun (1917-1995) encontró una vía más directa que la conocida formación de patrones técnicos a través de técnicas o estudios estándar (Ko, 2008), como los conocidos estudios para chelo de David Popper (1843- 1913) y Alfredo Piatti (1822-1901). Otro trabajo también realizado sobre el violonchelo es: “un mapa del violonchelo sobre la técnica contemporánea” (Fallowfield, 2009) donde se analiza, lo ocurrido históricamente en la técnica de los instrumentos hasta llegar a la técnica “extendida”. Realiza un estudio amplio en el que se trata de establecer el “mapa” del violonchelo, es decir, donde localizar las características de la técnica instrumental contemporánea. En dicho trabajo, se estudia, en primer lugar, la técnica del instrumento, unificando los conceptos de la técnica tradicional y la “extendida”, es decir, la técnica referida y utilizada en la música contemporánea. Se propone

una técnica del violonchelo global y unificadora de conceptos y, se sugiere un método unificado y flexible, reduciendo la técnica a un número determinado de acciones, dentro de las cuales cada posible sonido modificador de la acción se considera como una escala continua. En este método, aquellas técnicas que aún no han sido descubiertas, *-técnicas futuras-*, ya que la imaginación de éstas por los compositores puede ser casi infinita, también pueden ser introducidas. Con las escalas que propone éste método, se trata de explicar que la técnica es un conjunto de acciones parametrizadas y que, dado que los parámetros de actuación son continuos, se pueden organizar en las escalas -porque tienen límites naturales- las posibilidades de una acción. Cualquier parte de la técnica que se puede asignar a la misma escala es parte del mismo parámetro de acción particular. Entonces, la metodología según Fallowfield (2009), consiste en reducir al mínimo la técnica del instrumento en acciones y desarrollo de escalas continuas de los parámetros de estas acciones, y unir acción y sonido basándose en las leyes de la acústica. El segundo proceso de la metodología relativa a la organización de la técnica, es el “mapa” de acciones instrumentales al interpretar, es decir, se utiliza la cartografía en el sentido matemático: relacionando dos conjuntos mediante la vinculación de los objetos en su interior, con ello unifica las acciones posibles en el violonchelo y los sonidos que puede producir con los acciones y sonidos propios del instrumento. Sin embargo, este trabajo/metodología de Fallowfield (2009), no trata la cinestesia –dinámica corporal- del violonchelista sino que estudia al instrumentista desde una perspectiva global y unificadora.

En resumen los estudios anteriores tratan el violonchelo desde una perspectiva global e unificadora. Si bien estudian el violonchelo en el contexto de la música contemporánea no analizan la perspectiva del instrumentista en la interpretación de la nueva música, los nuevos parámetros con los se enfrenta.

➤ **La musicología carnal.**

En 2006 Elisabeth Le Guin presenta un trabajo de musicología que denomina “carnal” (en el sentido corporal), en el que abre una nueva línea de investigación basada en la cinestesia del violonchelista desde la percepción del intérprete. Le Guin, violonchelista profesional y musicóloga, es miembro fundador de la *Baroque Philharmonia Baroque Orchestra* y del *Artaria String Quartet*. Desde 1997 imparte clases en UCLA Herb Alpert escuela de música en el departamento de Musicología. Su trabajo sobre la musicología carnal constituye el inicio de una visión sobre la corporeidad del instrumentista realizado en la música del compositor

del siglo XVIII Luigi Boccherini. Dicha línea de investigación trata la relación recíproca existente entre el intérprete y el compositor y, como consecuencia de ello la percepción del instrumentista, es decir, explora los elementos sensitivos corporales utilizados por el instrumentista para la interpretación, y su relación con el compositor mediante la partitura. El compositor objeto del estudio (Boccherini), además de intérprete del violonchelo, compuso gran cantidad de obras para su instrumento en música de cámara y en orquesta. Se han estudiado sus obras para violonchelo que componen un amplio repertorio, compuesto por: sonatas, cuartetos, quintetos, etc. En línea con la idea de análisis de musicología carnal, Le Guin (2006) realiza un estudio desde la perspectiva del intérprete, que además de ser histórico, contiene una vertiente *técnica - instrumental* y otra *filosófica*. Sobre la parte técnico-instrumental, es decir, la experiencia física del instrumentista (cinestesia) en la ejecución e interpretación de las obras, analiza, por ejemplo, las variaciones de posición con el instrumento, el peso, la presión o la fricción del arco y distribución muscular (de las partes del cuerpo involucradas: tórax, cabeza, brazo, codo, antebrazo, mano, dedos, etc.). Es decir, aquellas características técnicas que se aplican el concepto de cinestesia y se refieren a las *sensaciones básicas* o fundamentales del instrumentista durante la ejecución/manipulación del instrumento. Según Le Guin (2006), si se entiende el concepto de “tocar el violonchelo” como una experiencia física, resulta unida recíprocamente a una parte de conocimiento filosófico interpretativo. Esta segunda vertiente (filosófica) de la investigación que se ha llevado a cabo estudia la relación conceptual entre los compositores y los filósofos contemporáneos a los mismos. Un ejemplo es el que contrasta a Boccherini con filósofos tales como Diderot o Gasparo Angiolini quienes tenían en sus obras trataron el concepto del arte. En nuestro trabajo, seguiremos línea de investigación de Le Guin (2006), así realizaremos el trabajo desde la perspectiva del intérprete especialista de violonchelo y también analizaremos las características de la nueva música según la línea de investigación de dicha musicología carnal, es decir, aquellos elementos que estén relacionados con la cinestesia del violonchelista en la interpretación de autores de música contemporánea. Otro trabajo en relación con el anterior expuesto sobre la musicología carnal, es decir, de la dinámica corporal; es el trabajo de Gardner (2003), donde realiza un modelo sobre las inteligencias múltiples en relación con el talento. Cuando habla de talento, Gardner se refiere a el perfeccionamiento de habilidades físicas o manipulación de instrumentos; por lo tanto, se refiere a artesanos, músicos, bailarines, etc. Su teoría entiende que si la inteligencia se establece como medida de coeficiente intelectual así debe de entenderse también en el talento. En su teoría postula que el talento musical es también un modelo de inteligencia. Gardner expone en su trabajo que dicha

habilidad tiene relación directa con la inteligencia corporal cinestésica, es decir, aquella capaz de unir cuerpo y mente para lograr el perfeccionamiento del desempeño físico. Nosotros entendemos que nuestro estudio parte desde esta perspectiva, la de la habilidad especializada en el arte de tocar el violonchelo. El análisis que realizaremos tiene como origen la perspectiva de la habilidad especializada, la del violonchelista profesional que después de años de profesión ha desarrollado el modelo de inteligencia que Gardner propone relacionado con el talento.

La realización de éste trabajo en lo que respecta al violonchelo atiende a diferentes vacíos/huecos, de estudios, de literatura, de manuales técnicos o generalistas, que se han generado y no han sido cubiertos con la irrupción de la música contemporánea. Atendiendo a los cambios estructurales creados con la nueva música - forma de la interpretación, técnicas, estilo, etc., tan rompedores con lo tradicional, parece necesario establecer un punto de vista desde la interpretación que llene ese vacío. Existe pocos trabajos que traten la comprensión y análisis de la interpretación, que abarquen el punto de vista del interprete (entre ellos solos los citados de Fallowfield (2009) y Le Guin (2006)). No existe mucha literatura que trate este cambio desde la perspectiva del músico, casi todos los trabajos tratan la música en sí, los compositores, los hechos históricos, etc. Existe pues, un vacío sobre la percepción técnica e interpretativa del violonchelista actual en la nueva música. Tampoco se encuentran trabajos publicados hasta los años 90 sobre características sonoras y técnicas del violonchelo en la música contemporánea. No existe un método global de técnica extendida del violonchelo ya que se cree en general que las nuevas corrientes que introducen nuevas características sonoras y por tanto nuevas maneras de producirlas mediante la interpretación, parten de la técnica tradicional del mismo. Nosotros pretendemos establecer las bases de la cinestesia del violonchelista en el estilo contemporáneo con el fin de liberar la interpretación de la nueva música del lastre de lo tradicional y establecer nuevos modelos técnicos e interpretativos.

3. Metodología.

Tal y como ya hemos mencionado anteriormente en la introducción, el presente trabajo lo dividiremos en dos partes: musicológico y neurofisiológico. En esta parte comentaremos el musicológico.

➤ **Criterio de búsqueda y materiales.**

Como punto de partida comenzamos la búsqueda de material siguiendo el siguiente criterio: encontrar obras escritas en el lenguaje contemporáneo y con contenido pedagógico, es decir, estudios para violonchelo, métodos u otros. Siguiendo este criterio, encontramos tres obras, que abajo referiremos, de ámbito internacional. Con el fin de ampliar nuestro estudio establecimos un segundo criterio de búsqueda, partiendo de la fecha de la primera obra encontrada con contenido pedagógico en el lenguaje de la música contemporánea, buscamos y recopilamos obras compuestas por compositores españoles desde 1970. En primer lugar, hemos querido centrarnos en el ámbito geográfico nacional porque no existen estudios previos sobre la música para violonchelo solo, y su desarrollo hasta hoy en día en España. Obramos de esta manera, con el ánimo de recopilar y estudiar un repertorio en ocasiones olvidado o poco conocido, ya que el mismo no es tan comúnmente interpretado con asiduidad en grandes salas de concierto. Algunas de estas obras sin embargo, sí son conocidas por el público en general y no solo por especialistas de violonchelo. De la búsqueda con los criterios anteriores, hemos encontrado 13 obras, utilizando las siguientes fuentes:

- SGAE
- Editoriales musicales
- Programas de concierto de festivales, etc.
- Contacto directo con compositores

Las 13 obras encontradas no son un catálogo, y por tanto nuestra recopilación no significa que existan más piezas que no hemos incluido, lo cual seguramente es posible, pero este estudio no trata de catalogarlas, solo de buscar en ellas nuevos conceptos y características del nuevo lenguaje de la música contemporánea. Una vez recopilamos el material, procedimos a realizar los dos estudios y un resumen y enumeración de los efectos y características más comunes de la nueva música. A continuación comentaremos los procedimientos de los estudios realizados.

➤ **Descripción del procedimiento.**

1) En primer lugar se llevó a cabo un estudio práctico, es decir, se estudió e interpretó las obras objeto de nuestro estudio:

- B. A. Zimmermann (1970) *Four Short Studies for Cello Solo*; S. Gubaidulina (1974) *10 Preludes*; Isang Yun (1993) *Seven Etudes for Violoncello solo*.
- Obras españolas para violonchelo solo compuestas desde 1970 (ver en la siguiente tabla).

Título	Año	Duración	Compositor
<i>Suite en Re menor Homenaje a Pau Casals</i>	1973	15'	Enric Casals
<i>Sollievo</i>	1973	3'	J.V. Bàguena i Soler
<i>Que cet ardent sanglot</i>	1980	9'50''	Félix Ibarrondo
<i>Ofrenda</i>	1982	18'	Luis de Pablo
<i>De Amore</i>	1995	11'	Mauricio Sotelo
<i>Deploratio</i>	1997	6'	Jose M. Sánchez-Verdú
<i>Partita Piatti</i>	1999	20'	Tomás Marco
<i>Tytlak</i>	2001	5'	Laura Vega
<i>Cello Prieto</i>	2006	7'	Tomás Marco
<i>Tres soliloquis</i>	2007	18'	Joaquim Homs
<i>Quasi una sonata</i>	2011	18'	Taberna Bech
<i>Ausencia de Ángel</i>	2011	7'	Enrique Muñoz
<i>Spell</i>	2014	10'	Voro García

Dicho estudio se realizó bajo la percepción del instrumentista al analizar la partitura, estudiarla e interpretarla. Se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Elementos técnicos instrumentales: estudio e interpretación de nuevos conceptos no incluidos en la técnica tradicional de violonchelo. Estudio sobre su ejecución desde el punto de vista de la técnica tradicional o nuevos modelos.
- Conceptos técnicos y estilísticos relacionados con las sensaciones corpóreas para la ejecución de las obras: análisis de la dinámica corporal en el estudio e interpretación de nuevos factores tanto técnicos como de estilo.

- La información subjetiva recabada por el intérprete según sus sensaciones al interpretar el repertorio estudiado.

A este análisis práctico se le sumó una reflexión analítica para profundizar en los modelos de percepción tradicionales y su desarrollo en la música contemporánea a través de las sensaciones corpóreas, técnicas e interpretación del instrumentista en la nueva música.

2) En segundo lugar, hemos realizado una breve enumeración y posterior explicación de los elementos más comunes encontrados en las piezas estudiadas junto con aquellos que ya son ampliamente conocidos en la literatura para violonchelo.

3) En tercer lugar, hemos aplicado los elementos más característicos extraídos del trabajo realizado en los análisis anteriores sobre todo aquellos con mayor relación con la dinámica corporal. Con estos elementos hemos compuesto una pieza musical cuyas características exponemos a continuación.

- ✓ Método de elaboración de la pieza *Sincro I*: según veremos más adelante en este trabajo, nuestra aproximación experimental neurofisiológica trata de observar si existe diferencias entre estilos musicales desde un punto de vista de las sensaciones fisiológicas y psicológicas. Para la realización de este estudio que más tarde detallaremos, seleccionamos como estilo Barroco la Zarabanda de la II Suite para violonchelo solo de J. S. Bach. Con el fin de elaborar nuestra pieza musical partimos de esta misma pieza, la Zarabanda, y la alteramos añadiéndole los elementos a los que nos hemos referido anteriormente. Por supuesto, dicha composición no presenta todos ellos ya que su duración es de 26 segundos, pero sí utiliza algunos de los más importantes y aquellos más relacionados con la dinámica corporal. Como profesional del violonchelo, la elaboración de esta pieza se llevó a cabo de una manera práctica, es decir, interpretando repetidamente la pieza y en cada caso probando sus efectos sonoros y dinámica corporal y estilo. Hemos de añadir que su composición además de ser una suma de recursos también se realizó junto con cierta dosis de inspiración. Dado que ello no es objetivable no podemos realizar una valoración artística ya que no nos corresponde.

4. Capítulo I: análisis y discusión de los Estudios y Preludios para violonchelo solo compuestos después de 1970.

Este capítulo analiza tres composiciones de contenido pedagógico escritas en lo que hemos denominado el lenguaje contemporáneo posterior a 1970:

- Cuatro Estudios para violonchelo solo (1972) de B.A. Zimmermann.
- Diez Preludios para violonchelo solo (1979) de S. Gubaidulina.
- Siete Estudios para violonchelo solo (1993) de I. Yun.

Estas tres piezas tienen un marcado contexto pedagógico y abarcan el nuevo lenguaje sonoro de la música contemporánea con el fin de buscar soluciones técnicas a los nuevos factores, características y estilo que el violonchelista encuentra en la nueva música y que no puede resolver utilizando los conocimientos aprendidos en la técnica tradicional. Como ya hemos explicado en la introducción, en el siglo XX, con la irrupción de la nueva música aparecen nuevos conceptos técnicos y estilísticos. Si nos trasladamos al momento anterior en la historia del violonchelo, la relación entre técnica-estilo se basaba en la armonía musical e interpretativa (siglo XVIII- siglo XIX) y podríamos hablar de una relación “natural” entre violonchelista y violonchelo. Cuando hablamos de relación “natural” queremos decir aquellas posibilidades técnicas y estilísticas armoniosas en la cinestesia del instrumentista. El intérprete seguía su instinto interpretativo, su bagaje experimental, no sólo las indicaciones de dinámica le conducían a su propia interpretación sino la propia línea melódica y la armonía. La libertad de interpretación se encontraba demarcada por la melodía y la armonía, de tal manera que podríamos hablar de libertad pero dentro de parámetros definidos por el estilo y la tradición. La relación “cuerpo – interpretación” influida por la tonalidad, buscaba esas posibilidades naturales, los movimientos inherentes a la interpretación estaban conectados por esa naturalidad y la gestualidad del intérprete

y todo ello se veía determinada por el elemento armónico-melódico. Un ejemplo de este estilo es una de las obras representativas del violonchelo: el segundo *Concierto para violonchelo y orquesta* en Re Mayor de Franz



Figura 1. Escala ascendente de Re Mayor, compás 45 [Concierto para Violonchelo y orquesta en Re Mayor, F. Haydn 1783]

Haydn, compuesto en 1783 (Haydn, R.Hob. VIIb/2 Op.101). En primer lugar, tal como se muestra en la Figura 1, aparecen escalas ascendentes (Re Mayor) en la exposición de la obra;

el intérprete ejecutará en estas escalas un *crescendo* natural, es decir, tendrá la tendencia a ascender de volumen como si estuviera escrito un *crescendo* mediante el paso de más cantidad de arco y aumento de la velocidad del mismo. Existe una relación entre el ascenso de tesitura y el de volumen, la frase va en aumento hasta su resolución en el último Re; de otra forma no tendría ninguna lógica ya que no se dirigiría a ninguna parte y sería por tanto incomprensible. Por tanto, la relación tesitura y volumen conlleva la dirección musical y la lógica de la frase musical. Si a esta relación le añadimos la percepción técnica que el intérprete posee durante su ejecución, nos encontramos con los siguientes factores:

- La mano izquierda asciende por el batidor: como si caminara ascendiendo una montaña desde primera posición hasta la nota de llegada.
- El arco va de menor cantidad y velocidad a mayor: el arco lucha contra el factor de la gravedad poniendo más peso en el mismo y aumentando la cantidad y frecuencia de paso de tal manera que favorece el aumento de la dinámica sin necesidad de forzarla.

La suma de ambos factores conforma el concepto de “*crescendo* natural”, es decir, de una manera intuitiva, el violonchelista realiza dinámicas sin necesidad de que aparezcan escritas en la partitura, basándose en la dirección de la frase y aplicando soluciones técnicas de los conceptos tradicionales del violonchelo. Todo ello se compone estrechamente ligado a la relación anteriormente citada de la tesitura y el volumen sonoro. Este ejemplo de “camino *crescendo* natural” lo encontramos continuamente en música clásica, sin embargo, hemos de destacar que existen excepciones donde no se sigue esta intuición dinámica como por ejemplo en momentos cadenciales. Todo lo anteriormente expuesto está estrechamente ligado al concepto de armonía corporal en el instrumentista, es decir, movimientos fluidos que no contienen brusquedad. Otro ejemplo de cinestesia corporal la encontramos en las repeticiones que el intérprete debe tocar de la misma forma, algo muy común en las obras clasicistas, y que el instrumentista debe ejecutar con la misma exactitud creando de esta manera una armonía visual y musical. Este ejemplo clasicista puede aplicarse al periodo Barroco e incluso al Romántico. La técnica tradicional solucionaba de manera eficaz aquellas dificultades que aparecían en las piezas para violonchelo, parte de ello gracias a las leyes del estilo; el violonchelista interpreta aplicando soluciones técnicas basadas en la lógica natural de la interpretación, tradición y método. Existe por tanto un modelo sobre el que el instrumentista trabaja, el tradicional, un modelo predecible y lógico. Esta línea cambia con la música contemporánea. En efecto, no va a existir un modelo predecible, y los conceptos que hemos

mencionado anteriormente (p.ej. el “crescendo natural”) ya no se ejecutan intuitivamente porque no se sigue la relación entre aumento de tesitura con volumen sonoro, o la dirección de la frase musical, esto es; la técnica instrumental tradicional no responde a las dificultades que aparecen en las nuevas composiciones. El instrumentista ha de ser fiel a la partitura, la cual comienza a ser muy detallada, incluso podrá incorporar instrucciones. Volviendo a las composiciones la música contemporánea para violonchelo, los autores que vamos a analizar seguidamente trataron de producir unas obras con matiz pedagógico (lo que no las excluye de ser interpretadas en salas de conciertos) para facilitar a los instrumentista la lectura e interpretación de la nueva música. A continuación, analizaremos mediante un estudio técnico-interpretativo (práctico) aquellas cuestiones referentes a la música contemporánea que aparecen en estos Estudios.

4.1. Bernd Alois Zimmermann, *Short Studies* (1972).

En 1970 el compositor B.A. Zimmermann escribe *Short Studies*, una serie de cuatro pequeños estudios que contienen conceptos técnicos diferentes a los de la técnica tradicional del instrumento como a continuación observaremos. Los Estudios se publicaron en 1972 y en ellos se presentan instrucciones elaboradas por el autor escritas para el intérprete antes de cada uno.

◆ Estudio I: ARCO

El Estudio comienza con la siguiente instrucción: *Two different ways of bowing for the different strings, or two different tone - colours with the same bowing* (dos maneras diferentes de pasar el arco por las diferentes cuerdas, o dos tonos - colores diferentes con le mismo arco). Sobre el tempo a interpretar el compositor escribe: *from slow to as rapidly as possible* (de lento a lo más rápidamente posible). Estas indicaciones tratan de algo más que el hecho técnico en sí mismo: son descriptivas de la propia interpretación. Indican dos maneras de interpretación posible para este primer Estudio. Observando la partitura (Fig.2) observamos que el Estudio trata una serie de notas que, dependiendo de en que cuerda se toquen, se ha de pasar el arco de



Figura 2. Primer sistema del Estudio I [*Short Studies*, B.A. Zimmermann (1972)]

manera diferente u hacer dos colores diferentes en el mismo arco. Este tipo de indicación sobre dos posibilidades de interpretación es un concepto original y novedoso, no tradicional. Sin embargo, en esta pieza el intérprete no determina la estructura de la obra, la estructura viene determinada por el compositor, el intérprete establece la manera de interpretar y por consiguiente el estilo. Hemos de remarcar que no es común encontrar obras donde existan dos tipos de interpretación posibles, e improbable en la música anterior al siglo XX. Por tanto, denominaremos esta característica cómo: “opción interpretativa”, una opción porque existe la posibilidad de escoger entre dos formas, e interpretativa porque la elección es sobre el estilo de interpretación. A continuación vamos a tratar los dos tipos de interpretación que el compositor propone:

- ◆ Primer tipo de interpretación: *Two different ways of bowing for the different Springs.*

En la Figura 2, hemos podido observar el comienzo del Estudio, en total y a lo largo del mismo se tocarán las cuatro cuerdas del violonchelo si bien predominan Re y Sol tal y como vemos en este fragmento. El compositor lo especifica con la grafía: plicas hacia arriba cuerda de Re y hacia abajo cuerda de Sol. Existen en la partitura arcos escritos aunque, la libertad que el instrumentista posee a la hora de pensar las arcadas a ejecutar, solo tiene un límite, el parámetro del tempo propuesto: de lento a lo más rápidamente posible. Como existe libertad para escoger los golpes de arco, nosotros vamos a realizar un ejemplo de elección donde proponemos por ejemplo: *detachè* (arco abajo) y *spicatto* (arco arriba). Este ejemplo, es uno de los posibles ya que podría interpretarse de diversas maneras, escogiendo infinidad de golpes de arco. Si analizamos el comienzo del Estudio nos enfrentamos con la duda de, en qué punto del arco comenzar el mismo: la primera nota Re al aire, depende también del tempo que vaya a ser interpretado, recordemos que el compositor escribe de lento a rápido. Por lo tanto, escoger la mitad de arco o final es la opción más probable para encontrar espacio suficiente para realizar las dos notas arco arriba; todo ello depende de lo que hemos hablado anteriormente sobre el tipo de golpe de arco que se va a utilizar ya que pueden cambiar los parámetros. El arco se puede pasar más lento o más rápido dependiendo de las intenciones del violonchelista sin influir necesariamente en el tempo establecido. En el principio del Estudio predominan re-mi en los arcos abajo en las cuerdas de Re y Sol. La estabilidad rítmica del principio se desarrolla con el aumento de la velocidad por sí mismo, no hay disminución de los valores rítmicos sino que el propio intérprete va gradualmente tocando más rápido. Las posiciones de la mano izquierda son cerradas y bajas en el batidor para concentrar toda la atención en el arco. En la Figura 3, observamos como los pizzicatos de mano izquierda se

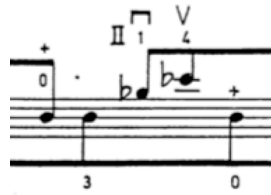


Figura 3. Pizzicatos mano izquierda, parte central Estudio I [*Short Studies*, B.A. Zimmermann (1972)]

intercalan con las notas de arco. Estos pizzicatos quedarán integrados en el tempo tal y como si de notas con arco se trataran, su control para establecer la fluidez del tempo se basa en el control del arco. Para ello, durante lo pizzicatos de mano izquierda, el arco se podrá situar cerca de las cuerdas para que al posarlo sobre ellas el sonido salga uniforme y de calidad. Si al principio del Estudio las notas estaban muy cerca unas de otras (intervalicamente) a lo largo del mismo los semitonos se van abriendo. No hay indicación de dinámicas, lo cual no significa que no se pudieran realizar ya que el compositor no escribe nada sobre ello. En esta partitura hay digitaciones escritas por el violonchelista al que están dedicados los Estudios, estas siguen el patrón de buscar posiciones cerradas (posiciones naturales) empezando por las cuerdas que más se repiten en un principio: Re y Sol. Por tanto, y tal como observamos, en la figura anterior la digitación sigue un lógica que ayuda a la interpretación del Estudio y que podemos conectar con el concepto de naturalidad del que hemos hablado anteriormente (técnica tradicional). No creemos que otras digitaciones fueran posibles ya que se podrían producir cambios de cuerda bruscos que rompería la fluidez de la que trata el desarrollo de este Estudio. Además, creemos que el mismo exhibe “desarrollos”, esto es, la mano izquierda con las digitaciones sigue este factor y va abriéndose conforme pasa el Estudio, contribuyendo a la ejecución de la pieza. En la Figura 4, se ejemplifica lo dicho anteriormente sobre las digitaciones; para finalizar en el Estudio aparecen notas más agudas en *glissandi* y ligadas, recordemos que han de tocarse lo más rápidamente posible, lo que le proporciona a este final



Figura 4. *Glissandi* con primer dedo y pizzicato, final Estudio I [*Short Studies*, B.A. Zimmermann (1972)]

la creación de un efecto sonoro seguido de los dos pizzicatos finales en cuerda al aire.

◆ Segundo tipo de interpretación: *two different tone - colours with the same bowing*. En este caso, el compositor habla de dos diferentes sonoridades o colores. Los colores se

pueden ejecutar con el mismo golpe de arco pero contienen una importante dificultad ya que la base de la que se parte, el golpe de arco, es el mismo. Por lo tanto, esta interpretación podrá basarse en el gasto de arco como medida a utilizar para producir las diferentes sonoridades, es decir, si por ejemplo estamos en *detachè* podríamos gastar más arco abajo y concentrarlo arriba produciendo dos sonidos diferentes. Este ejemplo que proponemos es, al igual que en el primer tipo de interpretación, uno de los posibles a ejecutar; volvemos a remarcar que con la libertad del enunciado del Estudio se podrían realizar diversas posibilidades de interpretación. Por todo lo anterior, podemos considerar que ambas interpretaciones posibles tienen características similares en lo que al estudio de la técnica del instrumento se refiere. Si nos centramos en la mano derecha del instrumentista éste Estudio rompe con la armonía tradicional (natural) de la división del arco basada en “gasto = recuperación”, un elemento constante en toda la literatura tradicional para violonchelo con el fin de mantener la estabilidad del arco. Podemos hablar entonces de un cambio de velocidad prácticamente incontrolada en el segundo caso por las indicaciones que el compositor nos indica: la tendencia es a hacer los arcos abajo mas largos y los arcos arriba mas cortos porque llevan mas notas, el aumento de velocidad lo ejecutará el violonchelista llevado por su propia fuerza de ejecución. Esta característica de libertad en los arcos conduce a que haya una cantidad de interpretaciones casi infinitas, esto es reforzado con la visión rítmica ya que cada instrumentista ejecutará la variante de velocidad según crea. El hecho de que las notas estén marcadas en la partitura según las cuerdas en las que estén colocadas, ayudará visualmente, ya que la conciencia de interpretación de nota a nota restará fluidez. Por lo tanto, entendemos que el objetivo principal de este Estudio es otorgar al intérprete de libertad en la ejecución interpretativa, casi improvisatoria. Cada intérprete ejecutará este Estudio de manera diferente creando cada vez un estudio único y que será diferente al anterior. No se buscará la repetición de un modelo técnico que atienda solamente a la perfección técnica sino a la interpretación libre y personalizada. Hemos visto en la digitación de la mano izquierda cómo esta atiende al modelo técnico tradicional, es por ello que debemos comprender que si bien este Estudio trata sobre el lenguaje contemporáneo, la técnica no parte de cero sino que se desarrolla.

◆ Estudio II: PIZZICATOS

Podemos leer en la instrucción que nos deja el compositor: *Pizzicato- Study employing natural flageolette- like tones in a free tempo, continually - ringing pizzicato* (estudiar el empleo de *flageolette* naturales como tonos en un tempo libre, continuamente sonando pizzicato). Es pues un Estudio basado en pizzicatos de la mano derecha ordinario, *flageolette* y, percusión de mano izquierda sobre el batidor. Se compone de la mezcla de estas tres sonoridades, no se

utiliza el arco. Al igual que en el primer Estudio, la indicación es descriptiva del estilo, va más allá de la indicación de ejecución del tempo. El violonchelista se encuentra ante este Estudio con la atención puesta en producir los pizzicatos para tal y como dice el autor “dejarlos sonar”. Y con esta premisa la interpretación estará guiada por la sensación de homogeneidad sonora junto con el tempo libre dando la sensación al intérprete de libertad. Los pizzicatos son un elemento técnico del violonchelo que no se suelen estudiar como elemento en concreto en la amplia literatura de los estudios para violonchelo, sin embargo S. Gubaidulina (1979) sí



Figura 5. Pizzicatos armónicos, Estudio II [Short Studies, B.A. Zimmermann (1972)]

escribe para ellos tal y como veremos mas adelante en sus *Preludes*. En la Figura 5, vemos como la indicación de *Allow to ring* indica que los pizzicatos deben realizarse cerca del puente. En la Figura 6, podemos observar las notas que deben realizarse percutiendo el batidor con la mano izquierda. Ambas figuras muestran elementos propios de la música

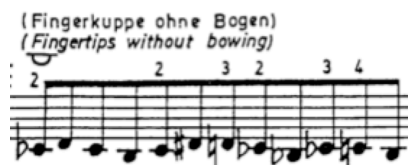


Figura 6. Percusión mano izquierda, Estudio II [Short Studies, B.A. Zimmermann (1972)]

contemporánea. Con ellos se obtienen diferentes sonoridades en pizzicato, algo que en la música tradicional no es común encontrar. El lugar donde producir el pizzicato lo indica el compositor como en esta indicación: *As close to the fingerboard as possible* (lo más cerca del batidor que sea posible). Es decir, aparecen pizzicatos cerca del puente y también lo más cerca del batidor posible, ambos lugares son opuestos y por tanto su color sonoro será diferente. Siguiendo con esta búsqueda de nuevas sonoridades en los pizzicatos encontramos los *flageolette*, pizzicatos de armónicos artificiales. El ejecutar este tipo de pizzicatos requiere de un estudio previo, esto es, para producir los pizzicatos con calidad de sonido se tendrán que buscar en el instrumento, a veces será encima del batidor y otras cerca del puente dependiendo de las condiciones del violonchelo. Existe también una técnica que divide mediante

matemáticas la cuerda en partes según los armónicos, y de esa manera encontraríamos también el lugar exacto donde mejor sonaría el pizzicato. El dedo con el que se producen los pizzicatos depende de la elección del instrumentista, hay violonchelistas que prefieren hacer pizzicatos con el dedo índice, otros con el medio. La búsqueda de la sonoridad con la yema del dedo en contacto con la cuerda, es un estudio reflexivo propio del violonchelista, no existe ninguna técnica inflexible para ejecutarlos más que la obtención de calidad del sonido, ya sea con el dedo índice o el anular. La búsqueda de la homogeneidad del sonido y las dinámicas es lo que influirá en el estudio del pizzicato y su resultado. Por otra parte, obtener la sensación de fluidez sonora será la clave junto con *tempo* libre. Para encontrar la fluidez sonora, se ha de estudiar detenidamente los lugares de producción de los pizzicatos armónicos artificiales que ya hemos mencionado anteriormente así como los lugares exactos donde el compositor coloca las notas, cerca del puente o del batidor. Este Estudio requiere de un mecanismo de automatismo para su interpretación ya que es imposible determinar durante la misma el movimiento exacto para la correcta producción sonora. Por tanto, se ha de estudiar detenidamente el pizzicato y sus diferentes timbres, algo novedoso y propio de la música contemporánea. Sobre la mano izquierda, la afinación en el pizzicato resulta complicada ya que su timbre, en muchos casos, no permite escuchar la afinación de igual manera que si se pasara el arco. Aquí también se hace necesario un estudio sobre las distancias de las notas en el batidor y el recuerdo de las posiciones correspondientes. Este estudio previo ha de sumarse al de la mano derecha, la coordinación de ambos elementos pueden encorsetar un tanto este Estudio, por ello el interprete debe encontrar libertad y fluidez en la interpretación del *free tempo*.

◆ Estudio III: RITMO

El texto que acompaña al Estudio establece una indicación sobre el tempo: *very rapidly. always at the frog (of the bow)*, (muy rápido, siempre al talón del arco). Este Estudio se basa en la técnica del arco, si bien en los anteriores, se exploraba más el estilo y la libertad de interpretación, en este tercer Estudio no se encuentran de manera tan manifiesta estos factores. Más bien trata de profundizar en los siguientes conceptos técnicos: estudio de grupetos de diferente número de notas, arcos en incluso con pizzicatos en un tempo muy rápido pero sin fluctuaciones rítmicas. Recordemos que en el primer Estudio se indicaba, de lento a lo más rápido posible, y en el segundo la indicación era tempo libre, lo que convierte este Estudio en un apartado diferente. Tal y como podemos observar en la partitura (Fig.7) este Estudio está basado en uso de los grupetos. Podemos observar cómo se alternan quintillos con seisillos, y

como ambos grupetos aparecen con diferentes variaciones: arcadas distintas dentro del grupeto, pizzicatos mano izquierda, arcos abajo seguidos y acentos. También se producen

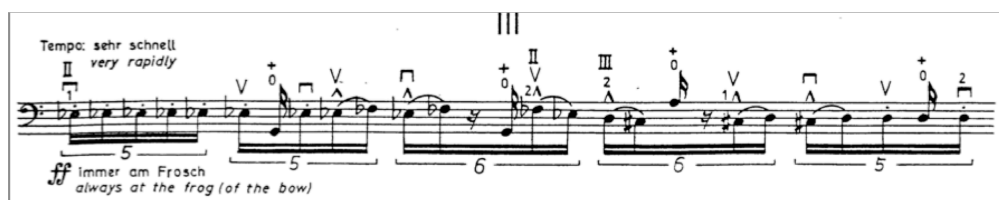


Figura 7. Grupetos del primer sistema Estudio III [Short Studies, B.A. Zimmermann (1972)]

variaciones en los grupetos con respecto al número de notas que los componen: empieza por una cuerda simple y después acordes de tres cuerdas. La homogeneidad dentro del grupeto así como la estabilidad del arco en las variantes arcadas son las características más significantes de este Estudio. En la Figura 8 observamos varios grupetos: comienza con un quintillo todas



Figura 8. Diferentes arcadas y golpes de arco, Estudio III [Short Studies, B.A. Zimmermann (1972)]

las notas arco abajo junto con la indicación, un poco *ritardando*. Esta facilitará la ejecución de las cinco notas arco abajo, de todas formas se perdería algo de tiempo en su ejecución ya que se necesita de cierto tiempo para volver al talón y realizar los cinco arcos abajo, por tanto se entiende el porqué de este *ritardando*. Este Estudio presenta diferentes golpes de arco y es por tanto un estudio complejo de coordinación entre arco y la mano izquierda. Podemos incluso hablar de un cierto “virtuosismo” en la interpretación de mismo, por su rapidez y su alto nivel de dificultad. No existe un lugar para la duda, la indicación lo deja muy claro: los grupetos deben ser muy rápidos, tal y como anota el compositor, y estables en el talón del arco para que la articulación sea clara. El instrumentista hará uso de la técnica tradicional aprendida para el estudio del mismo, repitiendo hasta conseguir la estabilidad y claridad en los grupetos, así como la estabilidad rítmica dentro del mismo. Es por ello que en este Estudio se tratará de alcanzar un objetivo rítmico además de libertad en los grupetos (recordemos que más allá de la interpretación exclusivamente técnica, también existe una idea musical). El estudio de dificultades de golpe de arco y rítmicas está muy presente en los métodos tradicionales para violonchelo y por tanto podemos afirmar que en este Estudio el violonchelista volverá a la técnica tradicional para salir airoso de las complejidades y ejecutar una correcta interpretación. Si bien, la ausencia de tonalidad, la no previsión de la frase musical y otras características,

sitúan este Estudio en el lenguaje de la música contemporánea aunque la técnica a utilizar se encuentra en la base tradicional. Según nuestra opinión que el compositor quiso con este Estudio hacer hincapié en las cuestiones rítmicas que son una característica muy común e importante en la música nueva. Otros autores que analizaremos más adelante también darán importancia a este hecho lo que refuerza nuestra idea.

◆ Estudio IV: RITMO Y AFINACIÓN

En este último Estudio el compositor nos indica: *High position, as slowly as possible. The duration of each note is determined by the distance the notes* (la duración de cada nota está determinada por la distancia de las notas). Este Estudio trata de la relación entre el tempo y la distancia entre las notas, incluye ligaduras y dobles cuerdas con *glissandi* tal como podemos observar (Fig.9). En ella podemos observar que la indicación que nos deja el compositor sobre

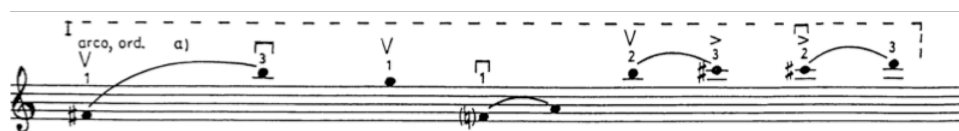


Figura 9. Arcos ligados, primer sistema Estudio IV [*Short Studies*, B.A. Zimmermann (1972)]

la interpretación resulta curiosa. No se establece indicación de tempo alguno sino que trata la relación “ritmo-distancia de las notas”: el tiempo que se utiliza lo determina el propio instrumentista sin bien está dentro de un sistema rítmico predeterminado por el autor. Este recurso es original, ya que rompe con los conceptos de tempo definidos, propios de la música tradicional. Para interpretar este Estudio el arco debe pasarse muy lento y desde la punta (indicación del compositor). En la primera nota, que va ligada a la segunda con un *glissandi*, el tiempo que se utiliza lo determina la distancia de las notas, la cual es considerable. En la Figura 10, podemos observar la última nota, un acorde con una digitación complicada de



Figura 10. Arco abajo y nota final del Estudio IV [*Short Studies*, B. A. Zimmermann (1972)]

ejecutar: quinta con pulgar *mi bemol-la bemol*, tercer dedo en re y el segundo en la primera cuerda. Como resultado de esta compleja digitación se ejecuta un acorde muy interesante timbricamente ya que utiliza armónicos *flageolettes*, sobre los cuales ya hemos hablado en los

Estudios anteriores. Este Estudio tiene en común con el primero la libertad de interpretación rítmica. Si en el primero, tocamos de lento a más rápido, aquí la velocidad es determinada por la distancia entre las notas y; tal como indica el compositor, las posiciones agudas lo “más lentamente” posible. Esta indicación, que en la técnica tradicional del violonchelo suele ser a la inversa (los cambios se realizan buscando la ausencia de *glissandi*) determina el tempo que el autor sugiere sin necesidad de colocar referencia rítmica. Pensamos que el violonchelista debe hacer un ejercicio de estudio de afinación de mano izquierda así como de paso de arco lentamente, todo ello analizando en primer lugar los intervalos. La manera de estudiar esta pieza difiere de la tradicional, basada en la repetición, en esta pieza se han de tener en cuenta intervalos para determinar la velocidad, lo cual establece una metodología novedosa y concuerda con el aire de libertad que caracteriza la interpretación de la música contemporánea.

Estos cuatro novedosos Estudios se encuentran en otro plano diferente al de la música tradicional ya que proporcionan al intérprete una libertad de elección interpretativa aun dentro de unos parámetros determinados. En los cuatro hemos observado conceptos nuevos, tanto en lo que se refiere a elementos técnicos e interpretativos, como a un nuevo aire de libertad por la ausencia de parámetros tradicionales como el tempo o compás. No hay ideas preconcebidas en estos Estudios que continúen las tendencias tradicionales, aunque si es verdad que muchos elementos hacen uso de la técnica tradicional para su resolución. El estudio de estas piezas requieren un análisis diferente al estándar, porque responde a conceptos nuevos, no incluidos en la técnica tradicional. Tanto los conceptos de mano izquierda y derecha abren nuevas posibilidades técnicas que no encuentran solución en la técnica tradicional, en nuestra opinión, en concreto dos características son fundamentales: el uso de digitados característicos que no siguen la línea tradicional y la percusión de mano izquierda. También hemos de resaltar el uso como recursos de los armónicos naturales y artificiales, un elemento muy frecuente que no se utiliza tanto en la técnica tradicional pero que sin embargo está contemplada en la misma, por último y también de importancia es un elemento como el uso del tempo de una forma diferente a la tradicional. Un ejemplo claro de ello aparece cuando se establece el mismo mediante la distancia entre las notas. Por tanto, creemos que los nuevos elementos, características y herramientas que aparecen en estos Estudios y varían la percepción del violonchelista mediante la dinámica corporal del intérprete (cinestesia), es decir, esta sufre variantes adaptándose a través de nuevas técnicas (extendida) a la interpretación de la obra. El instrumentista buscará en las nuevas técnicas, es decir, soluciones a la correcta interpretación

desde su percepción de la dinámica corporal. Si bien estos Estudios sólo incluyen un número determinado de características de la música contemporánea, si se observan en ellos diferencias con los modelos técnicos tradicionales que no responden a lo que el compositor plantea en esta obra. Finalmente, hay que aclarar que afrontamos el estudio de esta pieza desde la técnica tradicional por lo que se da por entendido que ello no supone una ruptura con el modelo aprendido sino que se ha de buscar nuevas soluciones a las cuestiones planteadas en la misma y lo mismo va a ocurrir en los siguientes casos.

4.2. Sofia Gubaidulina, *Ten Preludes for cello solo* (1979).

Esta obra engloba un total de diez Preludios (*Preludes*), los cuales tratan de diferentes cuestiones técnicas como por ejemplo las referidas al arco (los dos primeros Preludios), u otras cuestiones de coordinación, articulación de mano izquierda, etc., todo ello manteniendo la grafía tradicional pero con elementos y características del lenguaje contemporáneo.

◆ Preludio I: *staccato – legato*

El primer Preludio utiliza dos formas de pasar el arco que son: *staccato* y *legato*, así como la mezcla e interacción de ambas. Durante la primera parte, las ligaduras que forman los grupetos combinan diferentes cantidades de notas y distintos tipos de compás (Fig.11). Todo ello es acompañado de calderones y silencios. Las primeras notas tocadas en *stacatto-legato*, en la



Figura 11. Golpes de arco *staccato* y *stacatto legato*, 2º pentagrama *Prelude I* [*10 Preludes*, S. Gubaidulina (1979)]

cuerda de Do son graves y conforman la base sonora; los grupetos con diferentes articulaciones van desarrollándose con cada vez más notas y aumentando de tesitura y ritmo. El comienzo requiere de una concentración previa para coordinar tanto la mano izquierda como la derecha en la rítmica correcta, además ésta se plantea de forma inestable con calderones cada dos compases. Más adelante en la pieza, (Fig.12) aparecen tres notas en *legato* y este golpe de arco va a imponerse hasta el final. Esta frase en *legato* se caracteriza por la cantidad de semitonos entre la cuarta y la quinta posición del violonchelo, también utiliza diferentes cantidades de notas por articulación. La abundancia de silencios y calderones dan al

violonchelista la posibilidad de ser consciente de las pausas entre las células musicales: son los silencios más que las notas los protagonistas de esta primera pieza. Estos espacios, en los que el violonchelista no está tocando y, en donde el intérprete puede elegir como ejecutarlo, son los que otorgan un aire de improvisación en la interpretación de este primer Preludio. Además



Figura 12. Golpe de arco *legato*, compás 38 Prelude I [10 Preludes, S.Gubaidulina (1979)]

podemos hablar de “desarrollos” como el de la tesitura, el de las notas que van formando grupos hasta alcanzar una frase, y el de la dinámica. Todo ello se produce simultáneamente a lo largo de la interpretación de la pieza. Este primer *Prelude* está escrito en lenguaje técnico tradicional pero se añaden además elementos como las pausas reiteradas, la inestabilidad rítmica, propios de la música contemporánea. Es por ello que observamos una mezcla de ambos lenguajes y técnicas.

◆ **Preludio II: *legato* – *staccato*.**

En el segundo Preludio podemos observar (Fig.13) como comienza con trinos en tesitura grave para continuar con *staccato* en ascendente, fórmula que se repite a lo largo del mismo. Los



Figura 13. Trinos y *staccatto* ascendente, Prelude II [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

cromatismos que observamos se van a realizar con la intervención del pulgar para obtener una posición de mano izquierda de afinación estable, la digitación propuesta pulgar/segundo dedo es la más apropiada para el intervalo. También aparecen pequeños *glissandi* en dobles cuerdas,

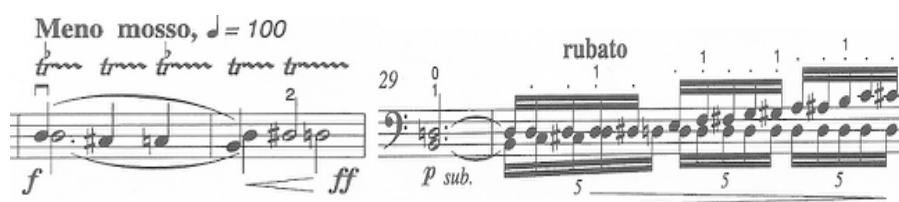


Figura 14. Trinos, *staccato* y *rubato*, Prelude II [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

las dobles cuerdas van a predominar bien como intervalos o como notas pedal, muchas de ellas en cuerda al aire lo que aumenta la sonoridad. Tal y como hemos comentado, en las dobles cuerdas es necesario encontrar una posición estable de la mano izquierda para poder realizar una afinación correcta, por tanto, es necesario realizar una reflexión sobre este punto y estudiar detenidamente la afinación. Es de destacar la línea que aparece en el compás 26 (Fig.14) que conduce al desarrollo dinámico mediante el uso de trinos en dobles cuerdas al igual que al comienzo de la obra. Este *rubato* compuesto de escalas ascendentes en disminuyendo con una nota pedal (cuerda de Re) forman un elemento expresivo de libertad interpretativa dentro de este Preludio. Sin embargo, y a pesar de la indicación de *rubato* los grupetos no deben de perder su esencia rítmica. Destacamos que son diversos los cambios de tempo propuestos por la compositora, lo que enriquece rítmicamente la pieza pero puede resultar un quebradero de cabeza para el intérprete. Por tanto, su estudio ha estudiar detalladamente el recuerdo rítmico que permita al intérprete reaccionar a tiempo ante las indicaciones escritas. El violonchelista encontrará este prelude conciso en sus indicaciones, tanto de tempo como de estilo interpretativo. En las partes *legato* aparece la indicación *espr.* (Expresivo) con lo cual pretende aumentar su intensidad expresiva mediante el uso del *vibrato* y el paso del arco *sostenuto*. Para mejorar ambos elementos el uso de un digitado correcto, es decir, evitar dedos como el meñique que ofrecen menor oscilación en el *vibrato*, lo cual es relevante para la intensidad. Este segundo Preludio se encuentra aún más cerca del lenguaje tradicional que el primero, las características que presenta en el lenguaje contemporáneo son escasas, utiliza elementos tan tradicionales como es el expresivo o el *legato*. Por tanto, para su estudio el violonchelista podrá buscar soluciones técnicas a las complejidades que aparecen con la metodología tradicional.

◆ **Preludio III: *con sordino - senza sordino*.**

En el tercer Preludio la compositora utiliza el cambio del color del sonido mediante el uso o no de la sordina. Esta herramienta se va a utilizar, mover, con la mano izquierda, algo que difiere de su uso tradicional (mano derecha). Nos preguntamos la razón de este cambio y la respuesta es que mientras se utiliza la sordina el sonido continúa produciéndose mediante el arco. En efecto, tal como observamos, Figura 15, no hay pausa para poner o quitar la sordina,



Figura 15. Uso de la sordina, primeros compases, Preludio III [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

el sonido continúa. La búsqueda de estabilidad en el arco cuando el cuerpo se mueve para poner o quitar la sordina es la característica principal de estudio; una estabilidad que no solo se encuentra en el arco, sino que es muy importante para la armonía del movimiento a la hora de ejecutarlo y para que el sonido no se vea afectado por el mismo. Esta característica producirá una diferencia de timbre: el preludio muestra claramente esta diferencia y la expone mediante el sonido continuado. Para ayudar a dicha estabilidad la mano izquierda permanece en posiciones cercanas y de fácil digitado, todo el esfuerzo debe concentrarse en el arco. Por tanto, este preludio es un claro ejemplo de la cinestesia del violonchelista, ya que la dinámica corporal entra en juego por la necesidad de utilizar o no la sordina. Este factor es un claro ejemplo de una nueva técnica que no encuentra referencia en el modelo tradicional y en la que además está involucrada la cinestesia del intérprete.

◆ **Preludio IV: *ricochet***

El cuarto Preludio utiliza como elemento principal el golpe de arco *ricochet* que consiste en el bote controlado en arco abajo y arriba. La compositora lo utiliza mediante grupos de notas, lo inicia con un septeto dividido en dos arcos, comenzando con cuatro notas en el arco abajo y tres notas en el arco arriba. Cabe destacar la blanca con puntillo (Fig.16) donde la compositor hace indicación de arco abajo arco arriba y así sucesivamente de manera libre con una duración de la nota indeterminada ya que la blanca acaba en una calderón. Esta característica se repite a lo largo del preludio. El intérprete debe tocar los grupetos en diferentes arcos sin pausas entre los cambios de arco. Esto es algo complicado ya que el tempo es rápido y resulta



Figura 16. Golpe de arco *ricochet*, primeros compases Prelude IV [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

difícil controlar el bote del arco. El hecho de ejecutar grupetos con diferente número hace casi imposible tocarlos de manera igualitaria y fluida, por otro lado y para facilitar la interpretación, las digitaciones de mano izquierda son simples y de fácil ejecución. Anteriormente ya hemos mencionado en el III Estudio de B.A. Zimmermann la técnica para producir grupetos. Observamos como ambos autores hacen hincapié en el estudio de este recurso de golpe de arco y sus variantes. Finalmente el tercer Preludio trata de resolver la práctica de una complejidad técnica como es el golpe de arco *ricochet* que, aunque presente en

el lenguaje contemporáneo, no es un elemento nuevo sino tradicional presente en la literatura para el instrumento.

◆ **Preludio V: *sul ponticello* - ordinario - *sul tasto***

El quinto Preludio comienza con la indicación de *sul ponticello*, es por tanto un estudio de la textura sonora, de los colores sonoros que dependiendo de donde se coloque el arco cambian, desde el puente al batidor. En el comienzo (Fig.17) observamos como aparece una nota en *sul Monticello* junto con un regulador que va de *piano* a *forte* en la misma nota en el golpe de



Figura 17. *Sul ponticello*, primeros compases Prelude V [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

arco tremolo. Para la interpretación de esta primera nota, el arco permanece en el mismo lugar, cerca del puente; de esta manera es posible realizar el regulador ya que se pasa más cantidad de arco y se aumenta el peso. Este elemento se va a repetir a lo largo de la pieza. Más adelante (Fig.18) aparece la indicación “ordinario” (pasar el arco normalmente de manera tradicional), el arco entonces se separará del puente y se situará a mitad de distancia entre el batidor y el puente para producir el sonido ordinario. Esta diferencia tímbrica del sonido mediante la producción del *sul ponticello* y el ordinario, mezclado con dinámicas



Figura 18. Ordinario y *sul ponticello*, compás 20 y adelante, Prelude V [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

extremas, de *piano* a fortísimo, son los elementos principales de este prelude. También aparecen otros elementos que interactúan con los anteriores, es el caso de los *glissandi* con tremolo. La mano derecha ha de centrarse en el estudio del cambio de posición del arco entre el batidor y el puente porque al escribir dinámicas tales como *piano* y *forte* se ha de estudiar la cantidad de arco a pasar y la presión que se ejerce sobre él, así como el punto donde debe de buscarse la sonoridad mediante un movimiento controlado y equilibrado. Es importante no solo el movimiento sino la dirección y el peso del brazo, si bien en la técnica tradicional el intérprete busca pasar el arco lo más estable y paralelo al puente en esta pieza se rompe con

ese principio por el cambio de sonoridad. Es por ello que es necesario reflexionar ante el movimiento analizando la perspectiva no solo del brazo sino teniendo en cuenta el codo, flexibilidad de muñeca y peso. Tal como hemos observado en este preludio interactúan elementos tradicionales con elementos contemporáneos como son el *sul ponticello* o las dinámicas extremas.

◆ **Preludio VI: *flagioletti***

El sexto Preludio trata del uso de armónicos. Comienza con los armónicos artificiales para continuar con un trino con indicación de duración de 14“en variaciones libres de armónicos indicados de la forma que podemos observar en la Figura 19. La digitación propuesta resulta conveniente por la extensión del intervalo y la ejecución del *glissando*. Tal y como ya hemos comentado, la interpretación de los armónicos requiere de una especial atención al paso del

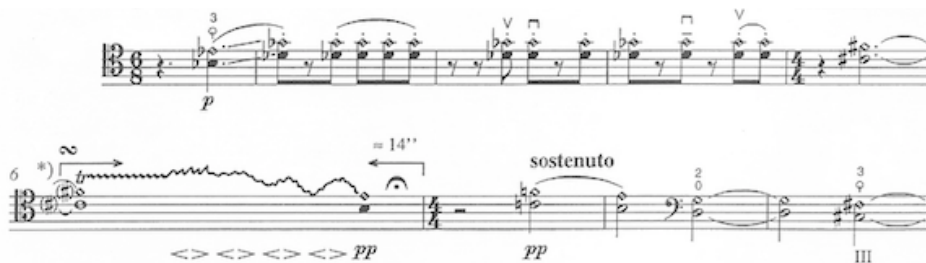


Figura 19. Armónicos artificiales y trino, primeros compases Prelude VI [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

arco. Un paso más rápido favorece su sonoridad, es este caso además aparecen puntos con lo cual debemos de buscar la velocidad y peso adecuados tanto en notas sueltas como ligadas. Es esta línea indeterminada (la del trino) una característica propia del lenguaje contemporáneo, y muy utilizada por la compositora en su obra para violonchelo. Esta línea que escribe sin determinar las notas, sólo su dirección, difiere con el lenguaje tradicional donde las notas están determinadas y el tempo también. Si bien podemos observar las líneas del pentagrama donde sobrevuela la línea a interpretar, lo cual nos da una idea de las notas sobre las que debemos pasar, este tipo de escritura indica también una idea de “*nota continua*”, sin interrupciones, mediante el *glissando*. La elección técnica del dedo a escoger para su realización no es dogmática y dependerá de la elección del propio intérprete. Debemos hacer mención especial al paso del arco cuando se producen armónicos ya que para su mejor sonoridad es necesario aumentar un poco la velocidad del mismo. Todo ello, junto el tempo a interpretar que propone la compositora, bastante lento, y el *sostenuto* en el arco, hacen de este Preludio una profundización en el sonido del armónico. Por ello su estudio se ha de basar en la estabilidad del arco en el *legato* y sonoridad en el *spicatto*. En resumen, es un Preludio escrito

en el lenguaje tradicional con elementos de la nueva música que si bien no son novedosos son muy comunes, estamos hablando del uso de armónicos con *glissando*, naturales y artificiales.

◆ **Preludio VII: *al taco - da punta d'arco***

El siguiente Preludio estudia el golpe de arco al talón, un ataque de la nota que varía con acentos en diferentes tempos del compás, en arco abajo y arriba. En el comienzo todas las notas son arco abajo, recuperando al arco cada vez, pero conforme avanza la pieza, la compositora utiliza arcos arriba como se puede observar en la Figura 20. El título de este



Figura 20. Arcos abajo al taco, primero compases Prelude VII [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

Preludio describe el uso del arco en diferentes lugares y es este por tanto la razón de su estudio: el control del arco con sus diferentes variantes junto con los acentos en diferentes tiempos de compás. En primer lugar el estudio de este Preludio ha de profundizar en la recuperación de arco cuando sean arcos abajo con un movimiento rápido del brazo intentando que no se produzca una pausa muy larga entre las notas. También será necesario estudiar rítmicamente los acentos que colocados en lugares diferentes del compás ya que pueden entorpecer la ejecución si no se automatizan. Al igual que en otros Preludios anteriores la atención se concentra en el arco y mano izquierda colabora de una manera más sencilla en la interpretación. Podemos decir que este Preludio, al igual que algunos anteriores, no presenta signos de las características más comunes del lenguaje contemporáneo y por tanto su estudio y posterior interpretación puede realizarse siguiendo el método tradicional aunque teniendo en cuenta que determinadas características son propias del nuevo lenguaje.

◆ **Preludio VIII: *arco – pizzicato***

Este Preludio trata como su nombre indica del arco y el pizzicato, pero es en realidad un estudio de mano izquierda, para ello se basa en el uso de semicorcheas donde predominan los semitonos en posiciones altas en el batidor del violonchelo, de quinta en adelante. Comienza



Figura 21. Pasaje digitado, compás 6 Prelude VIII [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

en *legato* con arcos largos y termina con *spicatto legato* y arcos sueltos. Aparecen digitaciones propuestas, tal como podemos observar en la Figura 21. Estas digitaciones propuestas (2º - 1º dedo) tienen como fin proporcionar una buena articulación ya que el paso es mayor en esos dedos. Como ya hemos explicado este Preludio es un estudio de la articulación de mano izquierda, contiene arcos, ligaduras largas, con el fin de obligar a la mano izquierda a ejecutar una buena articulación y aunque aparecen cambios de compás, el valor de la semicorchea se mantiene. Es de destacar el tempo *vivo*, es decir, extremadamente rápido, lo que refuerza la idea anterior sobre la articulación de mano izquierda. Con este tempo se obligará al intérprete a realizar una articulación muy precisa de rápida ejecución, lo que conlleva un peso igualitario en todos los dedos y una gran flexibilidad. Por todo ello podemos decir que este preludio es de gran complejidad técnica, ya que su práctica y ejecución implican un estudio previo detallado y conciso. El Preludio acaba con un fragmento de pizzicatos en un guiño por relajar toda la tensión de la dificultad técnica anterior. En resumen, si en los Preludios anteriores observamos ejemplos de cómo la atención técnica se colocaba en la mano derecha en este ocurre lo contrario, se coloca en la izquierda. Volvemos a hablar de lenguaje y técnica tradicional, como buen ejemplo es el estudio de articulación de mano izquierda, algo muy común en los manuales técnicos tradicionales.

◆ Preludio IX: *pizzicato – arco*

El noveno Preludio mezcla dos elementos: pizzicatos y arco. Comienza con un pizzicato en *glissandi* hacia el fa sostenido en *piano*. El pizzicato debe de ejecutarse de tal manera que la vibración de la cuerda (mano derecha) se mantenga para poder producir la nota de llegada (Fig.22). A simple vista ya podemos observar una grafía escrita en lenguaje contemporáneo. Si analizamos el comienzo, existe una indicación de tempo *Largo: 54*, y además aparece un



Figura 22. Pizzicatos, al comienzo Prelude IX [*10 Preludes*, S. Gubaidulina (1979)]

paraguas en algunos grupos de corcheas que significan acelerando tal y como aparece en la leyenda del Preludio. A continuación un calderón entre compases, todo ello desestabiliza el tempo y ofrece al intérprete la capacidad de elaborar su ejecución siguiendo las indicaciones

de la compositora y no solamente la indicación rítmica. Podemos hablar de cierto aire de libertad en la interpretación que violonchelista puede tomar en las pausas que no están determinadas por tiempo sino por la propia ejecución. Cabe destacar el mordente del compás 11, mientras que con la mano derecha se ejecutará el pizzicato de la nota, con la articulación de la mano izquierda (percusión batidor) se produce el mordente. De nuevo hablaremos de la importancia de la elección del digitado para la realización del mordente teniendo en cuenta el peso de los dedos para una mejor articulación. Cuando aparece la indicación arco con notas largas en *sostenuto* también aparece *glissandi* y todo ello en la indicación de pianissimo lo que aporta la posibilidad de interpretar muchos colores sonoros jugando con las texturas mediante la velocidad del arco. Es un Preludio que trata el estudio de pizzicato, su sonoridad en notas graves y su coordinación con el arco. La complejidad de interpretar con elementos tan diferenciados como el arco y el pizzicato se basa en la fluidez de la música, esta fluidez es el propio intérprete quien la establece mediante la interpretación sin patrones determinados, como ya hemos nombrado posee un aire de libertad. Este Preludio es diferente a los anteriores porque no está escrito en lenguaje tradicional, además utiliza grafías propias como el paraguas del que hemos hablado anteriormente y junto con todo ello la compositora explica mediante instrucciones su ejecución en la leyenda de la partitura. Por tanto, todos estos factores nuevos hacen que este Preludio este escrito en su mayor proporción que los anteriores en lenguaje nuevo y que su estilo sea también contemporáneo. Es por ello que el violonchelista debe buscar nuevas técnicas para resolver los conceptos novedosos que la compositora incluye en la partitura como los que hemos nombrado anteriormente. Pero no sólo ha de buscar soluciones a complejidades técnicas específicas, es importante en esta pieza el estilo o la “atmósfera” a crear y que la compositora indica mediante los calderones, repeticiones y detalles que hacen de la pieza una búsqueda interpretativa. Con esto queremos decir que el violonchelista realiza en esta pieza una creación personal mediante su reflexión sobre la interpretación y sus ideas propias utilizando, tal como ya hemos referido, cierto aire de libertad.

◆ **Preludio X: *senza arco, senza pizzicato***

El décimo Preludio no utiliza los elementos que hemos observado durante el desarrollo de todos los Preludios, se realiza solamente con la mano izquierda. Por tanto empieza con la percusión de la misma, las notas suenan por la acción percutida del dedo sobre el batidor como se indica en la Figura 23. Observamos como las digitaciones indicadas utilizan dedos con peso como: 1º, 2º y 3º. Entre las frases, existen silencios y calderones que ayudan y



Figura 23. Percusión mano izquierda, al comienzo Prelude X [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

complementan las dinámicas muy parecidos al Preludio anterior. También es de destacar el uso de las dinámicas, las cuales se realizaran mediante la única acción de la percusión del dedo sobre el batidor lo que las convierte en extremadamente delicadas e incluso inaudibles. El estudio de este efecto de mano izquierda (percusión batidor) implica un articulación extrema, algo complicado de conseguir con igual intensidad en todos los dedos ya que son diferentes entre sí (en tamaño y peso), ya hemos anteriormente hablado de la elección de dedos fuertes para mejorar el peso sobre el batidor. La última parte improvisada, escrita lenguaje contemporáneo presenta nuevas técnicas para su ejecución que la compositora explica mediante instrucciones. En el segundo sistema (compás 21 y siguientes) de la Figura



Figura 24. Tremolo con duración en segundos, Prelude X [10 Preludes, S. Gubaidulina (1979)]

24 observamos como aparece un tremolo con limitación de tempo: 9''. En este caso las indicaciones de determinadas acciones como el tremolo están determinadas mediante segundos, no así los calderones que observamos al igual que en el Preludio anterior. Además en este fragmento la compositora agrega indicaciones precisas que podemos observar, además de las ya nombradas instrucciones a pie de página. La primera instrucción que leemos trata de como debe ejecutarse en la cuerda de Do: con el pulgar de la mano derecha mientras la uña del pulgar de la izquierda se mantiene sobre la cuerda. Con ello quiere conseguir un sonido similar al de *drums roll* (redoble de tambor), conocida técnica de percusión la cual pretende imitar usando la técnica arriba descrita. Otra instrucción representada con corchetes y el signo ∞ (infinito) indica que el intérprete debe improvisar. Aparecen otras indicaciones como notas

indeterminadas en la cuerda de Do. Por tanto y en definitiva es esta una escritura del lenguaje contemporáneo donde la interpretación cambia con respecto a la tradicional por el uso de nuevas técnicas, improvisación y estilo. El estudio exclusivo de la mano izquierda y su sonoridad es una nueva técnica en sí, aparte de las otras que aparecen indicadas por la compositora. Por tanto, no encontraremos soluciones a los pasajes aquí expuestos en la técnica tradicional aunque por supuesto actúa de base para la búsqueda de nuevas habilidades y soluciones. Anteriormente ya nos hemos encontrado un Estudio similar, el II de BA Zimmermann (1972) donde también observamos percusión de mano izquierda aunque con muchos menos recursos. Es esta pieza muy rica en nuevos recursos sonoros lo cual es paradójico ya que solamente se utiliza una mano, la izquierda.

En conjunto, estos Preludios son estudios que abordan algunas características del lenguaje contemporáneo aunque en su mayor parte la compositora utiliza un lenguaje tradicional, prueba de ello es por ejemplo la grafía tradicional en muchos de ellos. Si embargo, aunque técnicamente podamos incluir algunos en la técnica tradicional del instrumento, los últimos Preludios presentan un lenguaje más contemporáneo (línea indeterminada de notas, improvisación, etc.). Es decir, si bien utilizan conceptos técnicos tradicionales interaccionando con elementos contemporáneos; el estilo interpretativo difiere del tradicional y por tanto la idea o concepto musical son propios de un nuevo lenguaje. El instrumentista, con su modelo de dinámica corporal se enfrenta a estos Estudios de una manera tradicional, sin embargo, no todas las soluciones se encuentran en el modelo aprendido, por ello su cinestesia en determinadas ocasiones necesita de una reflexión para la ejecución. Si bien, en los Estudios de B.A. Zimmermann (1972) podemos hablar de un cambio en la dinámica corporal por el uso de nuevos efectos sonoros, estos Preludios no presentan conceptos tan novedosos aunque si suficientes para acercarse a ellos desde otra perspectiva técnica. Podemos observar gran cantidad de indicaciones técnicas dirigidas hacia los golpes de arco, la compositora es muy explícita a este respecto lo cual es una característica tradicional pero su mezcla con elementos como armónicos, *glissandi* o percusión de mano izquierda trasladan esta obra a la nueva música. Si bien estos Preludios pueden ser analizados en gran parte en el lenguaje tradicional no toda ella puede ser tratada de esta forma y el uso de nuevas técnicas se hacen necesaria para su interpretación. Es esta una obra en nuestra opinión bastante técnica que se desarrolla desde un comienzo tradicional hasta el nuevo lenguaje conduciendo al intérprete a través de un desarrollo técnico y estilístico.

4.3. Isang Yun, *Sieben Etüden für Violoncello solo* (1993).

Cada uno de estos siete Estudios contiene un título descriptivo que trata sobre el estilo de interpretación del mismo. Como en las dos obras anteriormente analizadas nos encontramos con piezas atonales escritas utilizando tanto el lenguaje tradicional como el contemporáneo y con características propias descriptivas del compositor.

◆ Estudio I: *Legato*

Este Estudio tal y como podemos observar en la Figura 25, comienza con do sostenido en cuerda de Do con un calderón ligado a un la junto con indicaciones dinámicas. Las ligaduras



Figura 25. Al comienzo del Estudio I [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

van a ser una de las características principales de Estudio I, es por ello que el mismo se basa en el uso del *legato* en diferentes dinámicas. Tal y como observamos, desde el comienzo de la partitura, aparece un regulador que indica la dinámica de *piano* a medio *piano*. Este esquema de reguladores tan preciso se va a repetir a lo largo de los siete Estudios. Cabe destacar que encontramos pocas estructuras de fuertes y sí muchas gamas de *pianos*, tal y cómo podemos observar en la Figura 26. Es por ello que, podemos hablar de indicaciones extremadamente precisas de dinámica, de manera practica muchas de estas dinámicas son casi inaudibles aunque sí ejecutables. Para su interpretación es necesario analizar la velocidad del paso del arco y su peso, su variabilidad producirá el cambio de dinámicas. Otro elemento del que no



Figura 26. Ultimo compás con cinco *pianos* y acabando en tres [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

podemos olvidarnos es la colocación del arco, el punto sobre el que lo pasamos y que podemos variar con el fin de ejecutar las dinámicas de manera precisa (del talón a la punta o al revés). Esta característica proporciona una gran gama de colores expresivos y cierta complejidad para su interpretación por la dificultad de automatización. Esta pieza profundiza

en el estudio de la gama dinámica sensibilizando al violonchelista con la misma, sobre todo con aquellas dinámicas más imperceptibles como son las gamas de *pianos*. Para ejecutar estas se realizan cambiando la velocidad del arco, colocándolo más arriba o abajo en el batidor, así como poniendo y/o quitando peso del brazo como ya hemos advertido. La idea sonora es importante en tanto en cuanto se pueda tener una idea de sonido, es decir, resulta muy complicado que todos los *pianos* sean exactamente iguales, como p.ej. la diferencia entre los tres *piano* (*p-pp-ppp*) que hemos observado en la Figura 26. Por tanto, podemos hablar de dinámicas “sobre ideas de sonoridad”. Para realizarlas, se necesitará una extrema concentración, además, el violonchelista puede medir el sonido aunque no puede volver a atrás a revisar si el *piano* anterior es igual al que acaba de tocar. Es por ello que estamos ante un estudio de sonido e introspección sonora donde el intérprete buscará gama y textura, y por tanto se pueden ofrecer diferentes interpretaciones. En efecto, cada violonchelista tendrá unas condiciones auditivas diferentes que llevadas al extremo como en este Estudio, producirán variantes interpretativas. Este Estudio, escrito en lenguaje tradicional, trata el tema de las dinámicas desde un punto de vista tan preciso que podemos hablar de un nuevo lenguaje en tanto en cuanto a la idea de sonido se refiere. En la técnica tradicional, las dinámicas aparecen determinadas en muchas ocasiones por la línea melódica, u otras razones. Pero la principal diferencia que se destaca en este Estudio –en el cual no hay línea melódica– es la precisión de las mismas para la creación de una atmósfera sonora que requiere de una técnica muy exacta para reproducir tan delicadas dinámicas que no se encuentran en el lenguaje tradicional.

◆ Estudio II: *Leggiero*

Este segundo Estudio mezcla las herramientas: arco, pizzicatos y diferentes grupetos. El ritmo del comienzo es estable (negra a 68). Destacan, al igual que en el Estudio anterior, las indicaciones de dinámica muy abundantes y precisas. Sin embargo, en este aparecen más gamas de *fortes*, sobre todo en notas largas. En la Figura 27 observamos *fortissimos* con comas entre sí y acentos, lo cual lleva prácticamente el sonido al límite. Éste pasaje profundiza en el estudio de los acentos con notas sueltas, ligadas con *glissando*, y todo ello con diferentes gamas de *forte*. Para su realización se requiere la habilidad de producir tres notas iguales en su comienzo -el acento- pero se les unen más factores: las comas. También se puede escoger realizar tres arcos abajo, lo que facilita el acento por la necesidad de pasar mayor velocidad de arco al comienzo del mismo. Si el Estudio anterior trataba el *legato*, este trata diferentes golpes de arco como el que hemos observado. El Estudio está escrito en grafía tradicional, pero volvemos a encontrar factores como el uso de dinámicas extremas que nos conducen a

buscar soluciones técnicas novedosas. Es por ello que volvemos a observar la mezcla de los dos lenguajes que estamos analizando.



Figura 27. Acentos en notas largas en fortísimo, compás 27 Estudio II [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

◆ Estudio III: *Parlando*

Este Estudio se describe en su título *Parlando*, de nuevo utiliza la dinámica como herramienta principal (Fig.28). Comienza en la cuerda de Re, la que se asemeja más a la tesitura de la voz



Figura 28. Al comienzo del Estudio III [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

humana (aludiendo al título del Estudio). Más adelante el Estudio se complica, en concreto en la parte central con el uso del *acelerando*, grupetos, trinos y acentos. Estos grupetos son complejos en su ejecución, ya nos hemos referido a su dificultad anteriormente en este Capítulo (p.ej. Estudio III de BA Zimmermann (1972)). Otro factor a considerar, son los golpes de arco como el *spicatto*, el cual observamos por primera vez en esta obra. Su utilización complica la ejecución ya que contiene indicaciones dinámicas y, como en los Estudios anteriores, estas son extremadamente explícitas. Sin embargo el *spicatto* es un golpe de arco tradicional y su metodología de estudio se encuentra en ese campo. Aunque además del control técnico, se ha de sumar un control de la sonoridad o idea sonora lo que conllevará una reflexión y estudio previo exhaustivo sobre la misma. Volvemos a hablar en este Estudio del uso ambivalente de ambos lenguajes al igual que en los anteriores.

◆ Estudio IV: *Burlesque*

La indicación de tempo en este Estudio es mayor que en el Estudio III y el tipo de compás $\frac{3}{4}$, ayuda a ejecutar la descripción del título del Estudio, *burlesque* (humorístico) por su carácter

bailable. Como podemos observar en la Figura 29, es un Estudio con variedad de golpes de arcos: *spicatto*, *spicatto ligado*. Volvemos a observar muchas indicaciones dinámicas tal como ya hemos referido en los Estudios anteriores. El objetivo técnico de esta pieza es el estudio del golpe de arco *spicatto* junto con las ya nombradas dinámicas. En la técnica tradicional encontramos ejemplos suficientes sobre este golpe de arco como ya hemos comentado en el Estudio anterior. Sin embargo, lo que convierte este Estudio en la



Figura 29. Comienzo del Estudio IV [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

profundización de un nuevo concepto técnico, es la interacción con otros elementos (dinámicas y diferentes *spicatto*). Es por ello que si bien, la técnica tradicional nos sirve como herramienta para la solución de su ejecución, el Estudio con los nuevos elementos debe buscar soluciones novedosas basándose en la idea sonora que el compositor plasma.

◆ Estudio V: *Dolce*

Este Estudio V está dividido en tres secciones que a su vez están también divididas por indicaciones de tempo. Tal como podemos observar en la Figura 30, las indicaciones de



Figura 30. Al comienzo del Estudio V [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

abundantes dinámicas recuerdan al primer Estudio porque trata de nuevo la gama de *pianos* en *legato*. En este Estudio se utiliza la herramienta de la sordina y con ello observamos la conexión con el título del Estudio por su textura sonora –*piano dolce*-. Ya hemos visto en los *Preludes* de S. Gubaidulina (1979) el uso de la sordina como herramienta de textura sonora aunque en este Estudio no se utiliza de la misma forma. En este caso, la pequeña diferencia entre los cambios dinámicos de las notas sostenidas en ligaduras largas, es la característica principal de este Estudio. Hemos de recordar como también en la técnica tradicional se asocia

el uso de la sordina a la dulzura sonora al igual que en este caso. Por tanto estamos dentro del contexto de lo analizado en los Estudios anteriores.

◆ Estudio VI: *Triller*

Como el título indica, este Estudio está escrito para la práctica del trino en diferentes modalidades: trinos en las notas largas, notas cortas, durante *glisando*, etc. Podemos observar, (Fig. 31) como los trinos se desarrollan sucesivamente lo que implica un trabajo técnico de articulación de mano izquierda. Ya hemos comentado la necesidad de analizar el peso de los dedos para digitar piezas con gran intervención de mano izquierda como esta. Para aumentar



Figura 31. Mitad del Estudio VI [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

la capacidad sonora mediante los trinos se puede aumentar la frecuencia de los mismos así como jugar en general con la velocidad del dedo a batir, p.ej. de más lento a más rápido para aumentar el volumen. El trabajo técnico de articulación de mano izquierda es propio de la técnica tradicional y su estudio puede realizarse desde esa perspectiva. Sin embargo el compositor añade elementos no tradicionales, p.ej. muchos de estos trinos se encuentran en *glissandi* ascendentes. Además, como ya hemos indicado, hace uso de nuevo de dinámicas explícitas que junto con elementos propios del lenguaje contemporáneo (*glissandi*), vuelven a mezclar los lenguajes y por tanto a utilizar la técnica tradicional junto con nuevos conceptos que dan pie a la búsqueda de soluciones técnicas originales.

◆ Estudio VII: *Doppelgriffe*

Ultimo Estudio basado en el uso de las dobles cuerdas combinadas con otros elementos como trinos, *glissandi*, etc. Las dobles cuerdas tal como podemos observar (Fig.32) aparecen ligadas



Figura 32. Dobles cuerdas al comienzo del Estudio VII [*Siete Estudios*, I. Yun (1993)]

y con diferentes dinámicas. También utilizan diferentes intervalos e incluso la voz inferior actúa como nota pedal (final del sistema Fig.32). Con el uso de la doble cuerda la intensidad sonora aumenta, pero a su vez también se incrementa la dificultad técnica por la colocación de la mano izquierda y la mano derecha sobre dos cuerdas. La afinación de los intervalos resulta complicada y es necesario establecer digitaciones previamente así como su estudio intensivo para la automatización. Es por ello que este Estudio contiene gran implicación de la mano izquierda, además, los intervalos a reproducir no son los que se estudian en el método tradicional: terceras, sextas quintas, etc., en este Estudio aparecen intervalos de valor aumentados y disminuidos. Para la realización de los mismos el peso y la velocidad de arco son fundamentales en la emisión de un sonido estable y en la afinación, también entra en juego el ángulo de orientación del codo para poder tocar las dos cuerdas a la vez. La estabilidad del arco en la doble cuerda facilitará la ejecución de la afinación del intervalo en la mano izquierda, mientras que de lo contrario la tendencia es a desafinarse. Las diferentes figuras rítmicas hacen que las dobles cuerdas se tengan que realizar en diferentes lugares del arco: talón, punta, o medio arco; ello supone además un estudio de estabilidad sonora para lograr independencia de arco independiente de donde se encuentre. Todo ello determinado por las dinámicas precisas que siguen siendo las protagonistas de los Estudios de este compositor. Es en este punto donde salimos de la técnica tradicional y entramos en un nuevo territorio ya que los reguladores escritos forzarán el paso del arco de manera diferente a la lógica tradicional. En definitiva, son las dinámicas quienes determinan peso, velocidad y lugar de emisión sonora del arco y éstas no son de carácter tradicional. Este Estudio utiliza un elemento ampliamente conocido por el violonchelista, la doble cuerda, pero lo transforma y le añade una característica personal, las dinámicas explícitas, lo que nos conduce a un nuevo lenguaje que si bien parte del tradicional suma nuevos factores contemporáneos como los que hemos observado.

Los Estudios son presentados por el compositor con indicaciones y dinámicas muy precisas mediante el uso de reguladores tal y como hemos observado en todos ellos. Esta característica sumada a los otros elementos técnicos que hemos ido detallando, hacen de estos Estudios en su conjunto un análisis sonoro la textura del violonchelo. Si bien la grafía utilizada en ellos es la tradicional, podemos afirmar que al igual que en los Estudios de B.A. Zimmermann (1972) y los Preludios de S. Gubaidulina (1979), esta composición está escrita en lenguaje contemporáneo por una serie de razones. La primera es la ausencia de tonalidad, así como lo

más importante: dinámicas y reguladores extremos, una característica propia de la obra de este compositor que busca en variabilidad de la sonoridad su propio lenguaje. Como ya hemos comentado, la técnica tradicional tiene bastante protagonismo en estos Estudios, pero la introducción de las características sonoras propias del compositor hacen que no se puedan solucionar todos los problemas técnicos desde esta perspectiva. Nuevas ideas de elaboración sonora y por tanto dinámica corporal sobre todo centradas en la mano derecha (velocidad de arco, peso del miso, lugar de producción, etc.), aparecen en la técnica e interpretación junto con la novedosa idea de la sonoridad del violonchelo mediante el uso extremo de reguladores y dinámicas. Las tres obras analizadas aportan tres líneas conceptuales diferentes aunque interrelacionados:

- La obra de B.A. Zimmermann (1972) aporta nuevos conceptos técnicos dentro de la técnica extendida del instrumentos
- La obra de S. Gubaidulina (1979) aporta una mezcla de conceptos tradicionales junto con nuevos conceptos de la música contemporánea
- La obra de I. Yun (1993) aporta nuevas ideas sonoras que influyen en la técnica del instrumento mediante dinámicas, uso extremo de reguladores etc.

Son estos Estudios muy intensos en su búsqueda de sonoridades, más que el uso de nuevas técnicas requieren de una nueva concepción de sonido que difiere de la tradicional. En nuestra opinión este concepto implica un cambio de percepción estilística y por tanto su reflejo en la técnica del instrumento. Es decir, si bien la técnica tradicional parte como base de ejecución nuevos niveles de expresión inciden sobre ella buscando otras maneras de interpretación. Es por ello que si bien no entra en juego un cambio de percepción técnica de forma directa si se pueden aparecer factores variables a través de la búsqueda de las nuevas sonoridades que indica el compositor en la partitura.

4.4. Tablas

Resumimos a continuación en las siguientes tablas las técnicas instrumentales a utilizar en las piezas según las partes ejecutoras y aquellos elementos fundamentales más comunes que comparten las tres obras analizadas anteriormente. Las técnicas son aquellas que sirven para el uso de recursos sonoros novedosos, propios del lenguaje contemporáneo, más utilizados

según cada compositor y que están relacionados con la cinestesia o dinámica corporal mediante la utilización de técnicas no tradicionales.

Tabla 1: *Cuatro Estudios para violonchelo solo* (1972) de B.A. Zimmermann.

	PARTES EJECUTORAS		ELEMENTOS FUNDAMENTALES		
	Mano derecha	Mano izquierda	Ritmo	Dinámicas	Armónicos
T É C N I C A S	Percusión batidor	<i>Legato</i>	Tempo libre		Artificiales
	Digitados característicos	<i>Stacatto</i>	Tempo definido		Naturales
	<i>Glissandi</i>	<i>Spicatto</i>	Uso de grupetos		
	Dobles cuerdas	Dobles cuerdas			

En Tabla 1 aparecen técnicas las cuales son producidas por mano derecha e izquierda y que no pertenecen a la técnica tradicional del violonchelo. Son técnicas propias de la música contemporánea y se pueden incluir en la técnica extendida del violonchelo. También aparecen elementos o recursos fundamentales del lenguaje contemporáneo comunes a las tres obras analizadas en este capítulo.

Tabla 2: *Diez Preludios para violonchelo solo* (1979) de S. Gubaidulina

	PARTES EJECUTORAS		ELEMENTOS FUNDAMENTALES		
	Mano derecha	Mano izquierda	Ritmo	Dinámicas	Armónicos
T É C N I C A S	<i>Legato</i>	Percusión batidor	Libre tempo	Precisas	Artificiales
	<i>Stacatto</i>	Digitados característicos	Tempo definido		Naturales
	<i>Spicatto</i>	<i>Glissandi</i>			
	Dobles cuerdas	Dobles cuerdas			
	Acentos	Articulación extrema			
	Ligaduras				
	<i>Ricochet</i>				
	Arco: talón-punta				

En Tabla 2 aparecen técnicas las cuales son producidas por mano derecha e izquierda y que no pertenecen a la técnica tradicional del violonchelo. Son técnicas propias de la música contemporánea y se pueden incluir en la técnica extendida del violonchelo. También aparecen elementos o recursos fundamentales del lenguaje contemporáneo comunes a las tres obras analizadas en este capítulo.

Tabla 3: Siete *Estudios para violonchelo solo* (1993) de I. Yun

	PARTES EJECUTORAS		ELEMENTOS FUNDAMENTALES		
	Mano derecha	Mano izquierda	Ritmo	Dinámicas	Armónicos
T É C N I C A S	Percusión batidor	<i>Legato</i>	Libre tempo	Reguladores	Artificiales
	Digitados característicos	<i>Stacatto</i>	Tempo definido	Dinámicas expresivas y extremas	Naturales
	<i>Glissandi</i>	<i>Spicatto</i>			
	Dobles cuerdas	Dobles cuerdas			
	Percusión batidor				
	Digitados característicos				
	<i>Glissandi</i>				
	Dobles cuerdas				
	Trinos				

En Tabla 3 aparecen técnicas las cuales son producidas por mano derecha e izquierda y que no pertenecen a la técnica tradicional del violonchelo. Son técnicas propias de la música contemporánea y se pueden incluir en la técnica extendida del violonchelo. También aparecen elementos o recursos fundamentales del lenguaje contemporáneo comunes a las tres obras analizadas en este capítulo.

5. Capítulo II: análisis y discusión de las obras españolas para violonchelo solo compuestas desde 1970.

En este capítulo analizaremos las obras españolas compuestas a partir de 1970. De las obras recopiladas hemos realizado un primer análisis sobre los siguientes aspectos:

- Práctico e interpretativo: relativo al estudio e interpretación de las obras.
- Estilístico: breve análisis del lenguaje en lo referente a la grafía y al uso de herramientas contemporáneas o tradicionales.

El objetivo de llevar a cabo este análisis es determinar el lenguaje en el que las composiciones recopiladas se encuentran escritas. Es decir, dilucidar si están escritas de un lenguaje y técnica tradicional, o por el contrario, contienen características, recursos y elementos de la música contemporánea. Una vez realizado dicho estudio, el criterio que hemos seguido para seleccionar las obras que serán objeto de un análisis en profundidad en este capítulo ha sido el de seleccionar aquellas composiciones que están compuestas en lenguaje contemporáneo. Además, dado la gran cantidad de repertorio existente para violonchelo, limitaremos el ámbito geográfico de nuestro estudio a la música académica compuesta en España aproximadamente a partir de 1970. Hemos elegido la fecha de partida, 1970, porque como ya hemos explicado en la introducción de este trabajo, el repertorio para violonchelo comienza a mostrar nuevos recursos sonoros, nuevas técnicas se requieren para la interpretación y además aparecen obras con contenido pedagógico como las que hemos analizado en el capítulo anterior. Es decir, surgen nuevos modelos técnicos que se encuentran en relación con los siguientes conceptos:

- Sonoros: la manera de entender el sonido (recursos sonoros, *scordatura*, etc.).
- Estilísticos: cambia la relación interprete/compositor mediante las indicaciones en la partitura, las grafías, etc.
- Técnicos: aquellos parámetros que hacen posible los dos modelos anteriores, es decir, la manera/forma de tocar el violonchelo.

Consideramos que estos tres conceptos son la base de la nueva música y su interpretación. Ya en el capítulo anterior hemos estudiado por su contexto pedagógico tres obras para violonchelo solo: *Four Short Studies for Cello Solo* de B.A.

Zimmermann (1970), *10 Preludes* de S. Gubaidulina (1979), *Seven Etudes for Violoncello Solo* de I. Yun (1993), tres piezas de ámbito geográfico internacional y escritas en lenguaje contemporáneo. En ese análisis observamos, como obras tempranas en la música contemporánea difieren de la técnica tradicional del violonchelo e incorporan nuevos modelos que no sólo son sonoros y técnicos sino también estilísticos. Por tanto, en línea con ese análisis en este capítulo vamos a analizar en profundidad composiciones que utilizan el lenguaje de la música contemporánea y también contienen elementos tradicionales al igual que ya encontramos en las composiciones anteriormente analizadas. En estudios anteriores (Fallowfield, 2009), ya se ha tratado de establecer un mapa de la técnica del instrumento, unificando los conceptos de la técnica tradicional y la llamada *técnica extendida del violonchelo*. En nuestro análisis profundizaremos en cómo ambos parámetros coexisten y de qué manera los nuevos recursos que no se practican en el estudio tradicional de la técnica del instrumento se introducen y utilizan.

❖ Procedimiento de Análisis

Como ya señalamos en el apartado de Metodología, el análisis de las obras ha sido enfocado desde la percepción práctica del intérprete, lo cual ha supuesto llevar a cabo los siguientes pasos:

- I. Lectura de la obra.
- II. Estudio de las características técnicas.
- III. Estudio de las características estilísticas.
- IV. Interpretación de la obra.

En resumen, se analizarán los movimientos corporales y también los cambios estilísticos que se producen para la interpretación del repertorio propuesto tratando de profundizar desde una perspectiva práctica en todo aquello que produce un cambio de percepción en el intérprete ya sea técnico o interpretativo (Nonken, 2002; Rink, 2002). Además, para poder ordenar el análisis, lo hemos dividido en tablas numeradas (Anexo I) donde se dividen los recursos según la parte del cuerpo más comprometida en realizarlos, por ejemplo: si se trata de un golpe de arco nos referiremos a la Tabla II,

mano derecha con arco. Son tablas muy similares a las utilizadas en el primer capítulo aunque elaboradas con mayor detalle. Aunque la realización de los movimientos de interpretación nunca son aislados -no se mueve un brazo mientras el otro reposa sino que interactúan entre ellos- hemos catalogado los recursos técnicos y estilísticos (efectos, elementos, etc.) relacionando el movimiento o manera de producción sonora con la técnica del instrumento, es decir, hemos aislado la fuente/origen del movimiento y la hemos conectado con la producción del sonido, efecto, etc. De esta manera continuamos con la tendencia o manera de estudio propia de la técnica tradicional, la cual divide en pequeños compartimentos el estudio de los elementos para después unificarlos. El resultado de este procedimiento se puede resumir en tres partes donde se produce el movimiento que son la fuente de creación de sonido. Las denominaremos “fuentes primarias” porque sin ellas no se puede producir sonido en el violonchelo y son las siguientes:

1. Mano izquierda (Tabla I)
2. Mano derecha con arco (Tabla II)
3. Mano derecha sin arco (Tabla III)

Además de estas tres tablas hemos añadido dos más las IV y V. La Tabla IV trata de recursos sonoros y estilísticos (conceptos técnicos no tradicionales, algunos de estilos musicales anteriores a 1970, como los referidos al tempo y estilo, p.ej. *presto-grazioso* o el uso de sordina). Por último, la Tabla V es una tabla que recoge aquellos recursos que para realizarlos comprometen a más de una parte del cuerpo, incluso implican globalidad corporal o en relación con otra parte, ya sea fuente primaria o no. La realización de esta última tabla muestra recursos complejos, inéditos, o la suma de los mismos. Esta tabla merece una mención especial porque trata el cuerpo en su globalidad y por tanto se refiere a la dinámica corporal o cinestesia (Le Guin, 2006). Pero no solamente el cambio de dinámica corporal está presente en esta tabla sino que también puede estar presente en las anteriores mediante las diferentes fuentes. Además se muestran elementos referentes a la grafía, el tempo, la interpretación, la sonoridad y otros. Por todo ello en esta Tabla V colocaremos todos aquellos recursos, características y elementos que estén en línea con nuestra primera hipótesis, es decir, que impliquen el uso de nuevos modelos técnicos y por tanto un cambio de percepción. Además de las tablas referidas, realizamos un estudio descriptivo de las mismas en el que se analiza, describen y comentan con ejemplos prácticos, las obras con especial atención a aquellos

elementos de la nueva música que estén en línea con nuestra primera hipótesis. Las obras seleccionadas que se corresponden con el lenguaje de la música contemporánea son las que figuran en la siguiente tabla A:

Tabla A

Título	Año	Duración	Compositor
<i>Que cet ardent sanglot</i>	1980	9'50	Félix Ibarrondo
<i>Ofrenda</i>	1982	18'	Luis de Pablo
<i>De Amore</i>	1995	11'	Mauricio Sotelo
<i>Deploratio</i>	1997	6'	Jose M. Sánchez-Verdú
<i>Partita Piatti</i>	1999	20'	Tomás Marco
<i>Tytlak</i>	2001	5'	Laura Vega
<i>Cello Prieto</i>	2006	7'	Tomás Marco
<i>Tres soliloquis</i>	2007	18'	Joaquim Homs
<i>Quasi una Sonata</i>	2011	18'	Taberna Bech
<i>Ausencia de Ángel</i>	2011	7'	Enrique Muñoz
<i>Spell</i>	2014	10'	Voro García

Las obras que no hemos incluido para el análisis dado que no presentan, en nuestra opinión, características de lenguaje contemporáneo son: *Suite en re menor Homenaje a Pau Casals*, Enric Casals (1973) y *Sollievo*, Josep Vicent Bàguena i Soler (1973).

❖ Obras analizadas

5.1. *Que cet ardent sanglot*, Félix Ibarro (1980).

Ésta obra consta de un único movimiento, la grafía y características o recursos de la música contemporánea que aparecen en ella lo hacen en gran número, por lo que podemos establecer que está escrita en el lenguaje de la música contemporánea. En ella, aparecen características innovadoras de la nueva música en contraste a la anterior a 1970, como por ejemplo: la falta de compás, que también observaremos más adelante en bastantes ocasiones. Esta composición, como ya hemos comentado, es una obra rica en recursos estilísticos y por tanto tímbricamente. A continuación mencionaremos aquellas características más singulares que atañen a nuestro estudio y que hemos colocado en las tablas IV y V.

• *Inexistencia de tipo de compás*

En esta obra no aparece escrita referencia alguna al tipo de compás, pero sí encontramos en cambio una indicación de tempo: negra aproximadamente a 112. Aparece también una referencia al minutaje, en concreto, se indican los segundos de duración en los calderones. La obra está escrita sin compás pero con valores métricos: negra, corcheas, etc. Es por ello, que esta obra dispone de métrica y de tempo aunque con ausencia de compás, lo que deja al intérprete libertad dentro de unos parámetros determinados. En ocasiones, se intercalan *comas* de respiración o reposo en lugares con dinámica de *fortísimo* lo que ayudará a mantenerla, controlar el peso, y el golpe del arco. Estas *comas* actúan como un freno de mano en dinámicas extremas intercaladas, ya que controlan la inercia del brazo de continuar en *fortísimo* y, posibilitan controlar el movimiento para realizar la dinámica indicada. Por tanto, el compositor escribe estas *comas* o respiraciones en lugares convenientes para ayudar a ejecutar dinámicas y por tanto facilitar técnicamente su ejecución. Es decir, de una manera práctica el compositor colabora mediante la utilización de recursos en la interpretación de la pieza.

- **Escritura en dos pentagramas**

Este tipo de escritura en dos pentagramas aparece en varios lugares de la obra. En algunas ocasiones (Fig.1) el compositor escribe en un segundo pentagrama superior,



Figura 1. Cuarto pentagrama [*Que cet ardenet sanglot*, F. Ibarrondo (1980)]

porque la tesitura es muy alta y por ello facilita su lectura. Sin embargo, podemos observar otro ejemplo (Fig.2) donde aparece un pentagrama en la parte inferior sin cambio de tesitura. Este caso lo denominaremos *segunda voz* ya que presenta diferentes características. La segunda voz, la nombramos así porque la primera voz (línea superior) permanece en silencio y, mientras, aparecen elementos nuevos en el pentagrama de abajo. Teniendo en cuenta estas dos voces una posibilidad sería la de

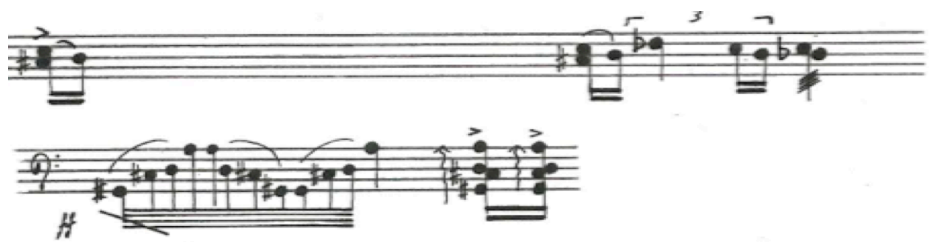


Figura 2. Quinto pentagrama. [*Que cet ardenet sanglot*, F. Ibarrondo (1980)]

establecer diferentes tipos/estilos de interpretación por voz, p.ej. en la segunda voz podría ser posible un cambio de color de sonido u otras acciones que la diferenciaran de la primera mediante el cambio de velocidad/presión de arco. En todo caso, será a elección del instrumentista como llevar a cabo la misma.

- **Indicaciones estilísticas: libre, inmóvil, nervioso, fugitivo**

Estas indicaciones estilísticas aparecen a lo largo de toda la obra, indicadas con diferentes adjetivos; todas ellas en relación a un estado de ánimo. Estamos hablando de indicaciones descriptivas para el violonchelista que, en este caso, resultan también ser características visuales. Un ejemplo es “inmóvil”, u otro “nervioso”, en referencia a un

estado de ánimo. La indicación “inmóvil” resulta curiosa ya que el violonchelista no podrá permanecer inmóvil para interpretar la pieza, ha de tocar el violonchelo y para ello es indispensable el movimiento. Sin embargo, el compositor indica de manera descriptiva este adjetivo con el fin de dar una idea visual al intérprete e influir en su idea interpretativa. Por ello, creemos que con este tipo de indicaciones el compositor demanda del artista una idea de estilo; mediante nombres y adjetivos se ofrece la imagen mental de la atmósfera a crear en cada momento e incluso la apariencia visual en la que el intérprete debe presentarse al público. En lugar de utilizar las indicaciones tradicionales p.ej. *allegro, andante, lento, etc.*, el compositor utiliza estados de ánimo, si bien siguen siendo indicaciones de estilo, como en la música tradicional, aparece un cambio de lenguaje claramente más visual.

• **Cambios bruscos de tesitura**

A lo largo de esta obra aparece en muchas ocasiones cambios bruscos de tesitura (Fig.3) o lo que es lo mismo: movimientos grandes de la mano izquierda a lo largo del batidor, o saltos de cuerda con el arco. Este hecho no es en sí mismo una nueva técnica, pero presenta más características: no sigue una línea melódica y además interactúa con diferentes recursos de la nueva música como observamos en las indicaciones escritas en



Figura 3. Página 3, sexto pentagrama. [*Que cet ardenet sanglot*, F. Ibarrondo (1980)]

la partitura. En este ejemplo, observamos un *glisando* ascendente y descendente en la primera cuerda (La) en posición avanzada o alta en el batidor y, a continuación, en la cuerda Do (la más grave) un *pizzicato Bartok*. En definitiva, la música está escrita desde una tesitura muy aguda hasta la más grave. Podemos observar como además, el

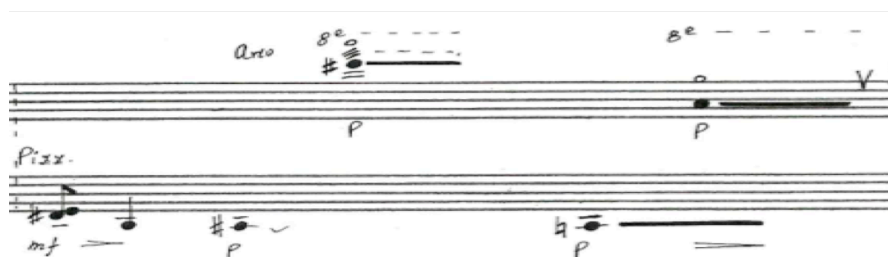


Figura 4. Página 9, final de la obra. [*Que cet ardenet sanglot*, F. Ibarrondo (1980)]

compositor escribe de nuevo en dos pentagramas para abarcar esta gran distancia. En el siguiente ejemplo (Fig.4) partimos de la cuerda Do y Sol en *pizzicato* y a continuación nos dirigimos a la cuerda La, con una nota armónica muy aguda (se señala octava aguda). Seguimos observando escritura de grandes distancias en el batidor del instrumento. Estos cambios bruscos de tesitura suponen un movimiento corporal de gran importancia dada las dimensiones del instrumento; los aspectos técnicos incluyen además del estudio de las distancias para su afinación, un cambio de orientación del cuerpo. Es decir, cuando se toca la cuerda de La (la más aguda), el cuerpo estará orientado hacia esa cuerda, más aún si son notas muy altas en el batidor. Para cambiar de la cuerda La a la cuerda Do, se necesitará colocar el arco en el lugar y ángulo adecuado; junto con la orientación del cuerpo hacia la derecha, ya que en este caso se trata de tocar la cuerda Do. Estos movimientos son perceptibles visualmente para el oyente, además han de producirse teniendo en cuenta el equilibrio del instrumentista con respecto al centro de gravedad del conjunto (cuerpo-instrumento). El control del arco, *pizzicato*, etc., depende de como se afronten estos cambios de tesitura tan grandes ya que de la dinámica del conjunto (cinestesia) va a depender la realización de las arcadas o *pizzicatos* correspondientes escritos en la partitura.

- ***Libre elección de arco o pizzicato***

Simplemente el hecho de que el compositor ofrezca la libertad de elección entre arco o *pizzicato*, hace de este recurso una característica poco común en el repertorio para violonchelo. Esta herramienta va más allá de la propia idea interpretativa del violonchelista y ofrece la posibilidad de escoger un elemento que raramente es elegible, lo que lo hace poco usual. Como observamos (Fig.5) el pasaje trata de acordes

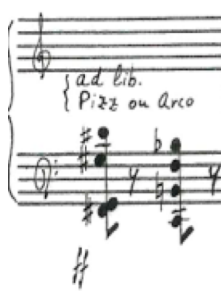


Figura 5. Página 8, último pentagrama. [*Que cet ardenet sanglot*, F. Ibarrondo (1980)].

verticales que pueden ser realizados de dos maneras que propone el compositor. Estos acordes de tres o más notas los hemos denominado “acordes direccionales” (Tabla II);

porque se pueden tocar en dos direcciones: de abajo hacia arriba (cuerda más grave a cuerda más aguda), o de arriba a bajo (cuerda más aguda a cuerda más grave). También se pueden tocar de una manera arpegiada o en bloque (Tabla V). Para ejecutar estos acordes de cuatro notas, se pueden digitar repartiendo una nota en cada cuerda, lo cual sería lo más lógico o no se podrían tocar las notas simultáneamente. Ante la elección arco o *pizzicato* (Fig.5) vamos a analizar en primer lugar el *pizzicato*. Las distintas opciones que se podrían seleccionar para tocar los acordes son:

- ◆ De la nota más grave y por tanto de la cuerda más grave a la más aguda en un arpegiado con pulgar, es decir, ascendente.
- ◆ De la nota más aguda a la más grave, y por tanto de la cuerda La a la cuerda Do con segundo o tercer dedo, es decir, descendente.

Pero como observamos en la figura (Fig.5), no aparecen las usuales flechas de dirección, por lo que podríamos pensarlo de otra manera:

- ◆ En bloque, utilizando el dedo índice y el corazón para La y Re respectivamente; y Sol y Do, con el pulgar.

La última elección sería la que nos parece más apropiada para llevar a cabo la dinámica *fortísimo*, dado a que como hemos comentado, no aparecen flechas de dirección.

En segundo lugar, con el arco, la interpretación puede realizarse de varias maneras:

- Arpegiado ascendente o descendente según el tipo de arcada: sería adecuado utilizar arco abajo por la lógica del peso independientemente de la elección es ascendente o descendente.
- De dos en dos cuerdas ascendente: de grave a agudo Do-Sol, y Re-La.
- Movimiento vertical de caída horizontal con intención de hacer resonar las cuatro cuerdas (algunas por simpatía), si resultase imposible podría probarse tres cuerdas y orientando el arco hacia la cuarta.

La última manera propuesta, parece la más lógica, ya que utiliza la inercia del brazo y ayudaría a realizar la dinámica indicada de *fortísimo*; también porque utiliza todo el peso del arco (talón) y visualmente resultará notorio.

- ***Pizzicato con cambio de direcciones***

Para la realización de este recurso es necesario analizar el “donde” y el “hacia”, es decir, si se ha de ejecutar desde la cuerda o bien si no es así, a qué altura se ha de colocar la mano para comenzar el acorde. Además, se produce un movimiento en el brazo derecho que creará un efecto visual de movimiento brusco y que es fácilmente observable por el espectador. El uso de esta herramienta puede relacionarse con la

dinámica, de esta manera los acordes de arriba a abajo producen una dinámica mayor ya que puede depositarse todo el peso del brazo sobre la cuerda. Al levantar el brazo, en un movimiento ascendente, su caída será a mayor velocidad e incluso sonarán cuerdas por simpatía. Sin embargo esto no significa que su realización al revés, de abajo a arriba, no sea posible y en todo caso es a elección del instrumentista según su criterio de cinestesia.

• **Calderones con indicación de tempo en segundos o très long**

Podemos observar en el comienzo de la obra (Fig.6) calderones con indicación de duración, en este caso de cuatro segundos. También se observan aunque no lo



Figura 6. Comienzo de la obra, primer pentagrama. [*Que cet ardenet sanglot*, F. Ibarrondo (1980)]

mostramos, a mitad de la pieza y al final, pero con una variación de la indicación de duración: en lugar de poner los segundos indica *très long*. La indicación de los segundos exactos podría ser debido a que no hay compás, por lo que si intentáramos darle un valor, no tendríamos la certeza de cual sería, sin la indicación que el compositor nos sugiere. Estos espacios en silencio cuidadosamente medidos podrían interpretarse como una cierta métrica. Al final de la partitura el compositor escribe un calderón con una indicación de *muy largo*. Podemos preguntarnos ¿Cuánto tiempo sería adecuado en la última nota, ya que la indicación no es específica? Lo curioso es que el calderón no está sobre ninguna nota sino encima del silencio, por tanto, podemos hablar de calderón interpretativo, ya que aun cuando no suena nada debemos mantener al espectador en tensión hasta que decidamos finalizarlo. Es este un elemento visual, además de corpóreo ya que nuestro lenguaje corporal debe de transmitir al espectador el final de la obra, la desaparición del movimiento por completo. Por ello hemos destacado este recurso en la Tabla V.

En resumen, en esta composición hemos señalado diferentes recursos, estilo y características propios de la música contemporánea. Resaltamos en la misma la libertad

interpretativa que el compositor otorga al intérprete con la ausencia de compás o la posibilidad de libre elección entre arco o *pizzicato*. Esta elección junto con las otras herramientas que hemos señalado, inciden claramente en la dinámica corporal del chelista. Además, la libertad interpretativa señalada, es una característica importante que difiere de la música escrita en estilos musicales anteriores a 1970 y por tanto, propia del repertorio escrito para el instrumento en el s XX otorgando un papel más activo al instrumentista en su interpretación.

5.2. *Ofrenda*, Luis de Pablo (1982).

Ofrenda es una obra en seis movimientos o secciones. Esta pieza, escrita en lenguaje contemporáneo, es muy explícita en cuanto a indicaciones del compositor, tanto estilísticas (dinámicas, *vibrato*, etc.) como rítmicas. Además encontramos a lo largo de la pieza, informaciones técnicas dirigidas al instrumentista. A continuación nos detendremos en aquellas características técnicas instrumentales que se resumen en las tablas III, IV y V.

- ***Vibrato***

Desde el primer compás encontramos una indicación muy explícita sobre el uso del *vibrato* por parte del compositor. Lo mismo ocurre al comienzo del segundo movimiento, y así se repite a lo largo de la obra; es decir, el compositor indica explícitamente la manera/forma de usar este recurso. La distinción del uso del *vibrato*, es decir, su frecuencia e intensidad se especifica en algunas ocasiones en el repertorio tradicional para violonchelo; aunque es el intérprete quien usualmente lo varía en frecuencia e intensidad como medio expresivo según su criterio. Es en el lenguaje contemporáneo donde elementos como este se utilizan como técnica más que como medio de expresividad y toman importancia para la creación de colores sonoros y texturas tímbricas por medio de indicaciones del compositor.

- ***Arco y pizzicato mano izquierda al mismo tiempo***

Este recurso -de dos pentagramas- aparece escrito con una grafía que ya hemos tratado en la obra anterior *Que cet ardenet sanglot*, Ibarondo (1980). Esto lo vamos a ver repetido en más ocasiones a lo largo del análisis. Se produce porque, como ya hemos explicado, abarca una amplia tesitura y resulta más cómodo para su lectura. Como

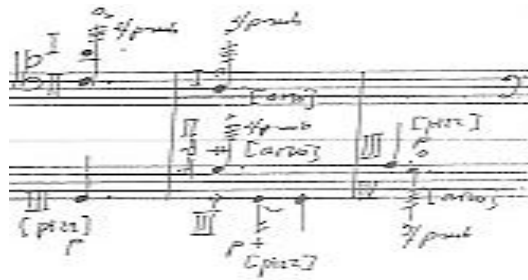


Figura 7. Tres últimos compases de la primera página [*Ofrenda*, Luis de Pablo (1982)]

observamos en la partitura (Fig.7) el *pizzicato* de mano izquierda se encuentra en la base - pentagrama inferior- mientras que el arco se encuentra escrito en el pentagrama superior. De manera práctica el arco toca dos cuerdas como “casi un acorde” junto con el golpe de arco *tremolo*. Además, debemos añadirle la indicación de dinámica –*piano*- en el *pizzicato* aun cuando el arco toca al mismo tiempo con otra diferente: *forte*. Por todo ello, trataremos este pasaje como una interacción de recursos, ya que en encontramos mucha cantidad de ellos en poco espacio de tiempo: mano izquierda en *pizzicato* de cuerda al aire Sol y digitado para las notas escritas en pentagrama superior; y mano derecha en *tremolo*. Podríamos denominar este pasaje, o en general, esta manera de entender la interacción entre ambas elementos “multi-recurso”. A continuación nombraremos aquellos que aparecen repetidos en la pieza interactuando entre sí:

- a) *Pizzicato* mano izquierda
- b) Acorde con notas naturales y armónicos
- c) Indicación de dinámica para el *pizzicato* mano izquierda y el arco
- d) Golpe de arco *tremolo*



Figura 8. Primeros compases, pág. 5. [*Ofrenda*, Luis de Pablo (1982)]

Otro ejemplo es el mostrado en la Figura 8. En ese momento de la obra podemos observar como, mientras el arco toca corcheas en *sul ponte*, aparecen *pizzicatos* de mano izquierda en cuerda al aire. Otra vez nos encontramos con indicaciones dinámicas

en ambos pentagramas lo que proporciona una información muy completa al instrumentista. Hemos colocado este “multi-recurso” en Tabla V porque contiene nuevos movimientos técnicos, que implican movimientos corporales diferentes con respecto a la técnica tradicional del instrumento y además resulta ser la suma de varios recursos. Es decir, para ejecutar los *pizzicatos* de mano izquierda junto con las escritas en la primera voz, la mano debe encontrar la orientación necesaria para poder realizar la ejecución de todas las notas, aun cuando su posición no sea la tradicional (redonda y con todos los dedos sobre el batidor de manera anatómica). Ocurre lo mismo con la digitación a encontrar: debe de ser la más apropiada a la mano del instrumentista con el fin de su ejecución; esto implica tener en cuenta las características físicas del intérprete para la búsqueda de soluciones técnicas. Con ello queremos dar a entender que una mano más grande digitará el pasaje de una manera diferente a una mano pequeña, aunque esto es bastante relativo ya que factores como su elasticidad influyen decisivamente en los digitados. Por tanto, si bien la realización de este recurso es llevado a cabo por las fuentes primarias en relación entre sí, de las que hemos hablado en la introducción; aparecen elementos que establecen nuevos modelos técnicos para la interpretación del pasaje. Estos, activan además la cinestesia del instrumentista por la búsqueda de soluciones técnicas novedosas.

- ***Sordina***

Aunque el uso de la sordina no es un recurso propio de la música contemporánea, lo contemplamos en esta pieza como una característica de la misma por el uso original que se le da. El compositor la utiliza en movimientos intercalados: segundo y cuarto y, en conjunto no se corresponde con el uso tradicional de la misma. En este caso no hablamos solamente de cambio de color del sonido, textura y timbre, hablamos también de caracterizar a los movimientos de la obra con un elemento tímbrico especial.

- ***Indicaciones de tempo y estilo***

Otra característica a resaltar son las indicaciones de tempo que el compositor escribe en los movimientos I, III, V y VI; además junto con la indicación de negra y corchea aparece en todos estos movimientos las palabras *flessibile* y *assai libero*. No es así en los movimientos II y IV donde la indicación de tempo es: *in tempo*. Por tanto, en las indicaciones de *flessibile* y *assai libero* se da un ambiente de libertad en el tempo, lo cual es una indicación de estilo dirigida hacia el instrumentista para procurarle una idea

interpretativa. Resulta curioso que junto a la indicación, se encuentra escrito el tempo correspondiente en negra y corchea, lo que ofrece pistas sobre el estilo y la atmósfera a crear que el compositor propone. Este tipo de indicación, nos recuerda a las de la obra que hemos visto anteriormente de Ibarrondo (1980), donde también el compositor proponía la palabra “libre” como descriptor. Esta característica conduce al instrumentista a pensar en la interpretación de una manera diferente a la tradicional, ya que exige de él el estudio y concentración a fin de aportar algo más que el tempo correcto, es decir, para crear la atmósfera que se le propone mediante indicaciones. Otra característica interesante, que aparece en diversas ocasiones es la indicación de *Si es possibile* que casi podríamos considerar como un consejo. El violonchelista se encontrará en la necesidad de seguir las indicaciones del compositor, pero al escribir *si es posible*, aparece un margen donde el instrumentista ejercerá su propia aptitud de ejecución. Por tanto, si bien aparecen indicaciones precisas el violonchelista dispone de un campo amplio de libertad para producir y enriquecer su interpretación de la pieza.

- *Pizzicato secco*

Observamos en la obra (Fig.9) el uso de *pizzicato secco* (*stacatto*) en la dinámica de



Figura 9. *Pizzicato secco*, pág. 14. [*Ofrenda*, Luis de Pablo (1982)]

piano; es interesante la elección del dedo a percutir la cuerda para que produzca el sonido *secco*, así como la distancia entre la mano y la cuerda. Si el dedo se encuentra sobre la cuerda y percute desde ella retirándose hacia atrás, liberará la cuerda del peso (no desde el aire) y el sonido resultará *stacatto* (Fig.10). Pero además se debe de cortar la resonancia para conseguir el *secco*, bien con la mano izquierda sobre la cuerda a



Figura 10. Mano derecha: *pizzicato ordinario*, *secco* y *Bartok*.

modo de traste inmediatamente después del *pizzicato* o bien encontrando un lugar el batidor donde la cuerda oscile menos y por tanto sea menor su resonancia. Ello podría ser bastante arriba en la barra armónica lo cual sería beneficioso ya que la dinámica es *piano*. Los acordes que aparecen podrían realizarse en bloque, no arpegiados, con el digitado dos-uno-pulgar; y para cortar la resonancia de las cuerdas podríamos posar la mano izquierda a modo de traste como ya hemos dicho, cuando ello sea posible (el peso del brazo sería suficiente para ello). Volvemos a observar como un recurso tradicional en otro lenguaje musical, se convierte, mediante una indicación de estilo, en un recurso nuevo. Su fuente primaria sigue siendo la misma pero aparecen interacciones y relaciones nuevas que elevan el recurso hacia otro nuevo: el *pizzicato secco*.

Esta composición destaca por sus indicaciones descriptivas propias de la nueva música ya que van más allá de las indicaciones tradicionales, y que proporcionan al intérprete la capacidad de autonomía interpretativa. El uso expresivo del *vibrato* por parte del compositor, la sordina, la grafía y sus indicaciones estilísticas hacen de esta obra una pieza contemporánea si bien con elementos de estilos musicales anteriores a 1970. Sin embargo, el uso de técnicas nuevas para ejecutar algunas de las características que hemos tratado, orienta la obra hacia un perfil más innovador que tradicional.

5.3. *De Amore* para violonchelo solo, Mauricio Sotelo (1995).

Los recursos que aparecen en *De Amore* y que hemos clasificado en las tablas (Anexo I) son muy numerosos, variados y además se entremezclan durante el desarrollo de la pieza. Podríamos hablar tal como lo indicamos en la pieza *Ofrenda* de Luis de Pablo (1982) del uso constante del “multi-recurso”. En esta composición se produce además una característica especial, y es que hallaremos diferentes modalidades dentro de un mismo *multi-recurso*. Un ejemplo de ello es la producción de un multifónico de dos maneras diferentes -la primera con *pizzicato* de uña (Fig.11, mano derecha sin arco) y la segunda con el golpe de arco -presión intermitente a lo largo de la cuerda- (Fig.12, mano derecha con arco). Si observamos las tablas (Anexo I) podemos encontrar ciertos



Figura 11. Multifónico con *pizzicato* de uña, comienzo 2º pentagrama. [*De amore*, M Sotelo (1995)]



Figura 12. Multifónico presión intermitente en arcadas, mitad 2º pentagrama [*De amore*, M Sotelo (1995)]

recursos sin nombre técnico propio y que el compositor describe con varias palabras, esto lo podemos encontrar también en las instrucciones de la obra, donde además los recursos aparecen explicados gráficamente por el compositor para facilitar la comprensión al instrumentista. Nos centraremos en aquellos que el compositor explica en la instrucción.

- **Micro-intervalos**

En la instrucción de la pieza aparecen dos tipos: $1/4$ y $1/8$ con su grafía correspondiente cada uno, lo que los convierte en fácilmente reconocibles en la partitura.

- ◆ Micro-intervalo $1/4$ que puede ejecutarse de dos formas:
 - I. Con digitado: con la intervención de un digitado, es decir, añadiendo un dedo, para el micro-tono. Por ejemplo con los dedos 1-2 o 2-3.
 - II. Sin digitado, con el mismo dedo. Deslizándolo con un pequeño *glissandi* para encontrar el micro-tono.

- ◆ Micro-intervalo $1/8$: aunque es una distancia muy pequeña, puede ejecutarse igual que el $1/4$ de tono, con o sin digitado extra. Si se decide de la segunda manera se puede mover el dedo orientándolo en el sentido del micro-intervalo, esto es, si es ascendente: hacia el puente y si es descendente: hacia la cejilla.

La ejecución de microtonos con digitado “extra” o deslizando el dedo, depende de la mano del instrumentista, ya que dependiendo del grosor de las yemas de los dedos y de estos mismos se podrá utilizar digitados, o se realizarán orientando el dedo elegido. Ya hemos comentado en la pieza anterior, *Ofrenda* de Luis Pablo (1982), como pueden influir las características fisiológicas del intérprete junto con otros elementos biomecánicos como la elasticidad de la mano. Dentro de esta categoría podemos incluir el micro trino $1/4$ que aparece a lo largo de la obra y que podemos observar en la Figura13. El micro-trino debe ejecutarse mediante una digitación de dedos correlativos:

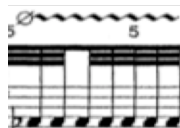


Figura 13. Micro-trino, final del último pentagrama. [*De amore*, M. Sotelo (1995)]

1-2, 2-3. En el caso del intervalo de $1/8$, y por tratarse de una distancia muy pequeña, el dedo batidor deberá estar pegado al dedo que le acompaña junto con una presión de batida muy leve (Fig.14). El micro trino también aparece en una variante de doble cuerda como observamos en la Figura15. Para su ejecución en la partitura aparece un digitado propuesto por el autor: trino con 1-2 y el dedo 3 en el armónico en la III

cuerda. El compositor propone dedos continuados porque la distancia entre el trino y el



Figura 14. Primera posición cello ordinaria y orientación dedo para producir el microtono.

armónico es muy pequeña, los dedos se llegan a tocar entre sí porque no hay apenas espacio entre ellos.

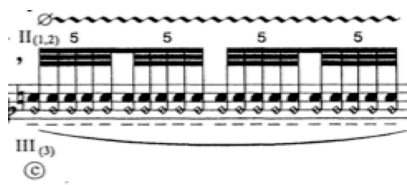


Figura 15. Micro-trino en doble cuerda, final primer pentagrama, pág.2 [*De amore*, M Sotelo (1995)]

- **Multifónico**

El compositor indica claramente en la partitura este recurso mediante la grafía, tal y como ya lo mostramos (Fig.11). Se ejecuta como la presión de un armónico en la mano izquierda, a la distancia indicada 1/8. Como 1/8 es una distancia pequeña resulta un movimiento apenas visualmente perceptible. Para su ejecución es necesario la memorización y automatización del lugar donde colocar la yema del dedo ya que requiere de gran precisión. Por otro lado, el compositor recomienda en su instrucción pasar el arco lentamente y con ligera sobrepresión. Ambas acciones facilitarán la salida/producción del sonido del multifónico desde la cuerda. El tipo de golpe de arco puede cambiar las condiciones sonoras del multifónico, hablamos así de un recurso que implica ambas manos: la izquierda, en la colocación del dedo, y la derecha en la manera pasar el arco. En la Figura 16, podemos observar como nos encontramos con un *tremolo* en el multifónico, es decir, suma de dos recursos (“multi-recurso”). Su ejecución se facilita debido al hecho de que con el *tremolo* de arco el multifónico obtiene más



Figura 16. Multifónico en trémolo, cuarto sistema, pág.1 [*De amore*, M. Sotelo (1995)]

facilidad de sonoridad (salir de la cuerda) por la velocidad del arco que ayuda a su resonancia. Hemos colocado el multifónico en la Tabla V porque es una herramienta que conlleva varios factores, la colocación de la mano izquierda más el paso del arco que de una u otra manera intervendrá en la sonoridad. Por tanto, no es un recurso aislado sino que su interpretación con la mano izquierda repercute en la estrecha relación que mantiene con la mano derecha para obtener su correcta ejecución: por tanto representa un claro ejemplo de *multi-recurso*.

- ***Glissando casi escala de armónico acústicos***

Este recurso consiste en el deslizamiento del dedo por el batidor; como la distancia entre las notas es pequeña, dicho deslizamiento debe realizarse lentamente. Observamos como el compositor (Fig.17) indica el *glissando* nota a nota.

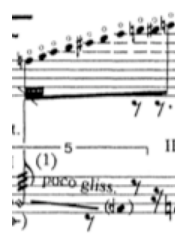


Figura 17. *Glissando casi scala*, cuarto sistema, pág.1 [*De amore*, M. Sotelo (1995)]

Para la realización de este recurso y que suenen todos los armónicos es necesario reflexionar sobre la cantidad de yema del dedo a colocar sobre el batidor (mano izquierda). Dejar gran cantidad de la yema del dedo sobre la cuerda resulta importante para lograr la uniformidad de sonoridad de los armónicos, es decir, en lugar de presionar con la punta del dedo sería conveniente hacerlo con más cantidad de yema y con peso.

- ***Saltato al talón***

Este golpe de arco consiste en la repetición sucesiva de una nota arco abajo en el talón, dicha repetición debe de ser corta y producir un salto o rebote, es por ello que a este golpe de arco se denomina *saltato* o saltado. El compositor indica de manera gráfica (Fig.18) el golpe de arco. Este movimiento vertical no produce un salto o rebote natural del arco debido al lugar de su realización (el talón del arco), donde el arco no rebota. Por tanto, no se puede aprovechar el rebote natural que se produce a mitad de arco o en



Figura 18. Instrucción para la ejecución, pág.1 [De amore, M. Sotelo (1995)]

el punto de equilibrio como en la Figura 18. Por ello, este recurso se realiza mediante el movimiento rápido y continuado de la muñeca, movimiento similar al que se hace al botar una pelota aunque en menor proporción. La repetición del salto, tal y como podemos observar en la figura siguiente (Fig.19) se produce sobre una misma nota y dada la rapidez del tempo debe ser pequeño y controlado para poder reproducirlo. Como se indica “al talón” el rebote no es natural, debido al peso al talón del arco, sino artificial y forzado por la mano derecha, con peso pero sin fuerza.

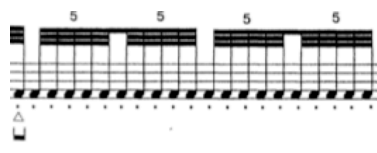


Figura 19. *Saltado* al talón arco abajo, primer sistema. [De amore, M. Sotelo (1995)]

Para controlar el *saltato* es necesario producir un movimiento desde los dedos que sostienen el arco, o desde la muñeca. Se puede hablar de una sensación de “mordisquear” la cuerda. Se debe evitar un movimiento de grandes dimensiones porque haría retrazar el tempo, no sería posible a la velocidad deseada, ni en el lugar que se indica. Por tanto, hablamos de un movimiento pequeño que deposite el peso del arco en la cuerda y lo levante de manera sucesiva. Será necesario mantener el control del hombro y codo, que deben permanecer flexibles pero sin grandes movimientos, sin tensión y en equilibrio con la mano derecha que es la que desarrolla la acción. De esta manera el rebote artificial se repetirá por sí mismo sin necesidad de controlar cada nota.

Este *saltato* continuado y repetido encuentra su complejidad en la uniformidad y supone un elemento técnico de estudio por sí mismo. La idea del salto del arco, es una característica que se puede observar visualmente y por ello la vista juega un papel importante en el desarrollo ya que ayudará a controlar el movimiento y su coordinación. Será necesario automatizar este movimiento para su ejecución. Hemos colocado éste recurso en la Tabla V ya que el mismo no es un recurso aislado del arco, interviene la técnica tradicional del violonchelo más otras características propias de la nueva música: repetición de arco abajo de la nota, más su recuperación y rebote sucesivo. Es decir, nuevos golpes de arco que aunque no son inéditos si son originales en su fin, es decir, en la interpretación que el compositor nos requiere con sus indicaciones.

- ***Presión intermitente a lo largo de la cuerda.***

Este golpe de arco descrito con una frase puede observarse (Fig.20) gráficamente en la instrucción. Tal y como observamos en su explicación gráfica, el movimiento del arco debe ser oblicuo, recordemos que en el golpe de arco tratado anteriormente (*saltato*) el



Figura 20. Instrucción para la ejecución de presión intermitente [De amore, M. Sotelo (1995)]

movimiento era vertical, de esa manera se facilita la velocidad de arco y la continuidad del sonido. Podemos decir que es un golpe de arco *rebotante*, pero a diferencia del anterior recurso, existe un movimiento horizontal del brazo. Es decir, se trata de un rebote continuado a través de la longitud de la vara. Este golpe de arco es descrito como intermitente, por lo que lo trataremos como de repetición interrumpida. Además el compositor coloca rayas encima de la ligadura para remarcar gráficamente el concepto *intermitente* (Fig.21). Para la ejecución en tempo de la intermitencia del sonido, se requiere control de la velocidad del arco así como del peso y presión ejercido por el



Figura 21. Detalle de instrucción para la ejecución de presión intermitente. [De amore, M. Sotelo (1995)]

brazo derecho. En su realización debe de buscarse la flexibilidad de los dedos de la mano del arco, con atención al dedo índice que será quien realice la intermitencia. Podemos hablar de una sensación de morder la cuerda con el arco tal y como ya hemos nombrado anteriormente. El movimiento debe de producirse al talón para mayor control desde los dedos, mientras el codo y hombro permanecen estables y sin tensión, dirigiendo el movimiento pero sin intervenir en él. La intermitencia del sonido se podrá obtener con pequeños impulsos del índice en la vara del arco, es ahí donde encontramos la presión descrita en las instrucciones. La mezcla de intermitencia con presión es un papel destacado de este *juego técnico*. Al utilizar arcadas largas nos encontraremos con el problema de poco peso a la punta para su realización. Ello debe solucionarse mediante las opciones mejores para el instrumentista, tales como subida del codo, bloqueo del brazo, o movimiento o rotación del cuerpo hacia la punta. Cabe destacar (Fig.22) que este golpe de arco aparece con notas simples y con dobles cuerdas. Lo explicado anteriormente sobre el movimiento y flexibilidad de los dedos de la mano



Figura 22. Presión intermitente a lo largo de la cuerda, cuarto pentagrama. [De amore, M Sotelo (1995)]

derecha se puede aplicar a la doble cuerda. Pero debemos añadir que para la misma, el codo debe de estar colocado de tal manera que exista un equilibrio al posar el arco sobre las cuerdas y, debe de estar en una línea horizontal entre ambas cuerdas y controlar la dirección del arco. Esta estabilidad basada en el equilibrio es un factor importante a la hora de producir la sonoridad equilibrada de la doble cuerda.

- ***Staccato virtuoso***

Este golpe de arco lo encontramos combinado con diferentes herramientas: notas naturales, multifónicos, dobles cuerdas y dobles cuerdas con *glissando* en la mano izquierda. Es el golpe de arco más repetido a lo largo de la obra. Está representado

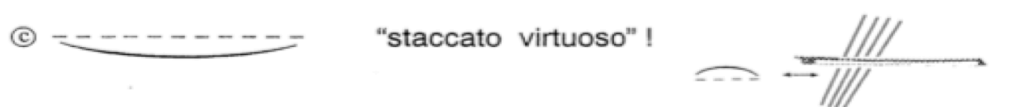


Figura 23. Instrucción para la ejecución de *staccato virtuoso*. [De amore, M Sotelo (1995)]

gráficamente (Fig. 23) como un movimiento horizontal. Su ejecución consiste en pasar el arco en una dirección estable, con el peso de la mano en el mismo sin presión, sobre todo al talón. Si lo pensáramos dentro de la técnica tradicional del instrumento podríamos hablar de similitud con el *staccato volante*. El *staccato* (Fig.24) se puede



Figura 24. *Staccato* virtuoso, cuarto pentagrama. [*De amore*, M. Sotelo (1995)]

realizar de diferentes maneras, o bien con el dedo índice controlando parada y continuidad del arco, o bien, con la flexibilidad de la mano, o finalmente con un leve movimiento de muñeca. La estabilidad, es decir, el control de la mano del arco es indispensable para mantener la dirección del mismo. En todo caso, debe ser un movimiento horizontal tal y como nos indica la instrucción. Es de destacar que el compositor añade la indicación de “virtuoso” en la explicación de la instrucción, lo cual suma la no difícil tarea de darle un cariz de naturalidad, facilidad y gracilidad al recurso. Si bien hemos explicado como producir el recurso, debido a las diferentes modalidades con las que es posible ejecutarlo, a continuación vamos a analizarlas individualmente:

- ◆ Multifónico: la producción del sonido se asemeja técnicamente a la del armónico. Puede ayudar una posición del arco exacta en el lugar donde se produce mayor vibración: si está demasiado orientado hacia el batidor no saldrá su proyección, o será muy frágil el sonido, pudiendo romperse en cualquier momento. Conviene orientar el arco hacia el puente con el fin de facilitar su producción, aún si mezclar su ejecución con otros recursos que pueden aparecer como es el caso del *ponticello*. Quizás estamos hablando del recurso sonoro más frágil, ya que intervienen muchos factores a la hora de realizarlo con éxito.
- ◆ Dobles cuerdas: se ha de colocar el codo en línea entre ambas cuerdas, dirigiendo la dirección del arco y siendo capaz de mantener el peso del brazo en equilibrio entre ambas para producir un sonido equilibrado.

- ◆ Dobles cuerdas con *glissando*: es un recurso que aparece varias veces al comienzo de la obra y que requiere de un movimiento específico de mano izquierda que comentaremos en el apartado correspondiente y que, en lo que respecta a la mano derecha, necesita de la misma estabilidad con el codo que hemos mostrado en la dobles cuerdas.

Hemos colocado este recurso y sus modalidades también en la Tabla V porque tal y como hemos ya explicado interviene la técnica tradicional del violonchelo más otras características propias de la nueva música como es el *staccato virtuoso* en arcadas largas. Un golpe de arco que aparece en los conceptos técnicos tradicionales, pero aquí aparece con variantes de mano izquierda como son por ejemplo: los multifónicos que producen cambios en la ejecución del recurso. Volvemos a observar como los recursos de la música contemporánea actúan interaccionando entre ellos (*multi-recurso*).

- ***Saltato al talón-Staccato virtuoso***

Se trata de la transición entre dos movimientos, uno vertical y otro horizontal. Esta transición entre ambos golpes de arco supone un problema de control de los mismos. El arco viene de un rebote y comienza arco abajo en *staccato*, para controlar el arco será necesario posar el mismo sobre la cuerda de una manera suave dejando actuar al peso del brazo como elemento equilibrado entre el movimiento y la estabilidad del *staccato* horizontal. Estamos hablando de nuevo de la sensación corpórea entre ambos recursos, ya que fluyen a través del cuerpo y deben de continuar de una manera natural, con control de los golpes de arco pero atendiendo a su fluidez.

- ***Transición imperceptible de un sonido al otro: mano izquierda arco***

Éste elemento aparece (Fig.25) en la instrucción de la siguiente manera gráfica. La “transición” es un concepto sonoro del compositor: utiliza una frase como descripción de la acción. Tal y como su palabra indica, una transición debe tener continuidad entre

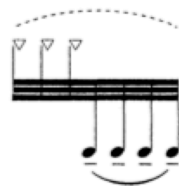


Figura 25. Transición mano izquierda-arco. [*De amore*, M Sotelo (1995)]

dos puntos, en este caso entre la percusión de mano izquierda y el arco, ambos con la misma rítmica. Para la percusión de mano izquierda se tiene que tener en cuenta: el peso y la digitación a utilizar (el dedo con el que percutir el batidor es elección personal del violonchelista). Hemos de destacar que un mayor o menor peso en la mano izquierda debe ser dependiente de la complejidad física y propiedades biomecánicas de la mano del intérprete, así como de la altura de las cuerdas con respecto al batidor. A más altura implicará mayor peso ya que la cuerda estará más alejada del batidor y, a menor ocurrirá lo contrario. Habiendo analizado la percusión de mano izquierda nos encontramos con la transición desde la percusión hacia el arco, es decir, la inversa. Como la mano izquierda estará percutiendo y la transición carece de parada entre ambos puntos, debe haber una coordinación entre ellos: mano izquierda y mano derecha. Ayudará el hecho de que la mano izquierda se mantendrá actuando, por tanto la concentración irá dirigida a la derecha. La preparación del arco es indispensable para la coordinación y hacen de este recurso un complejo problema de estabilidad y concentración. Dicha preparación incluye los siguientes factores:

- i. Acercamiento del arco, si se encuentra muy lejos puede producir descoordinación por brusco movimiento.
- ii. Elección de la arcada arriba o abajo, dependiendo del gusto del instrumentista aunque resulta más cómodo empezar arco abajo para el control del golpe de arco posterior.
- iii. Ritmo intermitente: debe ser el mismo que el percutido. El fin es producir un sonido equivalente entre la percusión en el batidor de la mano izquierda y el golpe de arco intermitente, descrito anteriormente. Recordemos que en la idea sonora inspirada en la actividad del corazón (latido cardíaco) que nos proporciona el compositor como fin, la coordinación entre ambas manos debe ser perfecta para la ejecución de éste recurso de una manera fluida. Es de destacar las dinámicas sonoras, lo que añaden aun más complejidad al recurso, supondrán en la mano izquierda mayor o menor peso, y en la mano derecha mayor o menor peso/presión junto con cantidad de arco.

Destacamos la idea visual que implica este último recurso; desde un punto de vista corporal implica el movimiento de la mano izquierda desplazada a la derecha, sin pausa, de una manera fluida. Por ello, hemos colocado éste recursos en la Tabla V, porque

implica el movimiento del cuerpo de una manera diferente a la técnica tradicional del instrumento ya que se busca el fin sonoro por encima de la técnica tradicional. Las sonoridades en transición producidas, pertenecen a movimientos diferentes que emplean partes del cuerpo que le son visibles al espectador. Podemos hablar entonces de un recurso también visual ya que es fácilmente observable y emplea el cuerpo del violonchelista como medio de transición sonora. Las transiciones son parte indispensable de esta obra, las hemos colocado en la Tabla V porque en la técnica tradicional del violonchelo no aparecen de manera tan frecuente, y cuando lo hacen casi siempre tratan de *pizzicato* hacia arco o a la inversa.

En esta obra al igual que en la anterior, encontramos recursos tradicionales y de la nueva música, mezclados entre sí, conformando un conjunto de sonoridades, que la convierte en una composición rica tímbricamente. Conocemos algo sobre la fuente de inspiración de la que se basó el compositor para escribir la obra, el corazón de un bebé aún dentro del vientre de su madre. El sonido repetitivo de las fusas a lo largo de la obra representa ese corazón que al ser aún tan pequeño late mucho más rápido que el de el ser adulto. Ahora nos podemos hacer la pregunta de si al tratarse de la imitación de un sonido natural o biológico ¿podríamos denominar esta composición música programática? Podríamos contestar que en cierto modo podría estar relacionada con la música programática dado que la secuencia de intervalos cardiacos es *quasi-rítmica* tal como aparece representada en la pieza. Lo que resulta evidente es la cantidad de recursos de música contemporánea y sus distintas modalidades e interacciones, en lo que hemos denominado el *multi-recurso* y que en esta composición aparece a lo largo de toda ella. Además, el uso de la técnica tradicional no soluciona los problemas planteados para ejecutar las nuevas herramientas y por tanto es necesaria la búsqueda de soluciones técnicas novedosas en la técnica extendida del violonchelo, En la obra analizada se hace presente un cambio de percepción del intérprete producido por todos los nuevos recursos.

5.4. *Deploratio*, J.M. Sánchez -verdú (1997).

En primer lugar debemos mencionar que la obra está escrita en *scordatura*, es decir, con la cuerda Do (cuarta cuerda, afinada en Si) y la cuerda Sol (tercera cuerda, en Fa sostenido), por tanto ambas cuerdas Sol y Do en un semitono más bajo. No es este un recurso nuevo, numerosos compositores de diversas épocas lo han utilizado como por ejemplo la *Sonata para Violonchelo Solo Op.8 de Kodaly*, (1900). Con ello cambia la afinación estándar del instrumento y su tesitura, pues influye en la sonoridad del instrumento por el cambio de presión de las cuerdas (menor presión) lo que produce mayor oscilación en la vibración y por tanto un cambio de sonoridad. Este cambio, si bien es leve, ya que sólo se baja un semitono, proporciona nuevos armónicos diferentes a los de la afinación tradicional en cuerdas al aire y por tanto un nuevo color sonoro instrumental.

• *Percusión mano izquierda*

Si observamos el comienzo de la obra (Fig.26) la dinámica que aparece al principio de las células se refiere al esfuerzo de la mano izquierda según leemos en las instrucciones

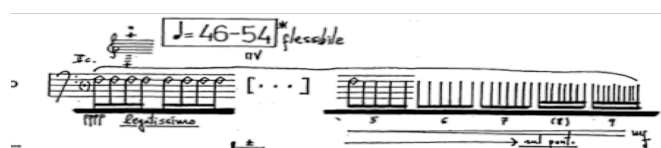


Figura 26. Primer sistema [*Deploratio* Sánchez-Verdú (1995)]

del compositor. *Deploratio* comienza con una nota armónica repetida percusiva/percutida sobre la segunda cuerda y por tanto el batidor. Por ello, el esfuerzo que se indica en la instrucción de la obra sobre la mano izquierda se refiere a la percusión de cuerda y batidor. En un principio, aparece indicada la dinámica de esfuerzo apenas perceptible como *ppp*, pero esta cantidad de esfuerzo va a cambiar y se desarrollará hasta una cantidad mucho mayor de volumen sonoro indicada por *FFF*. Más adelante en la obra aparece -en algunas células- la indicación de esfuerzo de mano

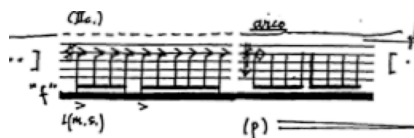


Figura 27. Percusión mano izquierda y arco, penúltimo sistema [*Deploratio* Sánchez-Verdú (1995)]

izquierda entre corchetes y con reguladores para diferenciar entre mano izquierda y mano derecha (Fig.27). Estos cambios en la grafía que observamos no suponen cambios de interpretación. Sobre el esfuerzo de mano izquierda y su no correspondencia con la dinámica de la mano del arco de establece una nueva relación que nos llevará a reflexionar sobre ello. Si pensamos en mayor esfuerzo de la mano izquierda al percudir, eso nos lleva ineludiblemente a realizar los siguientes pasos: percudir con más peso, con más velocidad y, con mayor ángulo de apertura entre la mano y batidor. Por tanto, hablamos de incrementar el esfuerzo para incremental la dinámica, pero este aumento no debe de tener su consecuencia sobre la dinámica del arco. Todo ello significa un mayor esfuerzo del instrumentista, del incremento del mismo en su ejecución pero manteniendo la autonomía del arco. Son por tanto unas dinámicas duales: mano derecha y mano izquierda. Esto va a enriquecer la sonoridad ya que aporta diferentes timbres. Volviendo a la primera nota y dado que la misma es un armónico, puede ejecutarse con cualquier dedo ya que no hace falta gran cantidad de peso para bajar la cuerda, basta con posar el dedo sobre la misma ya que recordemos la dinámica es de poco esfuerzo *ppp*. En nuestra opinión, una buena elección sería el 2º dedo ya que además está colocado naturalmente en primera posición y resulta fácil de localizar. Como podemos observar (Fig. 27) la pieza trata de la repetición intermitente de la percusión de mano izquierda lo que resulta complejo porque se puede mover el emplazamiento de la caída del dedo desajustando el armónico con lo cual este no sonaría. Al no ser una nota pisada se pierde la referencia mental del lugar de la nota en el batidor. Además no debemos olvidar que el tempo aumenta conforme avanzamos en el sistema, aumenta la dinámica y el arco pasa a *ponticello*. Por tanto una digitación con 2º dedo, lugar natural de la primera posición, facilitaría el camino de la ejecución de este sistema.

- ***Indicaciones sobre el arco***

Con respecto a la mano derecha, arco, vemos que la indicación *legatissimo* describe el paso de arco de una manera estable sin paradas ni interrupciones, pero es indispensable cambiar el arco ya que este no es interminable y, debemos recuperar. Por eso, encontramos las indicaciones de arco arriba y arco abajo señaladas pero no explícitamente indicadas. Por tanto, el cambio de arco es libre mientras se continúe el *legatissimo* y se atienda a las indicaciones de aumento dinámico y cambio de timbre a *ponticello*. Sobre la cuestión de cómo empezar la obra, podría resultar más asequible para el *legatissimo* de entrada tocar a la punta del arco; así como para acabar esta célula sería más cómodo acabarlo arco arriba, sin embargo como continúa con otras células,

será necesario continuar arco abajo con lo cual este esquema no es posible repetirlo continuamente a lo largo de la pieza. Para la realización del *ponticello* y el aumento de dinámica *mf* se debe pasar el arco más rápido a mayor velocidad. En todo caso, estos elementos son libres en cuanto a la graduación o ponderación de la dinámica y queda a elección del intérprete. Otra cuestión a analizar es cuanto arco gastar y a qué velocidad hacerlo. Si comenzásemos arco arriba, sería factible utilizar el arco completo a velocidad constante para cambiar al talón o en un lugar cerca del punto de equilibrio, en todo caso se debe buscar la continuidad del sonido para conseguir mantener el *legatissimo*. El aumento de velocidad progresiva para poder ejecutar el aumento de dinámica, hará necesario gastar bastante cantidad de arco, pero no debe de establecerse como norma tocar el arco de principio a fin: no sería necesario y podría resultar ortopédico en los cambios. Por tanto, el cambio debe ser libre y fluido (quasi espontáneo o natural). Recordemos que mientras es *legatissimo* en el arco, la mano izquierda percute el batidor con aumento de frecuencia, lo que influirá en la mano derecha. La utilización del *legatissimo* de la mano derecha junto con la percusión intermitente de la mano izquierda hace de esta primera célula la suma de varios recursos compuestos por varios factores técnicos de mano derecha e izquierda, esto es, un *multi-recurso*. Su coordinación hará factible la ejecución pero por separado no conseguirán el fin propuesto. Tal como podemos observar a mitad de la Figura 26, aparece un corchete con puntos dentro y en la instrucción de la obra el compositor nos ofrece esta explicación: “*Espacios indefinidos temporalmente: el intérprete creará la duración de estos espacios mediante la repetición del último fragmento. Los mordentes, sin embargo, no se repiten nunca. Con la alternancia entre fragmentos temporalmente escritos y estos espacio de indefinición temporal, se determinará, en la interpretación la duración aproximada de la pieza que no deberá superar en todo caso los 8’ 30’’ aprox.*”. Por tanto hemos colocado estos espacios indefinidos en la Tabla IV ya que no es un recurso que dependa de la técnica instrumental del violonchelista sino que es una interpretación del mismo. Cada instrumentista por tanto, hará la elección que considere oportuna teniendo en cuenta que la obra no debe superar el tiempo señalado por el compositor.

- ***Separación visual***

Entre los sistemas de la partitura vamos a encontrar un signo similar al de exclamación gramatical pero sin punto, que indica según las instrucciones del autor: “*separación visual entre dos incisos de la obra. Equivale a una corta respiración, a un cambio de*

arco”. Colocamos este recurso en la Tabla V porque habla de separación visual, por tanto utiliza un cambio de percepción corporal como objeto para su visualización: una parada, una respiración. La obra se continúa desarrollando mediante sistemas similares. Aunque los silencios están indicados y por tanto hay que interpretarlos, la tensión debe de permanecer: no son paradas de descanso sino que aumentan la expectación y la tensión. Estas paradas a lo largo de la partitura son numerosas, por lo que se ha de pensar y configurar de manera global para proporcionar fluidez y desarrollo interpretativo

- **Transición arco → percusión mano izquierda**

En la segunda línea (Fig.27) aparece una transición donde el arco se levanta, la mano izquierda percute y vuelve de nuevo el arco. Esta transición la hemos colocado en la Tabla V ya que implica movimientos corporales, tales como la elevación del arco a poca distancia porque su interrupción es breve y se ha de volver a colocar sobre la cuerda sin pausa. Hemos de destacar que aquí no aparece ningún signo de parada/silencio con lo que la coordinación entre ambas manos debe ser tal que no se produzca interrupción alguna. Por ello, hablamos de movimientos corporales o dinámica (cinestesia) que tengan en cuenta el equilibrio corporal del instrumentista para poder realizar la elevación del arco y su transición a mano izquierda sin interrupción.

- **Glissando**

En el cuarto sistema aparece un *glissando* descendente con nota base (Fig.28) que según

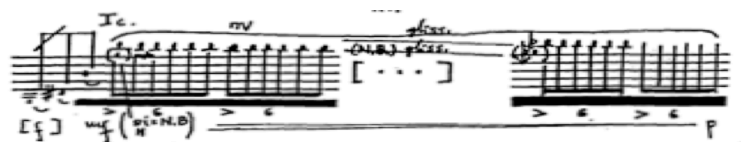


Figura 28. Cuarta línea, primer sistema. [*Deploratio* Sánchez-Verdú (1995)]

la instrucción debe mantenerse pisada. Para la ejecución de este recurso debemos tener en cuenta que la distancia entre las notas es bastante pequeña: un digitado 1-4 o 3-pulgar sería conveniente, pero es a elección del instrumentista quien dependiendo de las condiciones biomecánicas (tamaño y flexibilidad) de su mano izquierda determinará el digitado a elegir. Hemos colocado esta herramienta en la Tabla I, porque se corresponde con la fuente primaria: mano izquierda. Después del clímax de la obra (Fig.29) encontramos un pasaje que utiliza la percusión de mano izquierda en *ff*, es decir, mucho esfuerzo en dicha mano y a la vez *FFF* en el arco en *ponticello* y *tremolo*. Destacamos

este momento de la obra por la riqueza de recursos que participan simultáneamente llevando la sonoridad de la cuerda al aire al máximo junto con el máximo de esfuerzo en la mano izquierda. Es un momento de gran tensión técnica porque la coordinación entre ambas manos debe ser muy alta para poder realizar los acentos al principio de los

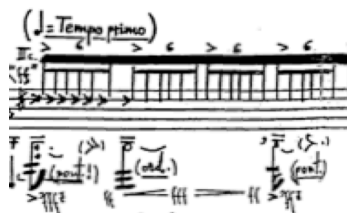


Figura 29. Quinta línea a mitad [*Deploratio* Sánchez-Verdú (1995)]

seisillos junto con las dinámicas del arco. Destaquemos también que el tempo vuelve a ser el del indicado al principio, con lo cual a la tensión técnica e interpretativa hemos de sumarle la concentración de la repetición del tempo anterior lo que nos devuelve al comienzo de la partitura.

- **Dejar el arco**

Justo después del momento anteriormente referido, el esfuerzo va disminuyendo en la mano izquierda, desaparece el arco y encontramos la indicación: *lassiare l'arco* (dejar el arco, Fig.30). Hemos colocado este recurso en la Tabla V porque para dejar el arco

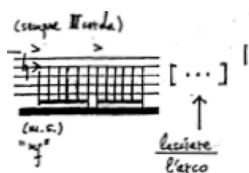


Figura 30. Quinta línea, último sistema [*Deploratio* Sánche-Verdú (1995)]

interviene un movimiento corporal no establecido en la técnica tradicional del violonchelo. Tal y como indica el interprete ha de dejar el arco donde lo pueda recuperar cómodamente ya que más tarde lo volverá a utilizar. Podría ser el atril si lo tuviese cerca, sobre las piernas o sobre una silla cercana, pero ello queda a elección del instrumentista según su propio criterio.

• **Transición mano izquierda → mano derecha percutida**

En la última parte de la obra volvemos a ver transiciones (Fig.31), ya hemos comentado

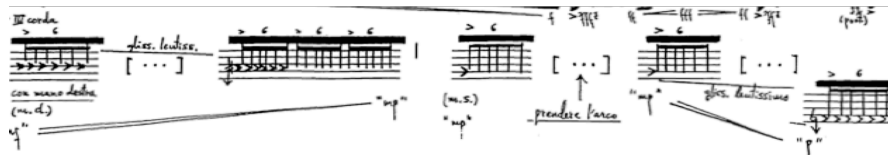


Figura 31. Sexta línea, primeros sistemas [*Deploratio* Sánchez-Verdú (1995)]

la transición de mano izquierda a arco, en este caso se produce de mano derecha a mano izquierda, ambas percutiendo el batidor. Es de destacar, que no son *pizzicatos*, ambos sonidos deben de ser similares ya que no hay pausa entre ellos. Para la percusión de mano derecha se puede colocar la mano alta en el batidor para que haya menos distancia entre la cuerda y el puente y de esta manera poder percutir mejor. La yema del dedo con el que percutir queda a elección del instrumentista, tal y como ya hemos comentado anteriormente en este estudio. Antes del final aparecen nuevos timbres como armónicos en *spicatto*, y dos escalas ascendentes, la primera en *getatto* (*staccato* arco abajo) y la segunda en *pizzicato* de mano izquierda con la indicación de “*percutiendo con la yema de dos dedos alternados de la mano sinistral (izquierda) sobre la IV cuerda al aire a la altura de la*”.

Esta composición es muy interesante con respecto al lenguaje de la música contemporánea porque se basa en la repetición de los elementos que hemos analizado anteriormente. Es una obra corta donde se puede observar el lenguaje y la grafía de la nueva música así como los nuevos modelos técnicos que se le demandan al instrumentista mediante: transiciones, pausas, dejar arco, etc. De nuevo aparece libertad de interpretación en las pausas, no hay compás, etc. El instrumentista vuelve a ser el protagonista de su ejecución personal más allá de las ideas interpretativas que el compositor plasma en la partitura. El intérprete no se puede aproximar a esta composición con la metodología tradicional ya que esta no da respuesta a las cuestiones técnicas e interpretativas planteadas.

5.5. *Partita Piatti*, Tomás Marco (1999).

En esta obra encontramos la interacción de elementos de la nueva música así como de elementos tradicionales de estilos anteriores a 1970. No encontramos recursos originales/innovadores. Son de destacar las indicaciones estilísticas por su cantidad y sus ideas conceptuales. Por ejemplo, *Partita Piatti* comienza con la indicación *Lungo* (Fig.32) con unas figuras métricas largas (blancas ligadas) pero en fusas o tremolo. Es esta una indicación sobre el tempo (*Largo*) en el que está escrita la pieza pero que también se puede entender como descriptiva del estilo o atmósfera a crear desde el



Figura 32. Comienzo del primer movimiento *Aprieto* [*Partita Piatti*, T. Marco (1999)]

comienzo de la obra – si bien las blancas son valores largos como se señala- han de combinarse con el golpe de arco en fusas o tremolo. Además a ésta indicación de *Largo* le sigue después de pocos compases otra contraria *Molto presto ma scorrevole e capriccioso*. Esta segunda frase, con el uso de las palabras *scorrevole e capriccioso* (que traducido quiere decir fluido y caprichoso) es una indicación descriptiva muy visual sobre la interpretación de la obra. Más adelante aparecen con frecuencia otras indicaciones descriptivas con ideas visuales que también indican algo más que el tempo. En el texto de la Figura 33, que indica “como una máquina”, observamos que esta



Figura 33. Compás 100, 1º movimiento *Aprieto* [*Partita Piatti*, T. Marco (1999)]

descripción otorga una imagen conceptual al ejecutante sobre la interpretación que va más allá de la tradicional indicación de tempo. Esta idea se puede aplicar a la interpretación, no solamente concentrándonos en el sonido, sino en la colocación del cuerpo con el instrumento. Si se quiere interpretar como “una máquina”, los movimientos deben de intentar imitar, siempre dentro de la técnica del instrumento, a la idea mecánica que se tiene de la misma. Esta asociación puede llevarse a cabo de manera perceptible visualmente o no ateniéndonos únicamente a la idea conceptual. El grado de interpretación visual de la máquina va a depender de cada instrumentista pero

siempre dentro del límite que la correcta ejecución de los pasajes. Este tipo de indicaciones ya las hemos observado en *Que cet ardenet sanglot*, F Ibarrondo (1980), en aquel caso tratamos la indicación también visual de “inmóvil”. Por tanto, si bien las indicaciones estilísticas con ideas visuales no son rompedoras con respecto las tradicionales ya que también describen estados de ánimo p.ej. *grazioso*, sí resultan más concretas y, otorgan una información más explícita al instrumentista además de que en algunos casos como en los anteriores ofrecen ideas visuales interpretativas.

- ***Grupos o grupetos de diferente número de notas***

Otro recurso utilizado a lo largo de la obra son los grupetos de notas de diferente número, los hemos incluido en Tabla IV porque el uso de este recurso escrito tal y como lo hace el compositor, nos proporciona un elemento estilístico, más que un elemento técnico. Ello lo podemos observar (Fig.34) en los siguientes grupos de diferente



Figura 34. Compás 5, 1º movimiento *Aprieto* [*Partita Piatti*, T. Marco (1999)]

número: quintillo y seisillos, junto con semicorcheas y diferentes arcadas. El conjunto va a suponer un ejercicio complejo de coordinación para el instrumentista entre el la mano izquierda y el arco. Esta complejidad se basa no solo en contabilizar las notas a ejecutar y darles el valor adecuado sino en el movimiento del arco con diferentes arcadas, tales como: tres ligadas, cuatro sueltas, etc. Esta coordinación pretende que no influya el valor del grupeto, quintillo, seisillo, etc., en su ejecución. Ni tampoco en la interpretación, y que, independientemente del número de notas del mismo, suene de forma equilibrada y coordinada. Por lo tanto, supone un estudio de coordinación entre ambas manos. Al resultado de esta coordinación hay que sumarle el tempo *molto presto* propuesto por el autor, ello va a producir lo que hemos mencionado anteriormente, un recurso que va más allá de los elementos técnicos ya que su interpretación está ligada mediante la descripción al estilo: *Molto presto ma scorrevole e capriccioso*. Podemos hablar de descripción de estilo ligada a la escritura musical. Esto ocurre a lo largo de la obra, siempre que aparezcan indicaciones descriptivas se reconoce en la escritura musical dicha descripción, este recurso reforzará la interpretación: se trata de la unión entre escritura e indicaciones descriptivas.

- **Tremolo y glissando**

Otro recurso de mano izquierda, es el *glissando*, el cual aparece unido al arco por el uso del *tremolo* (Fig.35). Cuando el arco no toca *tremolo* el compositor lo indica en la

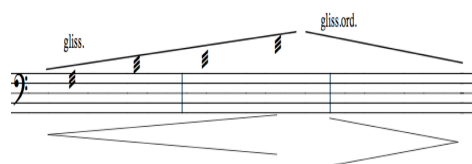


Figura 35. Compás 41 y en adelante del movimiento Aprieto [*Partita Piatti*, T. Marco (1999)]

partitura como ordinario. El compositor añade además un regulador que para su ejecución supondrá un mayor gasto de arco en la línea ascendente, y disminución del mismo en la descendente. Es relevante el uso de reguladores junto con *glissando* (Fig. 36) en dobles cuerdas (Fig.37) ya que aumenta considerablemente el volumen sonoro. Esta mezcla de recursos interaccionando entre sí (“multi-recurso”) producen una



Figura 36. Compás 20, 2º movimiento Aprieto [*Partita Piatti*, T. Marco (1999)]

riqueza tímbrica: su estudio para la correcta ejecución debe realizarse por separado ya que se manejan diferentes variables de distinta dificultad. Hablamos aquí de un estudio piramidal donde unos recursos se van sumando a otros hasta llegar a la realización de lo que escribe el compositor tal y como ya hemos comentado a lo largo de este análisis.

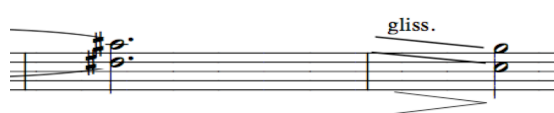


Figura 37. Compás 8, 2º movimiento Santa Cueva [*Partita Piatti*, T. Marco (1999)]

- *Vibrato*



Figura 38. Cuarto pentagrama, *Nocturno Centroeuropeo* [*Partita Piatti*, T Marco (1999)]

La utilización del *vibrato*, aparece como recurso sonoro ya que el compositor así lo indica (Fig.38) sobre todo en notas largas donde se puede apreciar claramente este cambio tímbrico. Lo mismo ocurre con otros recursos de mano derecha con arco tales como *sul ponte* o *sul tasto*. Ambos recursos van a enriquecer tímbricamente la obra ya que se entremezclan con *tremolo*, *ritardando*, etc. Es decir, volvemos a hablar de la interacción de los recursos sonoros entre sí. La utilización de diferentes tipos de *vibrato* se produce sin transiciones ni indicación de graduación; ello producirá sorpresa y una posible riqueza tímbrica inesperada. No son recursos innovadores de la nueva música, muchos de ellos están presentes en obras del siglo XIX y XX, pero, las consideramos pertenecientes al estilo del lenguaje contemporáneo por su interacción, su frecuencia y la forma de interpretarla junto con las indicaciones estilísticas que el compositor plasma en su partitura.

Por todo ello y como ya hemos comentado es esta una pieza que no presenta gran cantidad de recursos que implican el uso de la técnica extendida del violonchelo propio de la música contemporánea, pero sus indicaciones de estilo y el uso, frecuencia e interacción de elementos del lenguaje no tradicionales justifican su inclusión en nuestro análisis.

5.6. *Tytlak para Violonchelo solo*, Laura Vega (2007).

Tytlak es una obra compuesta totalmente en el lenguaje contemporáneo con multitud de recursos de la nueva música. Esta variedad abarca desde los elementos más comunes como *sul tasto/ponticello* hasta los más innovadores como *glissandos* sin nota definida de llegada, con arco o *pizzicato*, nota pedal, etc.

- **Nota pedal**

La obra comienza con el uso de la sordina sin un tempo definido *ad libitum*. Podemos observar (Fig.39) como la cuerda de Do actúa a manera de pedal mientras aparecen armónicos artificiales enlazados mediante el nexo del *glissando* (indicado mediante la



Figura 39. Primer sistema [*Tytlak para violoncello solo*, L. Vega (2007)]

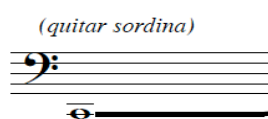
grafía). Para la ejecución de la nota pedal se puede empezar arco abajo o arco arriba, de ambas maneras, nos decantamos por la segunda opción para introducir el sonido poco a poco desde el silencio: hay menor peso a la punta y resulta más cómodo controlar el paso del arco lentamente y con muy poco peso. La cantidad de arco a utilizar dependerá de la elección del instrumentista, resultaría factible la completa utilización del mismo desde la punta hasta el talón para producir las menores interrupciones por cambio de arco, aunque su cambio en el talón resulta siempre complicado por el mayor peso del mismo. La mayor dificultad de la realización de la nota pedal se encuentra en pasar el arco a la misma velocidad durante todo el pasaje de manera estable, regulando el peso del brazo derecho de tal manera que independientemente del lugar donde se encuentre el arco, la calidad del sonido debe ser la misma durante el paso del mismo así como la dinámica. Es decir, se trata de crear un efecto pedal a modo de órgano, estable y continuo. Por todo ello, hemos colocado este efecto de nota pedal en Tabla V, ya que agrupa varios movimientos en los que interviene el cuerpo del intérprete de manera global y diferente a la técnica tradicional. Por un lado, la ejecución de la nota pedal – arco- y por el otro los armónicos artificiales en la cuerda de Sol, los cuales requerirán de una alta concentración y estabilidad para producirlo sin interrupciones, fisuras y con calidad de sonido – mano izquierda-. En resumen, volvemos a tratar la importancia de la velocidad y peso del arco pues para la producción de los armónicos de la cuerda de Sol

es necesario su control, ya que sin velocidad suficiente se produce un impedimento para la calidad sonora de los mismos y, con mucho peso los armónicos no proyectan. Así mismo es este pasaje un ejemplo del *multi-recurso* tal y como ya hemos tratado anteriormente por la interacción de los elementos.

- ***Quitar sordina***

Lo hemos colocado en la Tabla V porque es una técnica innovadora, no de la obra, pero sí en la música contemporánea, y que produce un movimiento corporal íntegro. Por ello lo hemos colocado en la Tabla V junto con los recursos tratados en el apartado anterior.

Observamos en la nota pedal (Fig.40) la indicación de quitar sordina. Para realizar este movimiento sin que se interrumpa



la nota pedal, Do, será necesario estirar y rotar el cuerpo de tal

manera que la mano izquierda alcance el puente y sea la que realiza el movimiento de retirada de sordina con la suficiente estabilidad y delicadeza para no romper la sonoridad del pedal. No existe una técnica definida para su realización, sino es el sentido común y el propio interprete quien ha de encontrar la forma de realizarlo. En definitiva, tratamos de coordinar ambas manos junto con el movimiento corporal que se requiere para la interpretación de la pieza sin que se produzca ninguna interrupción del sonido. El movimiento de quitar la sordina nos puede recordar al que aparece en *Deploratio*, Sanchez-Verdú (1997) de dejar el arco, ambos recursos implican un movimiento de cambio en la dinámica corporal pero no se basan en ninguna técnica específica más allá de conseguir un resultado satisfactorio en la ejecución.

- ***Glissando***

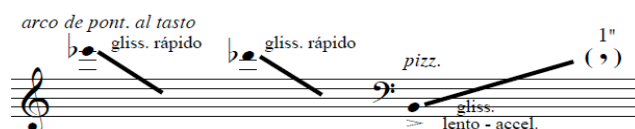


Figura 41. Glissandos [Tytlak para violoncello solo, L. Vega (2007)]

Durante el desarrollo de la obra (Fig.41) observamos como aparecen varias indicaciones de *glissando*: rápido y lento. En la primera y segunda nota, se tratará de trasladar el arco

desde el puente hasta el batidor junto con un *glissando* rápido de mano izquierda sin nota definida de llegada. Ello creará una gran riqueza tímbrica ya que, se utiliza la mayor longitud de tesitura posible, desde el batidor hasta el puente. El movimiento rápido de ambas manos, en la misma dirección (hacia arriba), supone un ejemplo de coordinación para evitar enganches y descoordinación; por ello, proponemos realizar ambas notas arco abajo para facilitar la velocidad y la libertad de movimiento. La tercera nota aparece a la inversa, es ascendente y en *pizzicato* lento acelerando, tampoco hay nota de llegada pero se le supone la más aguda posible. Para ello, proponemos no cambiar de cuerda y realizarlo con primer o segundo dedo ya que son los más fuertes y estables para realizar el ascenso. Este “multi-recurso” que requiere de movimientos específicos, con cambios de velocidad, de timbre y dinámicas, son movimientos de coordinación entre ambas brazos más la suma del cuerpo en su globalidad. Por todo ello, contemplamos que debe incluirse en la Tabla V. Además en la obra también aparecen indicaciones de tempo de descanso: interrupciones marcadas en segundos (Fig.41). Estas interrupciones suponen un espacio de descanso entre secciones, su duración marcada en segundos de manera diferente dependiendo de la sección, hacen impredecible para el oyente el desarrollo de la pieza. Estas interrupciones recuerdan a obras anteriormente analizadas como *Deploratio* de Sanchez-Verdú (1997) y también a *Que cet ardent sanglot* de Félix Ibarrondo (1980). Al final de la composición vuelve a aparecer la nota pedal (Fig. 42), esta vez cambia el timbre ya que en lugar de nota pedal con arco, la escribe en *pizzicato*. Estos *pizzicatos* de mano izquierda en la cuerda al aire Do, tienen la amplitud de resonancia posible para crear el recuerdo de la nota pedal del comienzo de la obra.



Figura 42. Final [*Tylak para violoncello solo*, L. Vega (2007)]

Esta composición presenta similitudes en cantidad de recursos, y en las técnicas a la del compositor Sanchez-Verdú, *Deploratio* (1997). Ambas obras hablan en lenguaje contemporáneo en su totalidad. Sus elementos y recursos estilísticos no pertenecen a la técnica tradicional y por tanto se hace necesario buscar soluciones técnicas originales. La idea interpretativa también difiere de estilos musicales anteriores a 1970, un ejemplo

es la nota pedal del comienzo y final de la obra, en arco y *pizzicato*, la cual supone una característica sonora que si bien no es nueva interacciona con elementos propios de la nueva música como los armónicos artificiales y *glissandos*, que proporcionan una gran riqueza tímbrica y sonora.

5.7. *Chelo Prieto y Lachrymae*, Tomás Marco (2006).

Chelo Prieto es una obra que presenta diversidad de recursos de la nueva música. Hemos de destacar un elemento referente a la grafía el cual ya ha sido tratado en obras anteriores como el *Que cet ardenet sanglot* de F. Ibarrondo (1980) y *Ofrenda*, de Luis de Pablo (1982); nos referimos a la escritura en dos pentagramas, dejando el primero en silencio -ya que el violonchelo es un instrumento monofónico- y añadiendo un segundo justo debajo (Fig.43). Como este elemento se repite bastante a lo largo de la pieza lo analizaremos detenidamente.

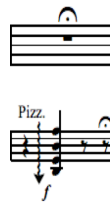


Figura 43. Compás 61, 1º Movimiento [*Il Dolore*, Chelo Prieto, T Marco (2006)]

• *Segunda voz*

Hemos colocado este recurso en la Tabla IV, porque cuando aparece esta segunda voz el compositor utiliza un cambio de timbre, como por ejemplo *pizzicato*, arco detrás de puente o *pizzicato* detrás del puente. Vamos a llamar a este segundo pentagrama, *segunda voz*, tal y como ya lo hemos hecho anteriormente en nuestro análisis. La segunda voz la podemos entender musicalmente como un elemento diferente de la primera o complementario a ella, ello dependerá de la elección del instrumentista respecto a la interpretación de la obra. Cuando el intérprete se encuentra ejecutando esta segunda voz, será consciente de ella porque visualmente es perceptible en la partitura, a ello le hemos de sumar que también existirá la diferencia tímbrica de la que hemos hablado con el uso de recursos como *pizzicato*, etc. Sobre los timbres utilizados en esta segunda voz podemos observar (Fig.44) como utiliza el *pizzicato* de la nota más aguda a la más grave (*acorde arpegiado*), según vemos en la flecha y al revés. Lo cual supone un elemento visual de indicación además de sonoro, ya que el movimiento producirá un

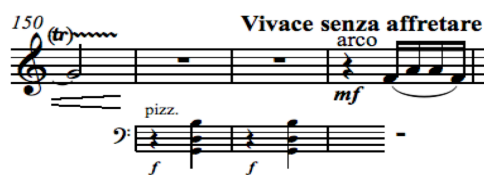


Figura 44. Compás 150 en adelante, 2º Movimiento [Gioia, Chelo Prieto, T Marco (2006)]

cruce de direcciones del brazo derecho al respecto de la dirección del batidor del violonchelo. Por tanto, es algo más que un recurso de mano derecha ya que interviene el movimiento corporal global y por ello lo hemos colocado también en la Tabla V. En la Figura 45, podemos observar otro cambio de timbre también en la *segunda voz*, en este caso se trata de tocar *pizzicato* por debajo del puente lo que produce un sonido seco, sin resonancia además de un acorde final de *pizzicato* descendente. Más tarde (Fig.46) aparece la misma nota de la primera voz, “la” pero una octava más bajo, y nos indica

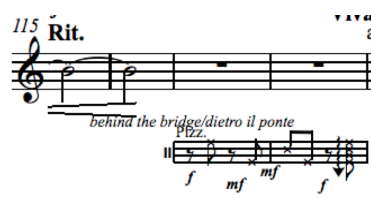


Figura 45. Compás 115, segundo movimiento [Gioia, Chelo Prieto, T. Marco (2006)]

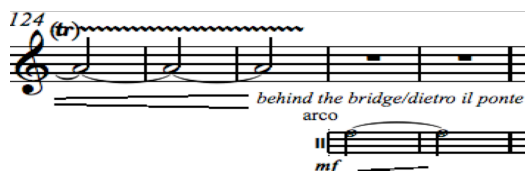


Figura 46. Compás 124 en adelante, segundo movimiento [Gioia, Chelo Prieto, T. Marco (2006)]

que ha de ser tocado debajo del puente y con arco lo que va a producir un sonido metálico y seco diferente al producido por *pizzicato*. Es decir, aparece (Fig.45 y Fig.46) el mismo recurso “tocar detrás del puente”, pero con diferentes herramientas como son el *pizzicato* y el arco. Ambas herramientas se refieren a la mano derecha pero para producción los movimientos difieren mucho uno del otro. Mientras que para ejecutar el *pizzicato* hemos de hacerlo con la yema del dedo (mano derecha), ajustando el peso y presión sobre la cuerda para producir el sonido “seco”, con el arco podríamos empezar arriba para facilitar el regulador teniendo muy en cuenta el lugar donde pasarlo ya que no es su lugar natural de paso— antes del puente. Es por ello que su ejecución implica un

movimiento no utilizado en la técnica tradicional y por ello lo hemos colocado en la Tabla IV ya que son recursos de la música contemporánea que contemplan nuevos lugares de producción sonora y por tanto nuevos timbres. Volviendo a la ejecución del regulador que aparece señalado en la obra (Fig.46), sería conveniente empezar la nota arco arriba como ya hemos comentado también por otras razones. Si ejecutamos esa arcada nos encontramos que justo inmediatamente después empiezan los *pizzicatos*, lo que volvería a producir un cruce de direcciones en el brazo derecho, un elemento visual además de sonoro que ya hemos mencionado con anterioridad.

- **Vibrato**

En esta composición encontramos muchas alusiones al uso explícito del vibrato: *senza vibrato*, *vibratissimo*, *molto vibrato*, lo cual ya hemos visto en obras anteriores como *Ofrenda* de Luis de Pablo (1982). Estos cambios tímbricos se producen en notas largas (Fig.47) y para realizar el cambio de oscilación del vibrato es necesario buscar la comodidad con el dedo que va a realizarlo, podría ser 2 o 3, dependiendo de la elección del instrumentista.

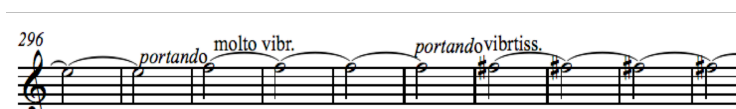


Figura 47. Compás 296 en adelante [*Gioia, Chelo Prieto*, T. Marco (2006)]

El cambio de oscilación hasta el *vibratissimo* debe de aumentar su frecuencia hasta el máximo de posibilidades del intérprete. Hemos de destacar que ésta demanda que el compositor indica del *vibrato* -del *molto vibrato* al *vibratissimo*- es un elemento que hemos colocado en la Tabla I porque implica a la mano izquierda, pero como también conlleva transiciones del tipo de *vibrato* demandado por el auto, lo hemos colocado también en la Tabla V. Es decir, a parte del cambio de frecuencia en la realización del *vibrato* mediante un *portando*, su ejecución llevado al máximo -*vibratissimo*- implica el uso del brazo completo e incluso podría ser posible una orientación corporal. Además de todo ello se debe de tener en cuenta el control de la afinación la cual es muy susceptible de cambio mediante los cambios de oscilación. Aunque en la técnica tradicional, como ya hemos visto trata el *vibrato*, el uso explícito tal y como anteriormente hemos explicado no se trata de la misma manera en la técnica tradicional que en la contemporánea donde no está tan estrechamente ligado a la expresividad.

- ***Transición arco ↔ pizzicato***

Otro elemento a destacar es el cambio o transición de arco a *pizzicato*, y al revés. Se produce de manera continua a lo largo de la obra. Se debe tener en cuenta que para poder ejecutar con fluidez el movimiento de transición y respetar la continuidad de la pieza se ha de controlar los movimientos corporales en equilibrio. Por ello, hemos colocado en la Tabla V este recurso con intervención corporal global. Una forma de interpretación práctica, podría ser mantener el arco sostenido como si fuéramos a tocar *arco*, con la mano en la posición, y producir el *pizzicato* con el dedo índice. De esta forma, no se produciría parada alguna entre los movimientos ya que la posición de la mano sobre el arco no cambia, los dedos se mantienen colocados como si fuéramos a tocar arco-. A todo ello hemos de sumarle que al principio de la obra es importante mantener los tempos que el compositor indica y encontrar el equilibrio de fluidez entre los movimientos de arco y *pizzicato*, para, como ya hemos explicado, respetar la continuidad de la música.

- ***Tocar detrás del puente arco/pizzicato***

Este recurso lo hemos tratado brevemente anteriormente en la *segunda voz*. Como ya hemos explicado este recurso lo colocamos en la Tabla V porque en primer lugar, no lo podemos incluir en la técnica tradicional del instrumento (Fig.46). En segundo lugar, no existe técnica predefinida para ejecutarlo y por tanto requiere de la experimentación del instrumentista, por ello, se puede hablar de una nueva intervención corporal. No es difícil tocar *pizzicatos* debajo del puente, pero si hablamos de arco se necesitará del control del mismo así como de una planificación sobre cantidad de arco, velocidad y peso. El sonido en ese lugar es metálico y seco, con poca resonancia, casi no hay vibración de la cuerda porque el tramo de la misma a vibrar está entre el cordal y el puente lo que significa un espacio pequeño donde la cuerda se encuentra en mucha tensión. Por tanto, para producir sonido se debe pasar el arco velozmente, sin presión, con el peso del brazo sin apretar. Otra cuestión a tener en cuenta es la dirección del arco, ya que casi no se podrá ver con claridad como se está pasando el arco, el ángulo de visión disminuye y habría que inclinarse, se necesita automatizar el movimiento ya que no se puede contar con la ayuda visual. Podríamos hablar de tocar cerca del talón o mitad de arco para controlar mejor la dirección y comenzar arco arriba para facilitar el regulador.

En esta composición podemos destacar el uso de la *segunda voz* escrita con un timbre diferente lo que nos llevará a tener una idea interpretativa de cambio continuo con respecto a lo anterior, por tanto, las soluciones técnicas debemos buscarlas en la técnica extendida del instrumento ya que utiliza elementos propios de la nueva música. Otros ejemplos que no encuentran solución en la técnica tradicional son el cambio/transición entre arco *pizzicato* que ya hemos tratado en este análisis. De nuevo tenemos que hablar de una nueva dinámica corporal subyacente a las nuevas técnicas

5.8. *Tres Soliloquis*, Joaquim Homs (2007).

Tres Soliloquis está formado por tres piezas independiente; el primero y tercero están escritos en un tempo más lento que el segundo, en *Vivace*. En ésta pieza, como ya hemos visto en otras anteriores, aparecen instrucciones para su interpretación. La grafía que el compositor utiliza en la misma en las tres partes, es tradicional pero sin embargo, otorga un nuevo significado a la misma mediante la personalización. Un ejemplo de ello es la indicación de “pesante pero breve” cuya grafía es la misma en el lenguaje tradicional que *spicatto-legato*. Volvemos a hablar de recursos tradicionales con indicaciones de estilo propias del compositor, ya hemos visto esta característica en la obra de Tomás Marco, *Lachrymae* (2006). Volviendo a la indicación “pesante pero breve” se da la circunstancia de que ambas significaciones vienen a ser lo mismo. Es decir, Homs lo utiliza estilísticamente: va más allá de la descripción técnica del golpe de arco. La utilización de grafías propias, personalizadas para la obra, indican que la pieza presenta recursos de la nueva música propuestos por el compositor con el fin de otorgar estilo y características tímbricas únicas en esta composición (Fig.48) que no siguen la línea de la música tradicional. La indicación de acentos suaves no es la grafía tradicional. Si bien ya hemos visto antes instrucciones para la interpretación de obras



Figura 48. Indicación de acentos suaves, compases 17 y 18 [Primer Soliloquio, J. Homs (2007)].

contemporáneas en este análisis (*Deploratio*, Sánchez-Verdú 1997), en esta pieza resulta novedosa la grafía utilizada, por seguir la senda de estilos anteriores a 1970, pero

marcar una distancia con la misma mediante un cambio de significado. Recordemos que la pieza incluye una instrucción que aunque esté escrita en lenguaje tradicional mediante la instrucción cambia su significación. Toda la instrucción se refiere a la mano derecha, el arco, más allá de las indicaciones de los golpes de arco busca aproximarse a sonidos, colores, timbres producidos por el arco pero con indicaciones estilísticas y no técnicas. Junto con ello, esta obra contiene un exhaustivo estudio dinámico y de la tesitura del violonchelo.

- ***Cambios bruscos de tesitura y diferencias en el vibrato***

Aparecen desde al comienzo del Primer Soliloquio. Además tal y como podemos ver en la Figura 49, presentan indicaciones sobre la interpretación que el compositor coloca en la instrucción de la obra. En este ejemplo, observamos una raya sobre la primera nota,

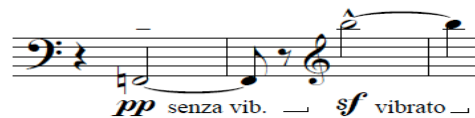


Figura 49. Cambios de tesitura y vibrato, compás 15 [Primer Soliloquio, J. Homs (2007)]

Fa, lo cual viene a significar “pesante” y una uve invertida sobre el *Si*, que significa “acentuar la nota”. Es de destacar la diferencia entre ambas “V” ya que dependiendo de su orientación, hacia arriba, es acentuar; y hacia abajo, es apoyo de la nota. Con lo cual volvemos a hablar de un cambio de su significación e interpretación. Es este un elemento escogido por el compositor y que si lo viéramos en otra composición sin instrucción, interpretaríamos de manera diferente – la tradicional-. También observamos en este ejemplo las indicaciones de *senza vibrato/vibrato*, vemos como el *senza vibrato* se corresponde con la dinámica de *pianísimo* y la indicación de pesante (ya indicada anteriormente). La ejecución de ésta nota con las características sonoras propuestas será la contraria de la siguiente, que aunque en la misma dinámica, *pianísimo*, ha de ser interpretada con un esforzando, apoyo y vibrato. Por tanto, este cambio brusco de tesitura se produce al mismo tiempo que el cambio de timbre (*pesante/ apoyo*), de *vibrato (senza vibr./vibr)* y de producción del sonido (*pp/Sf*). Es por ello que podemos decir que muchos elementos cambian, incluidos los técnicos, en poco espacio de tiempo. Los cambios de tesitura implican cambios de cuerda lo que corresponde a la mano derecha, el arco. Además la afinación de las notas en la mano izquierda, que se encuentran muy distanciadas unas de otras en el batidor, resultan de ejecución

complicada y más aún cuando aparecen armónicos naturales que no permiten margen de error. Para su correcta interpretación, es por tanto necesario un estudio técnico detenido de afinación así como de golpes de arco y también de sonoridad y vibrato. Tantos elementos en pocas notas, con mucho espacio entre ellas necesitan de la capacidad de cambio anticipada, es decir, hablamos de anticipar para poder interpretar correctamente cambios bruscos sin perder fluidez y poder interpretar libremente. Hemos colocado estos elementos en la Tabla V porque confluyen en ellos muchos detalles que hacen la interpretación diferente a la tradicional; los cambios de cuerda bruscos implican movimientos corporales que si bien son conocidos por el intérprete, en esta obra se repiten y acentúan de una manera diferente a la estándar. Junto con ello, los cambios de vibrato indicados por el compositor también otorgan un papel diferente en la interpretación ya que como hemos señalado anteriormente en este trabajo, en las obras tradicionales no se marca el tipo de vibrato.

- *Armónico artificial, natural y glissando*

Tal como hemos destacado anteriormente, desde el Primer Soliloquio aparecen armónicos y podemos observarlos (Fig.50) junto con tipo de línea “espectral” que ya

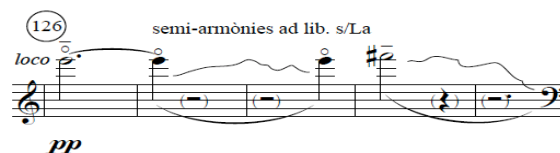


Figura 50. Armónicos, compás 126 [Primer Soliloquio, J Homs (2007)]

hemos analizado en el capítulo anterior en los 10 Preludios de S. Gubaidulina (1974) y más en concreto en el Preludio 10º. El compositor lo denomina en esta pieza *semi-armonías ad limitum* sobre la cuerda de La, lo cual difiere de lo que hemos visto en la obra de Gubaidulina ya que limita el desarrollo de la línea hasta el “La”: recordemos que en los Preludios no hay acotamiento de notas. Para su interpretación, lo más lógico será ejecutar la línea con el dedo que estamos realizando el armónico, por ejemplo: el tercero. Sería conveniente dejar sobre la cuerda la mayor cantidad de yema del dedo, sin presionar la misma, pero de esta manera no se correría el riesgo de que el dedo salga de la cuerda durante el movimiento de los *glissando* para las *semi-armonías*. El Primer Soliloquio empieza con una nota armónica con la indicación de tocarla en la cuerda de Sol, ello proporcionará un timbre diferente al que se produciría si la ejecutásemos en

otra cuerda. Seguidamente aparecen los cambio de tesitura para interpretar a continuación el *glissando* con y sin *tremolo*. Es un primer movimiento cargado de recursos, junto con ellos aparecen indicaciones estilísticas como *so real, simplice*, que otorgan unas ideas sobre la interpretación que son indicaciones personalizadas para el intérprete. Ya hemos hablado del uso de indicaciones estilísticas con un tratamiento diferente al tradicional, personalizadas, visuales y con mayor descripción que la estándar dirigidas hacia el tempo. En la Figura 51, observamos como la V invertida



Figura 51. Armónicos artificial. [Primer Soliloquio, J. Homs (2007)]

también aparece en *pizzicato*, es decir, lo ejecutaríamos de la manera en que se pudiera “apoyar en la nota”. Es decir, aplica la grafía a diferentes recursos ya sean con arco o con *pizzicato*.

- *Arco* → *Pizzicato intercalado y pizzicato entre cuerdas intercaladas*

En el Tercer Soliloquio aparece un pasaje de intercambio/transición de arco y *pizzicato* en mano derecha. Aunque el tempo no es excesivamente rápido, negra a 60, se hace necesaria coordinación entre ambos elementos para poder interpretar sin paradas y con fluidez. Tal y como se observa (Fig. 52), se añaden además varios elementos que enriquecen el pasaje: acordes, dobles cuerdas, *glissando* de *pizzicatos*; todo ello junto con ligaduras, puntos, “apoyos” y “pesantes” e indicaciones de dinámica y reguladores. Es un pasaje muy completo timbricamente por su cantidad de recursos. Para su ejecución se han de coordinar las arcadas con los *pizzicatos* como ya hemos comentado

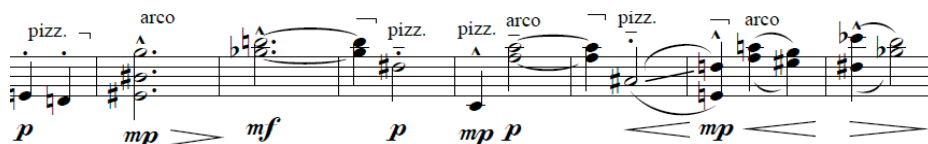


Figura 52. *Pizzicato* y arco intercalado, compás 95 y adelante [Tercer Soliloquio, J. Homs (2007)]

pero teniendo en cuenta las dinámicas, las cuales son muy explícitas. La elección de los arcos resulta sencilla porque no influye necesariamente en el resultado, por lo que queda a elección del intérprete. Por otro lado la ejecución de los *pizzicatos* con diferentes

características sonoras se pueden llevar acabo cambiando la orientación de la mano para la producción del mismo: de izquierda a derecha o al revés. Con ello conseguiremos diferenciar el “pesante” del “apoyo” añadiendole un cambio de peso de mano derecha.

- ***Indicación de dinámicas precisas***

Las indicaciones de dinámicas son muy precisas y el autor lo escribe mediante grafías tradiciones como las de dinámica: *p*, *mp*, *f* o *ff*; y junto con ellas aparecen reguladores. Este elemento aparece a lo largo de la obra y nos recuerdan a los *7 Estudios para violonchelo solo* de Isang Yun (1995) por el uso de los reguladores continuados y explícitos. Un ejemplo es la Figura 53, donde aparece un regulador en forma de cruz, es decir, disminuye y aumenta la dinámica como si fuera en forma de espejo. La interpretación del violonchelista ante el requerimiento de tal cantidad de precisión dinámica, indicada por el compositor a

los largo de la pieza, debe corresponderse con un estudio exhaustivo de las mismas. Además será necesario un análisis detallado del



Figura 53. Regulador cruzado en compás 32 [Tercer Soliloquio, J. Homs (2007)]

arco, centrándose en el gasto, recuperación, diferenciación de *Sf* en *F* o en *P*. Y quizás el hecho más complicado, los reguladores, deben de ser independientes a las arcadas que hagamos, ya sean arco arriba o arco abajo. Además en el caso de reguladores espejo se necesitará un trabajo detallado del peso y control del arco para igualar las arcadas.

Soliloquios es una obra escrita en lenguaje contemporáneo aunque no presenta gran cantidad de recursos de la nueva música. No obstante, el uso de reguladores sonoros, tal como ya hemos comentado, son muy similares a los que utilizada Yun (1993) en su *7 Estudios* (Capítulo I) y que tratan de una búsqueda de nuevas sonoridades mediante modelos distintos a los tradicionales. Es por ello que si bien la pieza no necesita del uso constante de la técnica extendida del violonchelo, si requiere una nueva idea del concepto de creación de sonoridad y por tanto, demanda del instrumentista nuevas ideas interpretativas para con el sonido. Ello se podrá afrontar mediante el uso de la técnica tradicional pero desarrollando un sentido nuevo sobre los niveles de dinámicas y texturas sonoras.

5.9. *Quasi una sonata*, Taberna Bech (2011).

Ésta pieza *Quasi una Sonata*, nos sugiere por su título, una obra con rasgos similares a una Sonata clásica. Sin embargo, el uso de la palabra *Quasi*, describe que difiere del concepto de la misma. Parece que la referencia a la Sonata clásica se hace por sus cuatro movimientos, aunque sin embargo, esta obra no se corresponde a los cánones de lo que debe ser la forma Sonata. Y es que dicha forma trata de las siguientes secciones: exposición, desarrollo y re-exposición. No encontramos esta estructura en esta pieza sino que difiere de ella por sus elementos y características propias más cercanas a la música contemporánea. La pieza escrita en estilo tradicional, no contiene instrucciones, además su grafía es estándar y consta de pocos recursos o características propias de la nueva música. Sin embargo, no por ello es menos interesante, busca mediante recursos tradicionales sonoridades diferentes como las que hemos visto en el pieza anterior y que analizaremos a continuación.

- **Búsqueda de sonoridades**

Ésta característica la utiliza mediante el uso de la sordina, notas en posiciones lejanas en el batidor, golpes de arco, *battuto*, *flautando* y dobles cuerdas. En la Figura 54 podemos observar como indica la cuerda a utilizar (Sol) con el fin de proporcionar una sonoridad en concreto y evitar la cuerda al aire Re. Lo mismo ocurre con la segunda célula



Figura 54. Inicio del 2º movimiento *Intermezzo* [*Quasi una sonata*, Taberna Bech (2011)]

musical indicada en la cuerda Re, con el mismo objetivo, una textura sonora más oscura que si se utiliza la cuerda de La. Técnicamente la posición correspondiente a la primera nota puede ser, primer dedo en cuarta posición, con ello, y debido a que es un dedo con la fuerza suficiente que permite variar peso y frecuencia podemos además jugar con el vibrato y definir más claramente las dinámicas indicadas en la partitura. Aunque este elemento es importante, la búsqueda del sonido se concentra en la mano derecha. Mucho peso en la mano del arco puede romper la calidad del sonido y poco puede no dejar entrar el arco en la cuerda. Por tanto, se requiere de una reflexión inicial para

ejecutar las dinámicas las cuales se nutren de ambas manos con una mayor implicación de la dinámica corporal. Más adelante en la obra el compositor indica el uso de la textura *flautando*, la cual se ejecuta con el arco (Fig.55). Tal como observamos el pasaje



Figura 55. Compás 9, 2º movimiento *Intermezzo* [*Quasi una sonata*, Taberna Bech (2011)]

está escrito en una tesitura aguda y comienza en posición de pulgar, aunque cubre una amplia tesitura, lo cual implica cambios de cuerdas ligados. Para ejecutar este *flautando* indicado con una ligadura pero en cambios de cuerda es necesario el control de la mano derecha. Los cambios de cuerda suponen de por sí un estudio exhaustivo de la colocación del brazo derecho para encontrar puntos de equilibrio entre las cuerdas que proporcionen fluidez evitando cambios bruscos donde aparezcan acentos o tirones de arco no deseados. Además, para conseguir la textura sonora de *flautando* hay que tener en cuenta otros tres puntos: lugar de paso del arco –cerca del puente-; velocidad –paso rápido del arco; peso –poco-. Es por tanto un pasaje con diversos elementos de estudio, que demandan del intérprete una mayor implicación de la dinámica corporal. En el final de la obra (Fig.56) aparece un elemento que observamos en numerosas ocasiones a lo largo de este estudio: las dobles cuerdas. En este caso el compositor escribe fuertes disonancias en segundas menores. Ya hemos explicado anteriormente la complicación de la dinámica corporal en la doble cuerda –mano izquierda y mano derecha- a esto le podemos sumar en este pasaje el hecho de que está escrito en una tesitura aguda con la correspondiente utilización del pulgar.



Figura 56. Compás 15, 3º movimiento *Fantasia*. [*Quasi una sonata*, Taberna Bech (2011)]

En resumen, la obra como ya hemos comentado no presenta signos evidentes del lenguaje contemporáneo como p.ej. efectos sonoros. Sin embargo, juega con las

sonoridades de una manera diferente a las de estilos anteriores a 1970, todo ello con el fin de producir diferentes colores, texturas sonoras, etc. Además es también una obra muy rítmica marcada por grupos o grupetos de notas como tresillos, pasajes de semicorcheas y cambio de compás, que ya hemos comentado a lo largo del este análisis. Como en la pieza anterior *Tres Soliloquis* de Homs (2007), no se necesita del uso de la técnica extendida del violonchelo para su interpretación, pero si se ha de tener en cuenta la nueva relación con el sonido por el uso de recursos no tan comunes y diferentes a los utilizados en la técnica tradicional del instrumento.

5.10. *Ausencia de Ángel*, Enrique Muñoz (2011).

Ausencia de Ángel es una obra con una grafía tradicional pero que sin embargo contiene variedad de recursos, elementos y características de la música contemporánea.

- **Colocación del arco: *sul ponticello* / *tasto***

A lo largo de la obra observamos claramente las indicaciones del compositor sobre donde colocar el arco (Fig.57). Hemos colocado en la Tabla V la indicación de *sul ponticello/tasto* porque aparece durante toda la duración de la obra y no solo

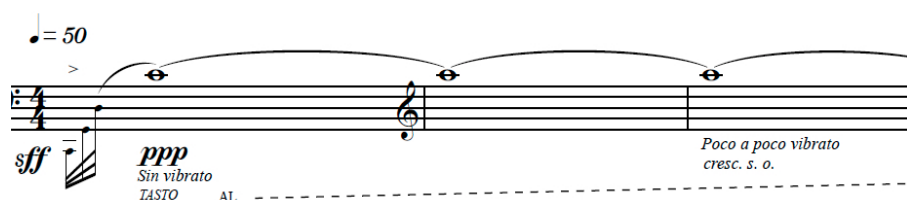


Figura 57. Comienzo con indicación sobre vibrato y arco [*Ausencia de Ángel*, E. Muñoz (2011)]

ocasionalmente como medio para un cambio de timbre. Van más allá que unas indicaciones puntuales y constituyen una base sonora sobre la que se edifica la obra. Por ello, ya que constantemente el intérprete ha de ser consciente del lugar de colocación del arco lo contemplamos como un movimiento corporal global. El movimiento de traslado del arco desde el batidor hasta el puente se realiza lentamente. La manera de realizarlo depende del tiempo que se tenga para ejecutarlo. Si la indicación se ejecuta rápidamente se podría considerar un efecto sonoro, como por ejemplo de *sul tasto* a *sul ponticello*. Si por el contrario, se realizara lentamente como es el caso de la figura que

hemos observado anteriormente, trata de conseguir un cambio de timbre sin interrupciones, de una manera fluida y estable.

- **Trinos en microtonos**

La obra continúa con un elemento que ya hemos visto en otras composiciones anteriores como *De Amore* de Sotelo (1984). Se trata de trinos con indicación de cuartos de tono. En este caso (Fig.58) para su ejecución debemos contemplar que el espacio para su

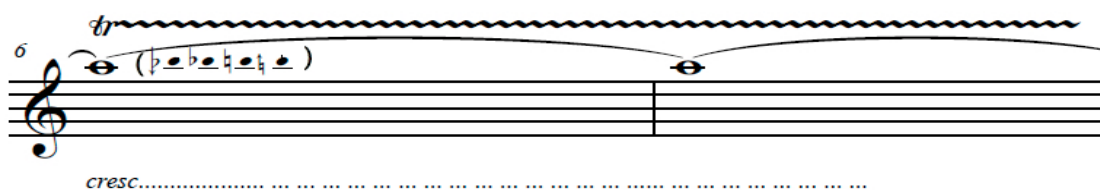


Figura 58. Compás 6, trinos en microtonos [*Ausencia de Ángel*, E. Muñoz (2011)]

realización es muy pequeño ya que el mismo se sitúa sobre una nota bastante aguda (clave de sol). La mejor solución para su ejecución pasa por el estudio y elección de un digitado, p.ej. primer y segundo dedo. Como ya hemos observado en otras obras, dependiendo del grosor de las yemas de los dedos del violonchelista pueden variar los digitados, es este un caso donde otros digitados son posibles atendiendo a las características biomecánicas propias del ejecutante y su libre elección.

- **Glissando**

Esta obra contiene gran cantidad de armónicos, en la siguiente Figura 59, podemos observar como interaccionan junto con otro recurso: un *glissando* (“multi-recurso”)

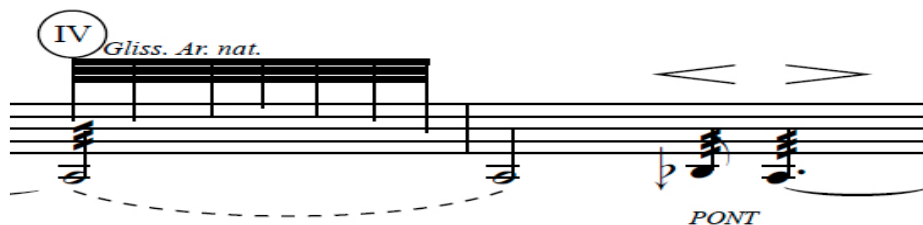


Figura 59. Armónico artificial en *glissando* [*Ausencia de Ángel*, E Muñoz (2011)]

Hemos colocado este suma de elementos en la Tabla V porque a la ejecución de la mano izquierda del armónico artificial se suma la producción del sonido, es decir, es indispensable analizar la manera de pasar el arco para conseguir el sonido deseado. El paso del arco lentamente dejaría sin posibilidad de sonoridad al armónico artificial, con

lo se debe pasar lo suficientemente rápido para producir el efecto deseado. Otra variante de lo anterior es con armónicos naturales (Fig.60). En la figura observamos una nota pedal sobre la que se indica la ejecución de armónicos en *glissando*. Seguimos hablando de suma de recursos, por ello, ya que interviene la mano izquierda en coordinación con la derecha, se otorga más libertad de ejecutar el *glissando* de manera libre para el intérprete y justifica su colocación en la tabla de corporeidad global. El compositor deja libertad suficiente al intérprete para ejecutar los armónicos sobre la nota pedal, sin embargo esta libertad queda reducida a la correcta producción sonora de los armónicos



Figura 60. Armónicos naturales en *glissando*, cuarto de tono [Ausencia de Ángel, E Muñoz (2011)]

y la calidad del sonido. Para ello una buena elección del paso del arco se hace indispensable.

Ausencia de Ángel es una composición que suma algunos recursos de la música contemporánea. En efecto, en ella se mezclan, sin abandonar la escritura tradicional, elementos para enriquecer tímbricamente y sonoramente la obra en el nuevo lenguaje. Técnicamente aparecen algunos recursos de la técnica extendida del violonchelo y, para la ejecución de la pieza, se requiere de un análisis técnico sobre los elementos y características. La coordinación e interacción de recursos sonoros se centra sobre todo en el uso de la colocación del arco. Este elemento está presente a lo largo de toda la pieza y por ello juega un papel principal en el cambio constante de timbre. Su uso continuado se puede incluir en la técnica extendida del instrumento ya que es la base sonora de la obra y requiere de un estudio explícito y analítico para su ejecución. Por tanto, observamos como un elemento que ya aparecía ocasionalmente en la técnica tradicional del instrumento se desarrolla y se convierte en fundamental en esta pieza contemporánea.

5.11. *Spell*, Voro García (2014).

De las obras analizadas hasta este punto, es en ésta en la que nos encontramos con más elementos de la música contemporánea que confluyen, tales como: recursos técnicos, sonoros y características estilísticas. Algunos de estos elementos los hemos ido analizando a lo largo de este capítulo sin embargo otros son nuevos. *Spell* es una obra contemporánea porque está escrita completamente en el lenguaje de la nueva música. Muestra gran cantidad de recursos, efectos sonoros, interacción de recursos (“multi-recursos”), además de su grafía y estilo. La obra está dedicada al violonchelista Manuel Santapau; y según el propio compositor, también pretende rendir tributo al maestro Witold Lutoslawski, ya que *Spell* fue compuesta en el año de conmemoración del centenario de su nacimiento. Según el compositor, el planteamiento estructural de *Spell* se acerca a algunas de las principales características de las obras de Lutoslawski como por ejemplo: la acción y la dramaturgia musical. La obra está escrita en la técnica *extendida del violonchelo*. La pieza presenta dos partituras o versiones: una con la notación para el violonchelo con *scordatura* (con alturas reales), y otra, con digitación convencional sin tener en cuenta la *scordatura* (con las posiciones que se “pisan en el batidor”). En este estudio las figuras que presentamos pertenecen a la segunda versión (Fig.61). *Spell* comienza con un discurso musical inicial de carácter introductorio con



Figura 61. Acentos del comienzo [*Spell*, V. García (2014)]

expectativa de continuidad variable, este será interrumpido constantemente para conducir el “conflicto”, basado en esta interrupción hasta alcanzar el clímax. Dicho de otro modo y según palabras del propio compositor: “*Los objetos sonoros como si de raíces adormecidas se tratara, poco a poco, a través de variados cromatismos tímbricos derivados de la micro-variación, irán definiendo la sintaxis musical en una serie de principios dramáticos que encuentran su potencial en lo expresivo*”. En nuestro análisis de la obra empezaremos por el elemento base, la afinación del violonchelo o *scordatura*.

- **Scordatura**

Significa una afinación inicial del violonchelo que es diferente a la estándar y mostramos a continuación:

1°. La → Sol #

2°. Re → Do#

3°. Sol → Sol

4°. Do → baja hasta llegar al Fa#

La utilización de la *scordatura* ya la hemos observado anteriormente en la obra de *Deploratio* de Sánchez Verdú (1997), pero en esta pieza aparece un elemento innovador que no hemos visto antes en este estudio. Se trata del *glissando scordatura* (Fig.62).



Figura 62. *Scordatura*, Pág. 4 [Spell, V.. García (2014)]

- **Glissando scordatura**

Este elemento aparece en la cuerda Do, la más grave del violonchelo. En el comienzo de la obra la cuerda se encuentra afinada en su afinación convencional. A lo largo de la pieza la cuerda sufre la *scordatura* mediante un *glissando* descendente: por medios tonos, aunque no siempre ya que hay variables, hasta llegar a la nota Fa#. Para realizar esta acción se es necesario rotar la clavija de la cuerda Do con la mano izquierda. Esta acción puede realizarse con una clavija ordinaria pero se necesita bastante fuerza para girar la misma justo el intervalo que se indica. La clavija de la cuerda Do es igual a la de las restantes cuerdas; para rotar la clavija es necesario aplicar fuerza en sentido contrario a como ha sido enrollada la cuerda y empujar la clavija hacia dentro del clavijero para establecer la nueva afinación parando el giro. Es por tanto, muy complicado ya que la mano izquierda debe de rotar y apretar al mismo tiempo. No

sabemos si por estas razones o no, pero en los últimos años han aparecido clavijas especiales (Fig.63) con un mecanismo parecido al de las llaves para contrabajo donde basta con rodar la misma sin fuerza para afinarla a la altura deseada. Se denominan



Figura 63. Clavija mecánica de violonchelo, marca Wittner.

clavijas mecánicas.

- **Multifónico**

El signo de la <M> (multifónico), ya lo hemos observado en la obra *De amore* de



Figura 64. Multifónico, Pág.2 [*Spell*, V.. García (2014)]

Sotelo (1995) y también lo encontramos en esta pieza (Fig.64). Podemos por tanto aplicar los mismos parámetros técnicos de los que hemos hablado anteriormente y que resumiremos en los siguientes:

- ◆ Colocación de la yema del dedo de la mano izquierda a media presión
- ◆ Paso del arco a la velocidad conveniente, más bien lento, para posibilitar la resonancia del multifónico.



Figura 65. *Glissando scordatura* [*Spell*, V. García (2014)]

En esta obra aparece una herramienta muy importante que demuestra como el compositor ha tenido en cuenta la dificultad de la realización de un mutifónico partiendo de otras notas y por tanto facilita su ejecución. Lo podemos observar en la siguiente Figura 65. Se trata de una preparación del multifónico mediante *glissando*. Anteriormente hemos analizado como la ejecución de un multifónico resulta complicada técnicamente porque se encuentra a media presión de mano izquierda y a muy poca distancia de la nota real. Por ello, resulta notable la preparación técnica mediante el *glissando* que ofrece el compositor para facilitar la interpretación de la obra.

- **Trino**

En la Figura 66, podemos observar como aparece un trino en una doble cuerda de armónicos. La ejecución de ese trino difiere de la de un trino tradicional porque al ser ambas notas armónicas la cuerda no puede pisarse, solo el contacto del la yema del dedo con la cuerda produce el armónico (media presión). Por tanto, si estamos tocando un armónico y queremos producir el trino debemos levantar el dedo para producir la

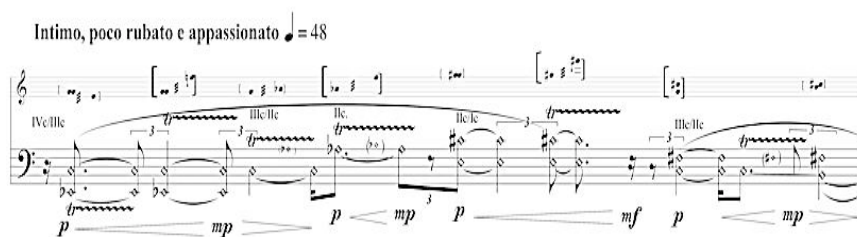


Figura 66. Trinos, Pág.2 [*Spell*, V. García (2014)]

siguiente nota. Es decir, se alternan los dedos para producir el trino de armónicos. Cuando es doble cuerda, una digitación posible es la nota grave con 1º dedo y el trino con 2º y 4º dedo. Cuando no hay doble cuerda el trino puede realizarse con la digitación que el violonchelista considere conveniente para su ejecución. Los armónicos, como ya hemos tratado a lo largo de este estudio, van estrechamente unidos a la forma de pasar el arco. Es por ello que en un pasaje como este, donde hay dobles cuerdas más trino, el paso del arco a una velocidad suficiente para poder producir la resonancia de las notas es de la mayor importancia. Y no sólo la velocidad de arco, se ponen en juego otros elementos como son: la cantidad de cerdas a emplear, el peso del brazo y la cantidad del mismo. Todos estos elementos configuran de nuevo un “multi-recurso”, y su estudio y definición son necesarios para la interpretación de este pasaje. Además de la ejecución

técnica del pasaje observamos las dinámicas, las cuales nos recuerdan a los estudios que hemos analizado en el Capítulo I (*Siete Estudios* de Isang Yun, 1993). Dinámicas muy explícitas no solo de graduación del nivel sonoro, también reguladores que ofrecen la realización de colores y texturas sonoras determinadas. Los reguladores dentro de una misma dinámica son una característica que también hemos observado en otras composiciones anteriores en este capítulo. Otra variante de trinos que observamos en esta pieza es la de trino *glissando* ascendente, aparece muy frecuentemente a lo largo de la pieza y utiliza el *glissando* junto con el *ponticello* para efectuar un cambio de sonoridad y de timbre. Lo podemos observar en la Figura 67.



Figura 67. Trino en glissando ascendente [Spell, V. García (2014)]

- ***Mezza pressione mano sinistra***

En la obra *Deploratio* de Sánchez Verdú (1997) hemos hablado sobre los diferentes tipos de presión de la mano izquierda y en las dinámicas que el compositor indicaba para este efecto sonoro. En este caso también encontramos referencias a ello: "mezza pressione mano sinistra" (Fig.68) en un pasaje de grupos de notas que van realizando un *accelerando* escrito. Nos podemos preguntar ¿Qué es lo que se busca con una presión

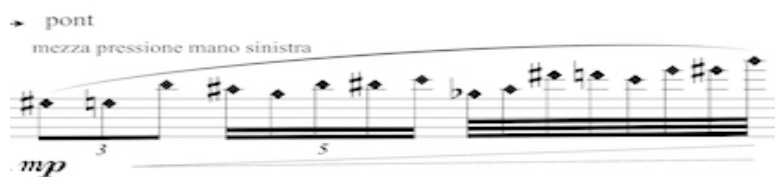


Figura 68. Media presión mano izquierda, Pág.2, [Spell, V. García (2014)]

inferior en a mano izquierda en este pasaje? Pensamos que menor presión implica menor articulación, con lo cual la sonoridad que se produce no es clara en afinación, tampoco en articulación. El sonido que se produce es poco nítido, con un timbre específico, parecido al que se produce en electroacústica.

- ***Pizzicato Bartok/Jazz***

Hemos observado en este estudio diversos tipos de *pizzicato*, sin embargo, es la primera vez en este trabajo que encontramos el *Jazz pizzicato*. Como su nombre indica proviene de un estilo musical diferente, pero su realización es posible en el violonchelo. El *pizzicato jazz* es un recurso muy utilizado por los contrabajistas de Jazz. La manera de realizarlo con el violonchelo es con la yema del dedo de la mano derecha, normalmente el dedo índice o central. El dedo se coloca cerca de la cuerda y se ataca desde la misma de manera lateral. El compositor lo escribe en notas graves, a modo de bajo de Jazz, con lo cual se debe obtener amplitud de resonancia con la ejecución del *pizzicato*. La principal diferencia con el *pizzicato* clásico es el ataque desde la cuerda, ladeado en contraposición al ataque vertical más común en el estilo clásico. Encontramos que con la indicación de Jazz se busca algo más que el *pizzicato* en sí, es una indicación del estilo. Tal y como observamos en la Figura 69, aparece conectado con *pizzicato Bartok*,



Figura 69. Pizzicatos, Pág.4, [Spell, V. García (2014)]

un *pizzicato seco* con una sonoridad metálica que permite el contacto de la cuerda con el batidor. Es por ello que ambas sonoridades son muy diferentes en timbre, si bien ambas son *pizzicatos*, además, son diferentes en sus técnicas de ejecución y por tanto el resultado sonoro es distinto.

- ***Reguladores Sforzando***

En la Figura 65 ya observamos un regulador y a continuación un *Sforzando*. Este elemento aparece de manera continua a lo largo de la obra. Como podemos observar resulta curioso porque está colocado durante silencios, es decir, donde no hay música escrita. Se pretende con ello efectuar un *Sforzando* aprovechando la resonancia natural de la nota y por tanto del regulador anterior. Como vemos, además, refuerza el efecto sonoro colocando los siguientes elementos: disonancia, doble cuerda y *sul ponticello*. Por tanto, podemos deducir, que es este recurso un elemento poco casual y muy pensado para poder producir el efecto sonoro que se requiere. Para ello será necesario

pasar el arco con una aceleración final, con el propósito de conseguir con ella mayor sonoridad. La mejor arcada para ello es la de arco arriba, pero como este elemento se repite mucho a lo largo de la pieza en ocasiones no será posible y se debe conseguir el mismo efecto en el arco abajo. Tal como observamos, el autor escribe a continuación un armónico con una dinámica diferente, lo cual crea una mezcla de timbres que van desde el metálico del *sul ponticello* y de gran resonancia e intensidad; hasta el finísimo sonido de un armónico.

- **Nota pedal**

Hemos observado este recurso anteriormente en la obra de Laura Vega (2007) y también lo vamos a encontrar muy a menudo en esta pieza. Tal como podemos observar (Fig.70) la nota pedal es una cuerda al aire, no la reconoceremos porque está en *scordatura*, y por tanto medio semitono bajo. Como observamos la nota pedal aparece

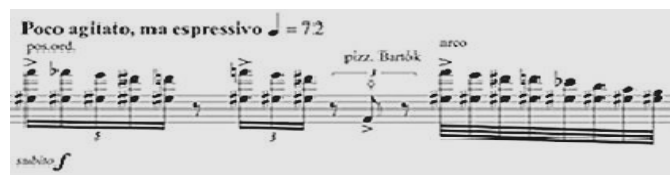


Figura 70. Nota pedal [*Spell*, V. García (2014)]

en interacción con grupetos de notas, algo que ya hemos comentado anteriormente en este Capítulo; nos referimos de nuevo al “multi-recurso”.

- **Muy estridente**

Este recurso aparece con la grafía que podemos observar (Fig.71) “muelles” colocados



Figura 71. Muy estridente [*Spell*, V. García (2014)]

en las plicas de las notas. Además aparece junto con otros elementos: trinos, acentos y dinámicas fuertes (“multi-recurso”). Para ejecutar el muy estridente es necesario colocar el arco lo más cerca del talón y tocar con todas las cerdas y peso del brazo. Como su nombre indica “muy estridente” requiere de gran esfuerzo para producir el máximo volumen sonoro posible.

Por todo lo anterior, identificamos en esta obra gran cantidad de los recursos, características, elementos, efectos, “multi-recursos”, etc.; tratados en obras anteriores y que podríamos resumir en esta composición. Por ello, consideramos esta obra como un ejemplo de la técnica extendida del violoncello, porque en ella se ponen en marcha las nuevas maneras u formas de producción sonora, además de las estilísticas. La técnica tradicional del instrumento es la base desde la que partimos pero que no contiene soluciones para los recursos que la pieza presenta, por tanto, la mayoría de las características de la obra tienen su desarrollo en la técnica extendida del instrumento tal y como hemos comentado en los apartados anteriores. Todo ello, refuerza nuestra hipótesis de trabajo: la nueva música impone una nueva dinámica corporal de interpretación y por tanto una distinta percepción del intérprete.

❖ Conclusiones

Enfoque Musicológico

1. La música contemporánea utiliza nuevas herramientas, recursos técnicos y también nuevos términos en cuanto al lenguaje y estilo. Nuestro estudio concluye que si bien la nueva música no refleja un cambio técnico total o rupturista con respecto al lenguaje tradicional, el lenguaje de la música contemporánea se expresa con nuevos elementos que influyen en la técnica del instrumento dando lugar a nuevos conceptos de ejecución y estilo.
2. Las técnicas instrumentales necesarias para la interpretación de las obras contemporáneas analizadas generan en el intérprete la búsqueda de soluciones técnico-interpretativas que no existen en la técnica tradicional del instrumento. Actualmente esta búsqueda se realiza desde la técnica tradicional -ya que es el bagaje que posee el instrumentista- pero concluimos que se han de aplicar nuevos conceptos técnico-estilísticos con el fin de poder interpretar coherentemente lo escrito en la partitura. Los nuevos conceptos generan como respuesta en el instrumentista una nueva dinámica corporal o cinestesia la cual debe desarrollarse como motor de búsqueda de las soluciones técnicas algunas ya introducidas en la denominada técnica extendida del violonchelo.
3. En la nueva música el instrumentista ha de entrenarse en las nuevas técnicas e incorporarlas a su memoria de trabajo, además debe cambiar su dinámica corporal para la ejecución de la nueva música. Todo ello conduce a un nuevo modelo interpretativo que debe reflejarse en la ejecución, en su idea musical y comunicación con el oyente.
4. Derivado del punto anterior concluimos que las nuevas técnicas interpretativas propician más agilidad técnica y mental opuesta a la rigidez técnica y cognitiva de la técnica tradicional para violonchelo. Incluso en determinados casos pueden depender de las condiciones biomecánicas y de los elementos anatómicos utilizados por el instrumentista en la interpretación lo que hace que ésta sea más libre, directa y personal que en la técnica tradicional.
5. Las obras de los compositores analizados se basan en recursos y herramientas técnicas similares aunque expresados de distintas formas. Es de destacar como

novedoso que estas herramientas aparecen combinadas interaccionando entre ellas siguiendo un estilo propio. Hemos denominado esta nueva modalidad con el nombre de “multi-recurso”. El “multi-recurso” supone un ejercicio de flexibilidad técnica y conceptual para el intérprete y representa a veces elementos complejos de difícil ejecución.

6. Las conclusiones anteriores nos conducen a proponer que en los estudios y obras españolas para violonchelo solo compuestas desde 1970 se introduzcan como metodología de conceptos y técnicas. Por ello que nuestra conclusión fundamental es que la nueva música produce un nuevo modelo técnico-interpretativo de mayor libertad incorporando una nueva dinámica corporal.

ENFOQUE NEUROFISIOLÒGIC

❖ ENFOQUE NEUROFISIOLÓGICO

1. Introducción general

1.1. Audición musical y cerebro

➤ Los sonidos y la audición: física y fisiología.

Cuando producimos una perturbación en el aire, observamos que se originan sonidos porque así lo percibe nuestro sentido auditivo y lo reconoce nuestro cerebro. Los sonidos son ondas sonoras o acústicas de naturaleza mecánica o elástica que se transmiten en el medio aéreo en todas direcciones. No se transmiten en el vacío pues la propagación de un sonido se realiza gracias a las vibraciones de las partículas del medio, las partículas oscilan y transmiten por rozamiento a las adyacentes su estado de vibración. Por ejemplo, si se golpea un diapasón con un martillo, las ramas vibratorias del diapasón hacen vibrar a su vez a las partículas del medio que las rodean iniciándose la propagación de las ondas sonoras. A través del medio, lo que realmente se produce microscópicamente es un fenómeno denominado compresión-rarefacción de las moléculas/partículas del aire, proceso que a modo de “efecto dominó” se va propagando longitudinalmente por el espacio (ver Figura 1A) como las olas del mar. Una

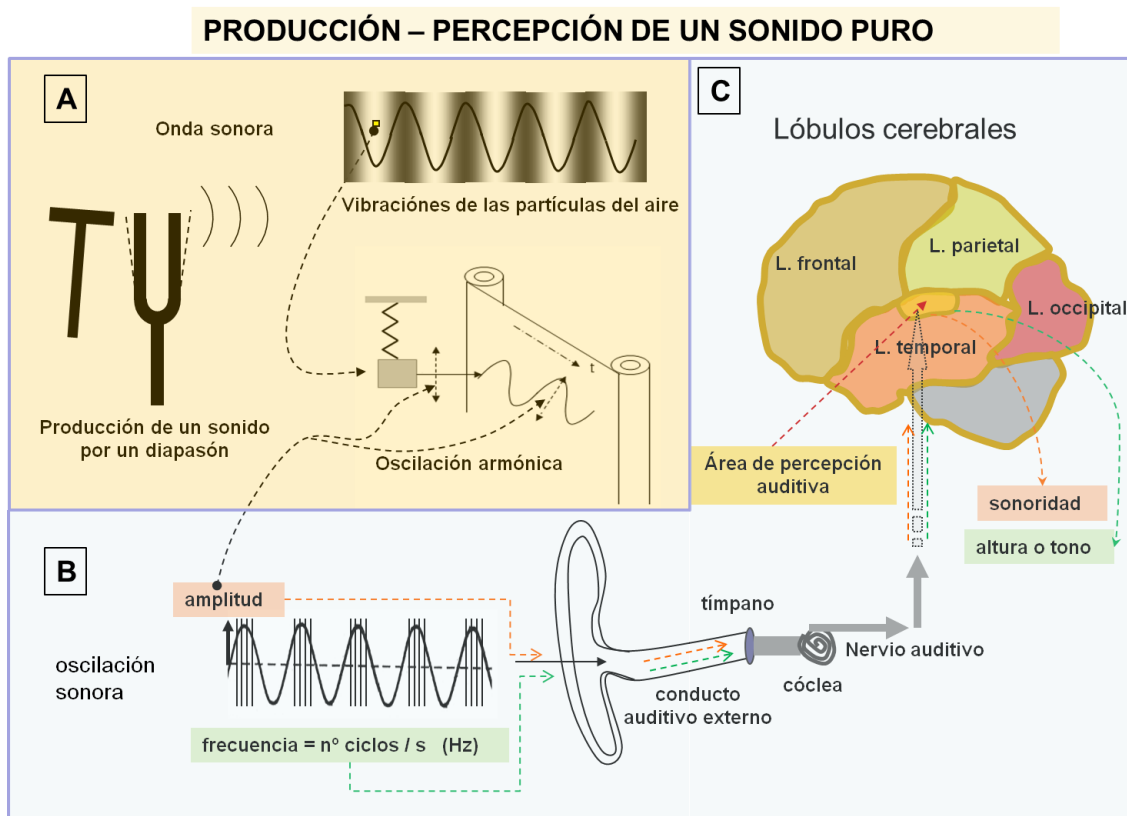


Figura 1. Proceso de producción (A) y percepción (B, C) de un sonido puro.

partícula del medio (como un trozo de corcho en el mar) vibra al paso de la onda sonora como un oscilador armónico: pequeño resorte con masa que dibuja en el tiempo (t) una curva sinusoidal o senoide como observamos en la figura 1A. Las ondas sonoras son concentradas por el pabellón auditivo (Figura 1B) y conducidas a través del conducto auditivo externo hasta alcanzar el tímpano que a modo de micrófono transmite las vibraciones a través del oído medio (cadena de huesecillos) hasta la ventana oval anexa a la cóclea o caracol. Este órgano actúa de transductor convirtiendo las oscilaciones mecánicas sonoras en impulsos nerviosos que son recogidos por los terminales/receptores del nervio auditivo y conducidos a través del diencefalo y mesencefalo hasta la corteza cerebral (telencefalo) (Figura 1C) donde va a ser procesado y analizado para su reconocimiento (cognición) auditivo en la denominada corteza auditiva del lóbulo temporal de nuestro encéfalo. Como el sonido es una variable de salida de un sistema (emisor) que se transmite a través de distintos canales de información hasta otro sistema que la recibe o capta (receptor), también se le denomina desde este punto de vista como “señal” sonora o señal auditiva.

Desde el punto de vista físico un sonido puro también llamado sinusoidal o armónico es una oscilación u onda sinusoidal mecánica (de presión) longitudinal (figura 1A) que podemos representar bien en el espacio por una curva/onda sinusoidal cuya periodicidad espacial es la longitud de onda (λ) (intervalo entre dos crestas) o bien en el dominio del tiempo por la vibración/oscilación sinusoidal de una partícula del aire al paso de la onda de presión con un periodo T (duración de un ciclo) o una frecuencia f igual al número de oscilaciones o ciclos por segundo o Hertzios (Hz) y, expresada matemáticamente por la relación $f = 1/T$. Mecánicamente, un sonido puro se caracteriza por dos parámetros: su amplitud –el alto de la senoide- que representa el volumen o intensidad sonora y por su frecuencia, o número de oscilaciones por segundo (Hz). Los fisiólogos definen un sonido en término de las sensaciones auditivas que el cerebro elabora. En el caso de un sonido puro, la sensación auditiva producida por la amplitud/intensidad sonora se la denomina “sonoridad” y la correspondiente a la frecuencia “altura o tono”; si bien en el argot musical se habla de tonos (frecuencias) de distinta altura (nivel de frecuencia). En los seres humanos sanos, el rango de tonos audibles ocupa aproximadamente desde los 20 Hz hasta los 20.000 Hz. Cuando nos movemos en un cierto rango de frecuencias, a los sonidos de menor frecuencia/altura se les denominan sonidos graves y agudos a los de mayor frecuencia/altura. En los humanos, los

sonidos más audibles (de menor umbral de audición) son aquellos cuyo rango de frecuencia/altura cae entre los 500 y los 5000 Hz. El instrumento que produce el sonido más próximo a un sonido puro o armónico es el diapasón. La representación espectral de un sonido en dos dimensiones (2D) se realiza poniendo en el eje vertical la amplitud (potencia/intensidad/energía/volumen) de la onda sonora sinusoidal y en el eje horizontal la frecuencia. Así, el espectro de amplitud o potencia de la onda sinusoidal correspondiente a la nota *La* (440 Hz) producida por un diapasón vendría representado por una raya de altura proporcional a la amplitud o potencia (con la que se ha tocado) y colocada en el eje horizontal en la coordenada correspondiente a 440 Hz de frecuencia (Figura 2 izquierda). Los sonidos complejos no sinusoidales -si son periódicos- se los considera (según la Teoría de Fourier) como constituidos por la suma finita de sonidos puros (sinusoides o armónicos) de distintas frecuencias según la naturaleza del sonido. Cuando tocamos la nota “La” de 440 Hz con un violín su espectro de potencia no está formado por una sola raya como en el caso del

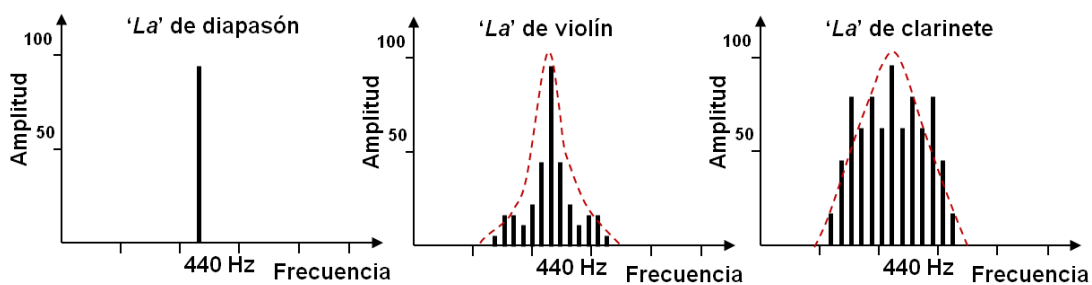
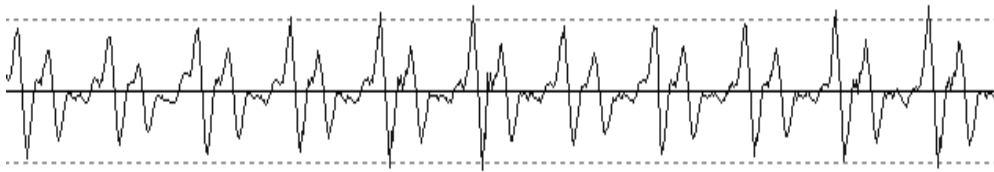


Figura 2. Espectro de amplitud o de potencia de la nota musical “La” de 440 Hz producida por un diapasón, un violín y un clarinete.

diapasón sino por un conjunto de rayas, armónicos o formantes que acompañan a la frecuencia o tono fundamental de 440 Hz (ver figura 2 centro). El conjunto de armónicos acompañantes (o formantes) ocupan en el espectro de potencia del sonido un determinado ancho de banda de frecuencia y forman una especie de “pico” espectral (línea discontinua en la figura) cuya área es proporcional a la potencia/amplitud sonora de la nota. El conjunto de armónicos de la nota musical producen en el cerebro una tercera sensación sonora que llamamos “timbre” y se define como la sensación sonora de un sonido que nos permite distinguir una misma nota musical, tocada por dos instrumentos diferentes. Se observa en la figura como el espectro (conjunto de armónicos) de la nota *La* tocada por un clarinete (Figura 2 derecha) es bastante diferente del de la misma nota tocada por el violín en cuanto a su

ancho de banda y su potencia. Los sonidos emitidos por la voz humana o por los instrumentos musicales son complejos (en general no periódicos) y su espectro es continuo (teóricamente), esto es, está formado por numerosos (teóricamente infinitos) armónicos que tendrán una potencia destacada en las bandas de frecuencia características del sonido. El espectro es ahora una curva continua que presentará “picos” (similares a los antes vistos de las notas musicales llamados “formantes”) en las bandas de frecuencia más representativas del sonido emitido.

Señal u Oscilación de la vocal “A”



Espectro de potencia de la vocal “A”

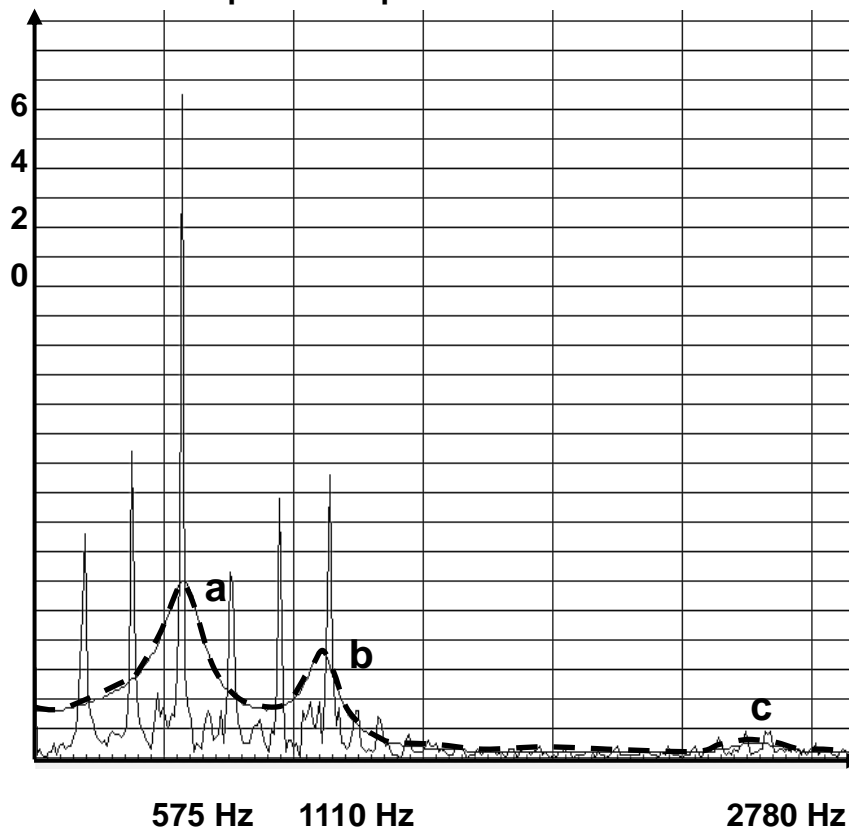


Figura 3. Oscilación característica de la vocal A (arriba) y su espectro de potencia (abajo).

En la Figura 3 se representa la señal compleja representativa de la vocal A y su espectro de amplitud/potencia. La señal/vibración/oscilación/onda correspondiente a la vocal 'A' está muy lejos de parecerse a una senoide, por el contrario observamos que ofrece mezcla de oscilaciones de distinta amplitud y frecuencia (Figura 3 arriba). En efecto, el espectro de la vocal A muestra numerosos picos correspondientes a los distintos armónicos componentes o formantes de la vocal. El trazado de la curva envolvente del espectro -y que es esencialmente la tangente más aproximada al conjunto de los picos que forman el espectro- nos muestra claramente que la potencia espectral de la vocal tiene esencialmente tres picos: dos importantes (los de mayor potencia) entre 500-1200 Hz (a y b) y un tercero de mayor frecuencia ~ 2700 Hz (c) de mayor frecuencia pero de escasa potencia. En música a veces se habla del "color" en lugar del "timbre" de una vocal o nota musical en referencia al ancho de banda de los armónicos preponderantes y su potencia relativa (la envolvente).

➤ **Las cualidades de la música y su percepción cerebral**

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, un sonido musical individual ya sea una simple nota musical o una vocal cantada lo podemos caracterizar en cuanto a la sensación/percepción que produce por su tono fundamental, su sonoridad y su timbre o color. La música producida por un instrumento musical o por la voz humana está genéricamente constituida por una sucesión/combinación/mezcla de tonos/notas de distinta/igual altura y/o sonoridad. La "melodía" de una pieza musical normalmente se asocia a una combinación determinada (procedente de la inspiración del compositor) de la duración de las notas y la altura de las mismas en una escala tonal seleccionada, mientras que el "ritmo" depende esencialmente de la combinación de la duración de las figuras y las pausas o silencios. Finalmente otra cualidad importante de la música, que se asocia es la producción de distintos "clímax", es la "armonía"; cualidad o arte que trata de la formación, sucesión y modulación de los acordes musicales: conjunto de tres o más sonidos combinados armónicamente y que representa la asociación de varios sonidos que se perciben simultáneamente. Se considera que la adecuada utilización de la armonía permite evocar diferentes clímax/ambientes/sensaciones (tensión, alegría, relajación, melancolía, incertidumbre, etc.). (Gauldin, 2009). A la música instrumental y vocal se le asocian otras cualidades como la textura, la coloratura, etc., que son derivaciones y/o mezclas de las anteriores. Melodía, ritmo y armonía han sido las tres propiedades o cualidades musicales de la música que primeramente se han estudiado en relación a su percepción, procesamiento y reconocimiento por distintas zonas del cerebro

humano. Pero además para complicar aún más el análisis de la música por el cerebro debemos tener en cuenta que estas cualidades musicales varían según el estilo con que se apliquen y este ha variado a lo largo de la historia. Distintos estilos pueden generar distintas emociones o sensibilidades o relacionarse con distintas capacidades cognitivas, de ahí su importancia en analizar su implicación cerebral. Dado que el presente trabajo tiene como objetivo dilucidar las diferencias en cuanto a la percepción del instrumentista de violonchelo en la interpretación de música tradicional (estilo Barroco) y música contemporánea o nueva, exponemos a continuación una breve descripción de los estilos musicales más relacionados con ellas: el de la música tonal – generalmente asociada a la primera- y el de la música atonal también genéricamente asociada a la segunda.

El sistema tonal constituye el armazón técnico-estilístico en que se basaron casi todos los compositores entre el siglo XVII y principios del XX, y vino a sustituir/complementar al sistema modal existente (modo mayor/modo menor utilizado en los siglos XVI-XVII). En las obras musicales tonales existe un sonido/tono que actúa a modo de base o centro de gravedad o atracción de toda la obra. En el transcurso de la misma el centro tonal puede cambiar a otras referencias tonales según las modulaciones concebidas por el compositor pero por convención hacia el final de la obra siempre prevalecía la fuerza de ese núcleo o atractor y la composición terminaba al llegar a la tónica, o sea al sonido/argumento de atracción o base. Como es fácil inferir, en este sistema un oyente atento o experto puede adivinar secuencias de la forma musical e incluso la llegada del final de la obra. Podemos hablar así del sistema tonal como de un sistema determinista en el que el conocimiento de la estructura de los estados iniciales o actuales del mismo nos permite predecir con cierta seguridad sus estados futuros. En cambio el sistema atonal o el atonalismo se basa en que ningún sonido ejerce de centro/núcleo de atracción ni prevalece sobre cualquier otro sonido que se encuentre en su proximidad. Es un sistema estocástico (no determinista), el conocimiento previo o actual de su estructura no permite al oyente predecir ni siquiera una nota antes, si está al final de una frase musical (la cual puede cesar/cambiar en cualquier momento) o al final de la obra. Esta definición de atonalismo no es completa o rigurosa pues dentro del atonalismo existen diferentes concepciones una de ellas está próxima al caos determinista: el sistema atonal está compuesto por varios centros de atracción, la música cambia aleatoriamente de unos a otros pero existe una estructura tonal neta limitada. Aquí no es posible hablar de un determinismo a largo plazo, no obstante en algunos modelos o estilos es posible “seguir” o predecir a corto

plazo la evolución de la “idea” o tono cuando este se mueve dentro de uno de los centros de atracción. Algunos estilos musicales tales como serialismo, espectralismo, música aleatoria, etc., pueden derivarse de una estructura musical estocástica aunque cada uno se va a definir o estructurar según unos patrones característicos como es en la idea del timbre en el caso del espectralismo (Ramos, 2013). Además, a todo ello hay que sumarle que la música contemporánea carece de presencia en el entorno cultural y por tanto no tiene elementos de anclaje en el mismo.

2. Estado de la cuestión.

2.1. Antecedentes

➤ **Regiones cerebrales involucradas en la recepción y reconocimiento de la música**

Ya mencionamos que los sonidos individuales se recibían/reconocían en un área concreta del lóbulo temporal de nuestra corteza cerebral denominada área/corteza auditiva primaria (ver Figura 1). Pero la música formada por una sucesión de tonos de distinta altura y sonoridad es un mensaje/señal que va adornado/acompañado de distintos atributos (melodía, ritmo, etc.) y ejecutado con determinado estilo por lo que interesa investigar no solo donde se percibe el mensaje sino también las zonas cerebrales implicadas en su procesamiento y reconocimiento. Ya desde la década de los 70 del siglo pasado hubo interés en conocer las zonas cerebrales de reconocimiento e interpretación musical y en diferenciarlas de aquellas dedicadas al análisis del lenguaje. Aunque algunos autores se decantaban por la dominancia del hemisferio derecho por su relación con el habla (Segalowitz, 1983) otros consideraban que las distintas cualidades de la música requería una mayor participación del hemisferio izquierdo (Gates y Bradshaw, 1977). En efecto, se consideraba importante el hemisferio izquierdo debido a que algunas habilidades musicales comparten propiedades con el habla, como el orden temporal, la duración, la simultaneidad, y el ritmo, es decir, por aquellos aspectos en que son importantes las relaciones secuenciales y analíticas de la música; sin embargo, se consideraba importante el hemisferio derecho en otros muchos aspectos, incluyendo la percepción de la sonoridad, el timbre, la entonación y la expresión de la emoción (Gates y Bradshaw, 1977). Se conocen casos en los que una persona que había perdido el hemisferio izquierdo era capaz de cantar canciones conocidas con pocos errores atribuyéndosele por tanto al hemisferio derecho el control de los aspectos neuromusculares del cantar (Gates y Bradshaw, 1977), o

cuando el hemisferio derecho fue sedado artificialmente con droga se observó -en sujetos al cantar canciones conocidas- que mientras que la melodía se había perdido -los sujetos habían perdido toda capacidad de distinguir una nota de otra- en cambio el elemento rítmico no se vio afectado (Bogan y Gordon, 1971). En este contexto, es conocido que el famoso compositor Maurice Ravel (1875-1937) que sufrió un ictus de su hemisferio izquierdo podía reconocer melodías y la afinación musical pero era incapaz de identificar notas escritas y de tocar el piano ni leyendo las notas ni bajo dictado. Por tanto, ambos hemisferios contribuyen a la percepción musical aunque de manera distinta. En efecto, para una persona sana que escuche música, su percepción musical depende de la síntesis de tonos y ritmos; ambos procesos están involucrados, no en términos de la especialización de un hemisferio que es "dominante" para la música, sino como una interacción de ambos hemisferios, cada uno funciona de acuerdo con su propia especialización, en el complejo proceso de la percepción musical (Gates y Bradshaw, 1977). De estos primeros estudios podemos concluir que la música es un medio de comunicación donde las distintas características (tono, ritmo, armonía, timbre, etc.) están localizadas en diferentes partes del cerebro. La melodía y la localización de los tonos se localizan preferentemente en el hemisferio derecho. El análisis armónico parece ser también función de las regiones auditivas del hemisferio derecho, con el entrenamiento musical se estima que la dominancia cerebral para la percepción de la melodía se desplaza del hemisferio derecho al hemisferio izquierdo: los músicos profesionales utilizan más en la percepción de las melodías el hemisferio izquierdo (Bever y Chiarello, 1974; Springer y Deutsch, 1989). Respecto al sexo, parece que de forma general la lateralización de funciones en los hemisferios es más acusada en el hombre que en la mujer (Dorony y Parot, 2008). En cuanto a la audición musical, parece que mujeres y hombres entrenados musicalmente muestran ciertas diferencias: mientras que en hombres el hemisferio derecho es dominante para analizar secuencias de tonos, en mujeres son ambos hemisferios los implicados (Guardado, 2013). Esta asimetría en la percepción musical también se ha descrito con respecto al lenguaje (Fanning, 1983) pero de forma diferente, así durante la lectura los varones presentaron predominantemente dominancia cerebral izquierda, mientras que las mujeres mostraron preferentemente un tipo de dominancia integrada; en este último aspecto si existe coincidencia entre música y lenguaje.

2.2. Estado actual (visión desde la fMRI)

En los últimos 25 años (aproximadamente desde 1990) se han desarrollado numerosos estudios acerca de las zonas y redes neuronales del cerebro humano implicadas en la percepción de la música y el reconocimiento de sus atributos. Ello ha sido posible gracias a la introducción en este campo de dos técnicas que permiten analizar en detalle la estructura y/o función cerebrales, nos referimos a la técnica de análisis de imágenes que hace uso de la resonancia magnética nuclear (imágenes funcionales de resonancia magnética o fMRI) y la procedente del procesamiento y análisis de las señales eléctricas generadas por la actividad cerebral y registradas por medio de electrodos colocados en el cuero cabelludo: la electroencefalografía (EEG) o la magnetoencefalografía (MEG). Estas técnicas han permitido y están permitiendo una mayor profundización y conocimiento de este tema.

Hoy día sabemos que la corteza activa se encuentra organizada de forma concéntrica y jerárquica (Zatorre y Salimpoor, 2013), la corteza auditiva secundaria rodea la primaria encontrándose situadas en la porción superior del lóbulo temporal (ver Figura 4).



Figura 4. Corteza auditiva primaria en amarillo, secundaria en naranja y vías de comunicación

Las células de la corteza auditiva primaria mediante fenómenos de excitación o inhibición preprocesan y/o filtran la información sonora compleja que le llega desde el oído con el objetivo de simplificarla, aumentar los contrastes y suprimir los ruidos de fondo. Además, los estudios anatómicos sobre las vías auditivas nos informan que el cerebro envía fibras hacia las células sensoriales del oído interno controlando su sensibilidad y participa activamente en los diversos escalones que recorre la información auditiva hacia la corteza auditiva, modificando y filtrando esa información; interviniendo además en cada uno de las estaciones de relevo, desde el oído hasta el lóbulo temporal. Las sensaciones sonoras que percibimos son atribuciones que la corteza cerebral asigna a las señales eléctricas que le llegan desde la periferia y que han sido preprocesadas a lo largo de su camino hacia la corteza auditiva. Un ejemplo de esta actividad centrífuga de preprocesamiento auditivo activo cerebral es el denominado efecto “cocktail party”: (Conway et al., June 2001). que consiste en la capacidad de escuchar y concentrarte una conversación determinada en una fiesta, a pesar del ruido de fondo.

Según la nomenclatura Brodmann (ver Figura 5), en la corteza auditiva se describen cuatro regiones auditivas (áreas 22, 41, 42 y 52 de Brodmann) ubicadas en el lóbulo temporal específicamente en el giro temporal superior. La corteza auditiva primaria en humanos correspondería a las áreas de Brodmann 41 (giro de Hersch) y 42 (plano temporal, PT) y la secundaria a las áreas de Brodmann 22 y 52. A partir de estas áreas se envían y se reciben (vías de retroalimentación en azul en la Figura 4) señales/información de otras zonas cerebrales (Rauschecker y Scott, 2009).

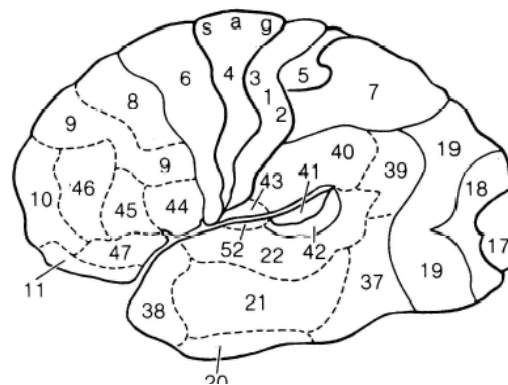


Figura 5. Numeración de las áreas de Brodmann.

Las áreas auditivas y sus conexiones con otras zonas conforman el sistema auditivo necesario para lo que podríamos llamar la *cognición auditiva*: proceso que incluye la recepción de las señales auditivas, su reconocimiento y su interpretación con la ayuda de los mecanismos y vías de retroalimentación. Con respecto a los trayectos de salida, en la Figura 4 se muestran una vía posterodorsal hacia las áreas parietales, y otra anteroventral dentro del lóbulo temporal

(Rauschecker y Scott 2009); ambas ramas o vías parece que acaban en áreas distintas de las cortezas frontales. Esta arquitectura permite la integración de la información auditiva con otras modalidades, las interacciones entre los sistemas auditivo y motor relacionados con la acción y con la planificación (u organización de la acción) con los sistemas de memoria, lo cual permite hacer predicciones basadas en sucesos pasados (Zatorre y Salimpoor, 2013). La interacción entre corteza frontal (memoria de trabajo) y corteza temporal (auditiva) parece necesaria para mantener la información de manera dinámica para procesamientos futuros. Además estudios de neuroimagen muestran que dichas interacciones, especialmente en el hemisferio derecho, son importantes en el procesamiento de la información tonal, y muestran la necesidad de la memoria de trabajo para las tareas tonales (Zatorre et al., 1994; Gaab et al., 2003). En la corteza auditiva humana parece existir una especialización neuronal para el tono, en una o más regiones localizadas a los lados de las áreas centrales (Penagos 2004; Zatorre 1988; Patterson et al., 2002). Es el hemisferio cerebral derecho y en esas áreas corticales especializadas para el tono es donde parece ubicarse un mecanismo refinado para el control preciso del tono, tanto en lo que respecta a la percepción (Zatorre y Gandour 2008; Zatorre et al. 2002; Hyde, 2008) como a la ejecución sonora (Ozdemir, 2006). Por el contrario, el sistema cortical auditivo izquierdo, parece más bien estar especializado en sonidos de habla que no requieren de una gran precisión en el seguimiento del tono (Zatorre y Salimpoor, 2013). Los estudios de neuroimagen demuestran que las áreas corticales no relacionadas con el tono se activan tanto en la audición de un sonido individual como en la audición de patrones sonoros complejos, pero éstos involucran ambas vías/trayectos anteroventral y posterodorsal, siguiendo una organización jerárquica (Patterson et al. 2002, Griffiths y Warren, 1998).

En línea con estas consideraciones, estudios recientes de fMRI y EEG señalan otras zonas asociadas a la percepción musical además de la corteza auditiva. Estas son, en la corteza frontal: las áreas de Brodmann BA44 (situada justo anterior a la corteza premotora BA6), la BA45 situada en la superficie lateral, la BA46 conocida como area frontal medial y finalmente la corteza intra-parietal, el surco temporal, el giro frontal ventral, la ínsula superior anterior y el estriado ventral (Koelsch, 2010, 2011., Peretz y Zatorre, 2005). Estas áreas procesan además de los tonos y el color (las características espectrales) de los sonidos musicales (Foster y Zatorre, 2010a, b; Schönwiesner y Zatorre, 2008., Zatorre y Belin, 2001),

la información melódica (Foster y Zatorre, 2010b) la categorización musical (Klein y Zatorre, 2011., Peretz et al, 2009) y / o la sintaxis musical (Sammler et al., 2009, 2011).

De entre las áreas citadas el PT (BA42) (ver figura 6) es la parte de la corteza auditiva que se ha demostrado que juega un papel de gran utilidad en las funciones auditivas que subyacen tanto al procesamiento musical como al habla. En efecto, desde la década de los 90, se ha evidenciado la existencia de una fuerte asociación entre distintas funciones auditivas con el PT (Schlaug et al., 1995). Estos autores observaron una importante asimetría (lateralización) de la superficie del PT con preponderancia del área del PT izquierdo y que se agranda, como luego señalaremos, con el entrenamiento musical. Otra propiedad interesante atribuida al PT es la que considera el PT como concentrador (*hub*) computacional espectro-temporal (frecuencio-temporal). Una vez que la señal sonora ha pasado las cortezas auditivas primarias y secundarias, entra en la parte de la corteza auditiva del PT bilateral, con el fin de someterse a etapas adicionales de decodificación espectro-temporal (Griffiths y Warren, 2002). En esta línea, varios trabajos establecen la hipótesis denominada "muestreo asimétrico con el tiempo" según la cual, la corteza de asociación auditiva, presumiblemente el PT, está dirigida asimétricamente por modulaciones temporales de las señales acústicas (Poeppel, 2003).

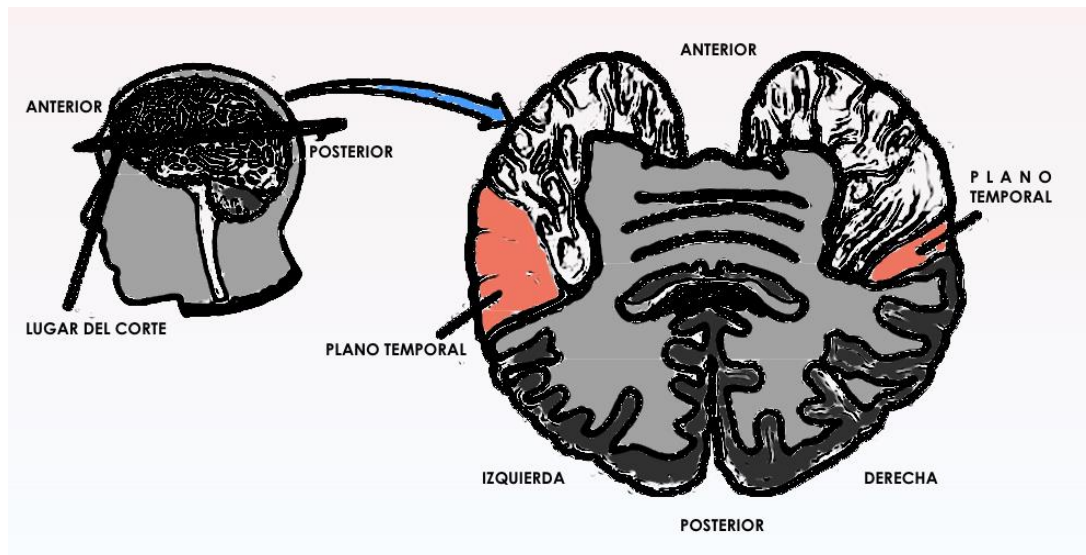


Figura 6. Corte cerebral mostrando la asimetría habitual entre el Plano Temporal (PT) izquierdo y derecho.

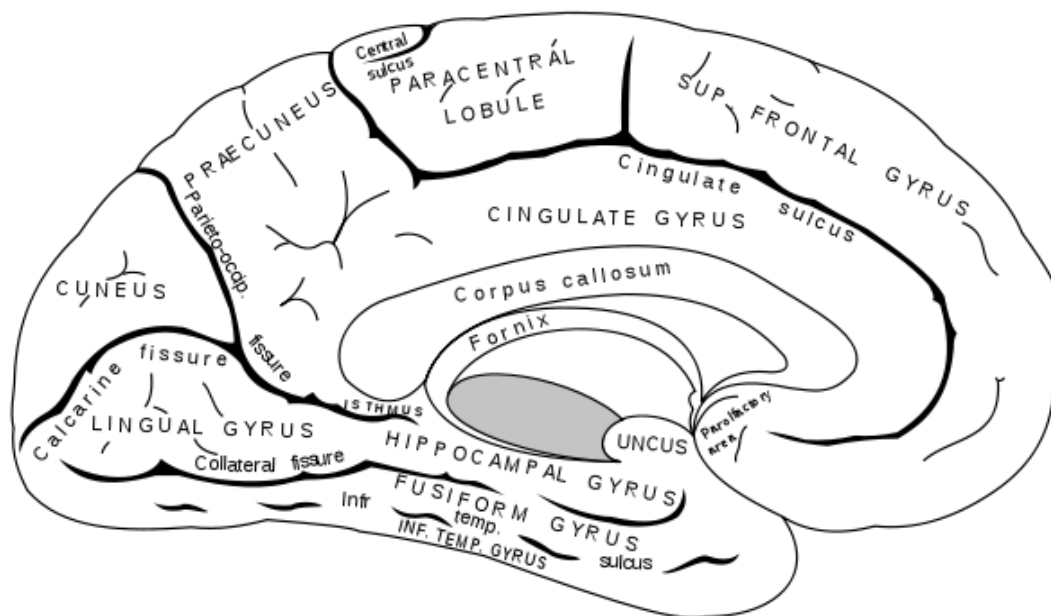


Figura 7. Surcos, giros y zonas del cerebro en un corte medial antero-posterior

Por lo que respecta a los estilos musicales en la audición, aquellos que utilizan la disonancia se ha encontrado que producen un aumento de la actividad del hipocampo y el precuneus en respuesta a secuencias cortas y creciente de acordes (ver figura 7) (Blood et al., 1999).

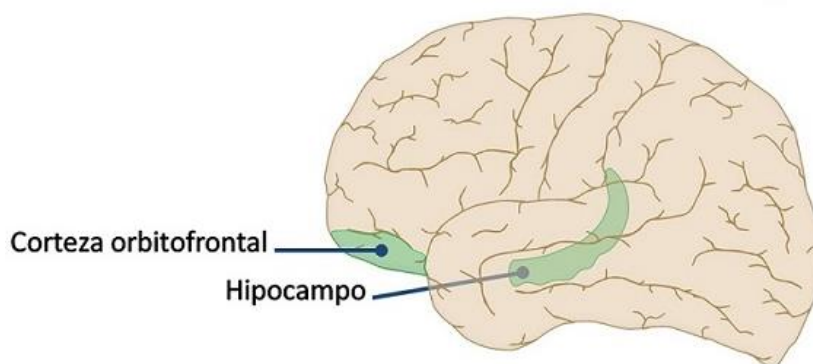


Figura 8. Corteza orbito frontal e Hipocampo

En cambio los estilos en los que predomina la consonancia se ha encontrado un incremento de la activación de la corteza orbitofrontal, frontopolar y el cingulado subcallosal (ver figura 8) (Phan et al, 2002). En contraste con la música desagradable, escuchar música agradable se

asoció con la activación del giro del hipocampo, la amígdala, los polos temporales de la ínsula, el giro frontal inferior (incluyendo el BA44) y el estriado ventral (ver figura 9) (Berridge and Robinson, 2003; Knutson et al., 2001; Koelsch et al., 2006).

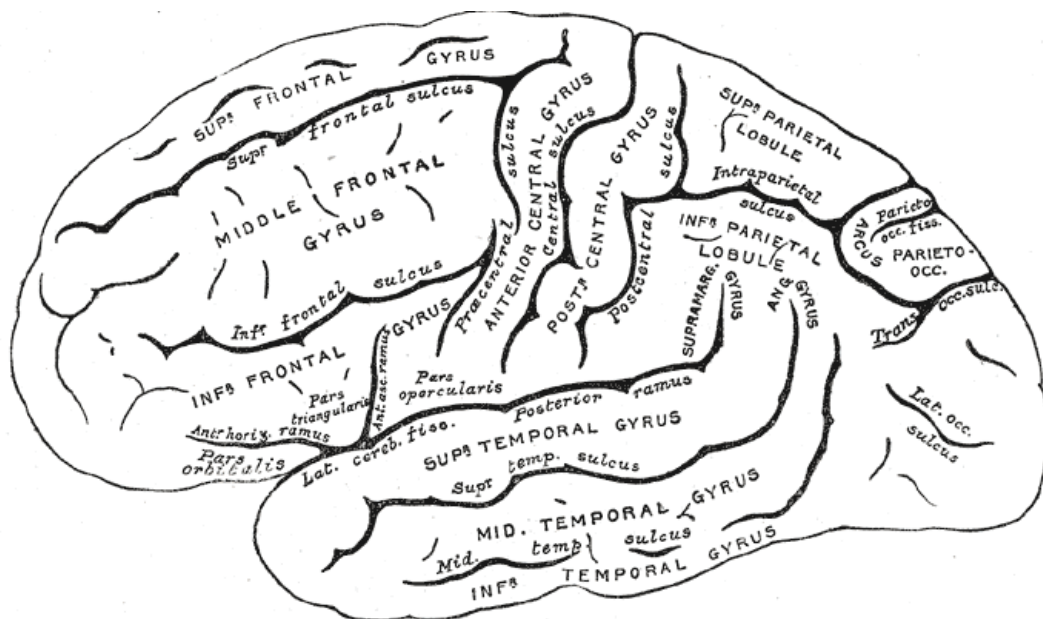


Figura 9. Giros, surcos y fisuras del hemisferio izquierdo

2.2.1. Modificaciones cerebrales producidas por el entrenamiento musical.

Distintos autores reconocen que los cambios neurofuncionales producidos por el entrenamiento musical producen ciertas mejoras de distintas herramientas cognitivas como el nivel de memoria y el grado de atención, etc. (Schlaug et al., 2005; Kraus et al., 2014; Jakobson et al., 2003). En otros estudios sobre el tema del entrenamiento musical se demuestra que este produce alteraciones estructurales de determinadas áreas cerebrales. En efecto, desde del siglo pasado varios autores comprobaron que el área de representación de las cortezas primarias depende del entrenamiento y estas se adaptan a fin de ajustarse a las

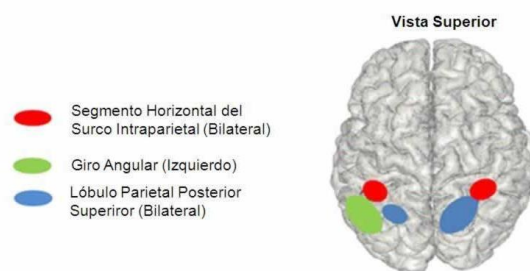


Figura 10. . Zonas parietales de interés en el entrenamiento musical

necesidades actuales y experiencias previas. En este sentido se ha demostrado que la

representación cortical de los dedos de la mano izquierda de músicos de cuerda fue mayor que en sujetos controles (Elbert et al., 1995 y Pantev et al. 1998). Por otro lado, en una reciente revisión sobre el funcionalismo del PT (Meyer et al., 2012) se ha mencionado que la función y la estructura del PT izquierdo pueden evolucionar en función del entrenamiento musical a largo plazo. Según esto autores, la formación musical altera esta relación, ya que aumenta la asimetría del PT -que ya mencionamos en el apartado de la audición- mediante el aumento de la superficie del PT; proporcionando así más recursos computacionales para un análisis auditivo de grano fino de las señales acústicas y que a su vez parece que es beneficioso para la competencia fonética. Estos estudios sugieren una relación estrecha entre la experiencia musical, el rendimiento en el procesamiento fonético, y la asimetría hacia la izquierda de la neuroanatomía funcional del PT. Por lo tanto, las modificaciones macro y microscópicas del PT que han sido claramente inducidas por la experiencia musical podría considerarse una manifestación de importancia en cuanto a la neuroplasticidad a largo plazo y los efectos potencialmente beneficiosos del entrenamiento musical para los mecanismos del habla elementales. Esta asimetría es aún más destacable en los músicos a los que se reconoce una mayor eficiencia (en relación con los no músicos) en tareas elementales tanto motoras como auditivas. Además estos autores (Schlaug et al., 2005; Kraus et al., 2014; Jakobson et al., 2003) observaron una asimetría izquierda de la superficie del PT significativamente más fuerte en músicos con oído absoluto que en músicos con oído relativo y que en los no músicos. En los músicos con oído absoluto, el giro temporal superior posterior está conectado a una región dentro del giro temporal medial que se ha asociado con la percepción categórica (Loui et al., 2010). Además de las zonas cerebrales señaladas, recientemente con las nuevas técnicas de imagen, se ha demostrado que el entrenamiento musical a largo plazo conduce a cambios en las regiones de integración polimodales (p.ej: las regiones que rodean el surco intraparietal). Estas modificaciones parece que pueden alterar el desempeño de tareas en otros dominios (Wan y Schlaug, 2010). A estas alteraciones producidas por el entrenamiento musical, debemos añadir otras señaladas recientemente por distintos autores en relación con la interpretación que también luego señalaremos. En ellas conviene destacar aquellas correspondientes al surco intraparietal (Fig.10), región que por otro lado está implicada en la representación y realización de operaciones numéricas (Kadosh et al., 2007; Dehaene et al., 1998; Piazza et al., 2007; Pinel et al., 2004). Pero el entrenamiento musical no solo afecta a la organización funcional sino también a aspectos estructurales como ya mencionamos, así los

músicos que iniciaron su entrenamiento desde niños (normalmente alrededor de los 7 años) tienen mayor tamaño del cuerpo calloso que los no músicos y que los que empezaron su entrenamiento en edades más avanzadas (Schlaug et al., 1995^a; Hyde et al., 2009; Lee et al., 2003; Oztürk et al., 2002). Cuando se investigaron las regiones motoras corticales también se observaron modificaciones similares. En particular, la profundidad del surco central, a menudo utilizada como un marcador de tamaño de la corteza motora primaria, este era más grande en ambos hemisferios, pero más pronunciado en el hemisferio derecho para los músicos en comparación con los no músicos (Amunts et al., 1997; Schlaug, 2001). Al igual que sucede con el cuerpo calloso (principal estructura de conexión interhemisférica), se encontró una correlación positiva entre el tamaño de la corteza motora primaria y el inicio de la formación musical instrumental (intensidad y duración de la formación). También se han reportado diferencias cerebrales estructurales en los músicos que tocan diferentes instrumentos (Bangert et al., 2006). Para los instrumentistas de teclado, el signo o forma de la letra griega omega del giro pre-central -que se asocia con la mano y la representación del movimiento de los dedos- se encontró que era más prominente en el hemisferio izquierdo para los teclistas, y sin embargo en comparación, para instrumentistas de cuerda era más prominente en el hemisferio derecho.

Otras áreas que muestran diferencias estructurales entre los músicos y no músicos incluyen la circunvolución del Heschl en corteza auditiva primaria (Schneider et al., 2005a), el área de Broca, el giro frontal inferior (Gaser y Schlaug, 2003; Sluming et al., 2002), así como el cerebelo (Hutchinson et al., 2003), y las áreas del lóbulo parietal superior (Gaser y Schlaug, 2003). Estas diferencias estructurales parecen ser más pronunciadas en aquellos músicos que comenzaron el entrenamiento desde edades tempranas (Elbert et al., 1995, Schlaug et al., 1995b) y que practicaron a lo largo de su vida con mayor intensidad (Gaser y Schlaug, 2003, Schneider et al., 2005b). Recientemente mediante fMRI, se han observado en otras regiones del cerebro diferencias cuando los sujetos han realizado tareas musicales de discriminación (Foster y Zatorre, 2010; Koelsch et al., 2005), de memoria (Gaab y Schlaug, 2003) o de interpretación (Bangert et al., 2006; Kleber et al., 2010). A pesar de la heterogeneidad de las tareas utilizadas, un área que se activa comúnmente en muchos de estos estudios fue el giro temporal superior posterior, lo que parece relevante para el procesamiento espectro-temporal, así como para las transformaciones auditivo-motoras (Warren et al., 2005). De hecho, un

estudio reciente identificó el giro temporal izquierdo superior como la región que está vinculada con la formación musical, en términos de horas de práctica o entrenamiento acumulado (Ellis et al., 2013).

Recientemente, en un trabajo sobre músicos con experiencia musical vs no músicos fueron analizadas dos tareas: audición y DTT (*distorted tune test* o test de afinación distorsionada); el estudio reveló un efecto -en un grupo significativo de los músicos- en la parte derecha superior y medial del giro temporal, en el giro frontal derecho inferior, y en el giro supramarginal izquierdo. Además se observó un efecto tarea-dependiente con señales más altas durante el DTT en la corteza sensitivo motora izquierda, donde la interacción entre los efectos de la tarea y el de grupo también fue significativa. El patrón de activación cerebral estuvo asociado al tipo de tarea cuando se utilizaron estímulos musicales idénticos, y lo más importante, tareas musicales comparables activan el cerebro de manera diferente dependiendo de la formación musical previa de los sujetos (Seung et al., 2005).

En cuanto a las interacciones auditivo-motoras, varios estudios han demostrado que simplemente escuchar una melodía que un sujeto aprendió a tocar en un teclado (es decir, cuando previamente se ha establecido un mapa cerebral motor del sonido) puede activar una red motora, que incluye el giro frontal inferior, además de regiones cerebrales auditivas. Sin embargo, si se escucha una melodía sin aprendizaje previo, es decir, no ha aprendido a tocar (cuando no se ha establecido un mapa motor previo del sonido) no se activa el giro frontal inferior (Lahav et al, 2007; Meister et al, 2004). A partir de estos trabajos se ha concluido que la región frontal inferior posterior (región de Broca izquierda y su homóloga la derecha) juega un papel crítico en el mapeo de los sonidos con acciones motoras (Lahav et al, 2007). Además, en un estudio reciente se ha mostrado que la modulación de la actividad de la corteza premotora se asocia con un mayor rendimiento cuando los músicos (estudiantes en aprendizaje) aprenden a tocar una melodía en un teclado (Chen et al., 2012). Otros estudios sobre la conexión auditivo-motora, demuestran que los sustratos neurales del aprendizaje repetido (experiencia formativa) en lugar de estar distribuido sólo en la corteza motora primaria (una vez adquiridas las secuencias de movimientos), podrían estar más ampliamente distribuidos a través de áreas motoras adicionales, tales como la corteza premotora y áreas parietales (Penhune y Doyon, 2002). El aprendizaje motor temprano puede depender

predominantemente de una red cerebelo-cortical, mientras que la automatización puede depender más de un circuito estriado-cortical (Doyon et al., 2002). Estos autores señalan que a medida que se aprenden las secuencias motoras y aumenta el tiempo empleado en ejercitar las mismas con la interpretación musical de un instrumento, se forman nuevas conexiones asociativas entre diferentes estímulos (entradas) sensoriales. Los estudios sobre aspectos relacionados con el desarrollo de habilidades musicales y de adquisición han mostrado acoplamiento funcional “cros-modal” con el entrenamiento musical. En particular, la retroalimentación auditiva combinada con el entrenamiento motor en la interpretación del piano, da lugar a una coactivación de la corteza auditiva y las regiones sensorio-motoras de la mano, ya sea en tareas puramente auditivas o motoras en silencio. Por tanto, el entrenamiento del sistema motor a largo plazo, como en el piano o en un instrumento de cuerda, debería inducir una extensión del área de representación de las cortezas primarias.

2.2.2. Entrenamiento musical y lenguaje

Una gran cantidad de investigaciones utilizando neuroimágenes de fMRI han demostrado que la música y el lenguaje activan redes cerebrales comunes (Koelsch, 2005b; Koelsch et al, 2002; Ozdemir et al, 2006; Patel et al., 1998; Schon et al, 2004) y que el entrenamiento musical activo e intensivo puede ayudar a la recuperación y adquisición del lenguaje. En particular, a partir de estos trabajos se ha encontrado una activación del área de Broca (un área cerebral relacionada clásicamente con el lenguaje que incluye el giro frontal inferior posterior) durante tareas de percepción de la música (Koelsch et al, 2002; Tillmann et al, 2003), tareas activas de música tales como cantar (Ozdemir et al., 2006), e imaginando tocar un instrumento (Baumann et al., 2007; Meister et al, 2004). De estos estudios puede inferirse que una red común parece apoyar los componentes sensoriomotores tanto del habla como del canto (Kleber et al, 2010; Ozdemir et al, 2006; Pulvermüller, 2005).

2.2.3. Implicaciones cerebrales del entrenamiento musical estimadas por modernas técnicas de imagen.

Una técnica relativamente nueva que ha sido utilizada para estudiar diferencias cerebrales entre músicos y no músicos es la denominada “Imagen por Tensor de Difusión” (DTI). Esta técnica proporciona información acerca de las microestructuras de la materia blanca (es decir, la orientación y dirección de los axones y su grado de mielinización) a través de la medición

de las propiedades de difusión de las moléculas de agua. Algunos estudios han señalado la existencia de una menor anisotropía fraccional (FA) -que representa una medida de la direccionalidad de la difusión del agua- en la cápsula interna (Schmithorst y Wilke, 2002), el tracto corticoespinal (Imfeld et al., 2009) y, una porción del fascículo arqueado (Halwani et al., 2011) en músicos en comparación con no músicos. Sin embargo, otros autores observaron contrariamente un aumento de FA en las cápsulas internas. En este sentido (Bengtsson et al., 2005) encontró que el número de horas de entrenamiento musical durante la infancia se correlaciona positivamente con el aumento de los valores de FA, no sólo en la cápsula interna, sino también en el cuerpo calloso y el fascículo longitudinal superior. Recientemente (Rüber et al., 2013), valoraron medidas de difusividad en diferentes vías motoras córticoespinales en intérpretes de teclado, en instrumentistas de cuerda, y en no músicos. Encontraron que en comparación con los no músicos, los valores de FA de los tractos motores del hemisferio derecho fueron significativamente mayores en ambos grupos de músicos, mientras que sólo en los teclistas los tractos motores del hemisferio izquierdo mostraron valores significativamente más altos de FA. Las diferencias de FA encontradas en las fibras que parten de la corteza motora primaria entre los dos grupos de músicos podrían representar según los autores señalados una adaptación a las demandas motoras específicas del respectivo instrumento musical. Los resultados encontrados con la DTI hasta ahora son no obstante muy contradictorios como antes hemos señalado. En una reciente revisión sobre este tema (Schlaug, 2015) se ha sugerido que las discrepancias en los estudios publicados entre valores altos y bajos de FA de tractos conocidos en respuesta al entrenamiento musical intenso puede reflejar los diferentes mecanismos por los que diferentes regiones del cerebro y sistemas cerebrales pueden remodelarse, lo que en definitiva representa una nueva manifestación de la neuroplasticidad, esto es, de la capacidad que tiene el cerebro para formar nuevas conexiones nerviosas, a lo largo de toda la vida y en consecuencia adaptarse y responder a los nuevos desafíos. Los valores altos de FA se ha pensado que reflejan mayor número de fibras alineadas en un tracto determinado, mientras que los valores más bajos de FA no sólo indican menos alineación de fibras, sino también podría significar una mayor generación/crecimiento axonal y una mayor ramificación de los axones cuanto más cerca se encuentra el tracto de la zona cortical objetivo o blanco (Wan et al., 2014).

2.2.4.La interpretación musical y su reflejo cerebral

La interpretación de una obra musical por un experto instrumentista comporta desde el punto de vista de la función cerebral la puesta en marcha o la activación conjunta (co-activación) de distintas redes o centros neuronales sensoriales y motores que han debido ser memorizadas, adiestradas y entrenadas a lo largo de la vida del músico— normalmente desde la niñez. Desde este punto de vista, los músicos ofrecen un excelente modelo humano para estudiar los efectos cerebrales de comportamiento cognitivo, así como de la adquisición, la práctica, y el mantenimiento de estas habilidades especializadas. La investigación ha demostrado que la práctica repetida y conjunta de acciones motoras con sonidos específicos y patrones visuales (notación musical), mientras reciben retroalimentación multisensorial continua, reforzará las conexiones entre las regiones auditivas y motoras (por ejemplo, el fascículo arqueado), así como las regiones de integración multimodal. La plasticidad en esta red puede explicar algunas de las mejoras sensoriomotoras y cognitivas que se han asociado con la formación musical. (Schlaug et al., 2010a; Zatorre et al., 2007).

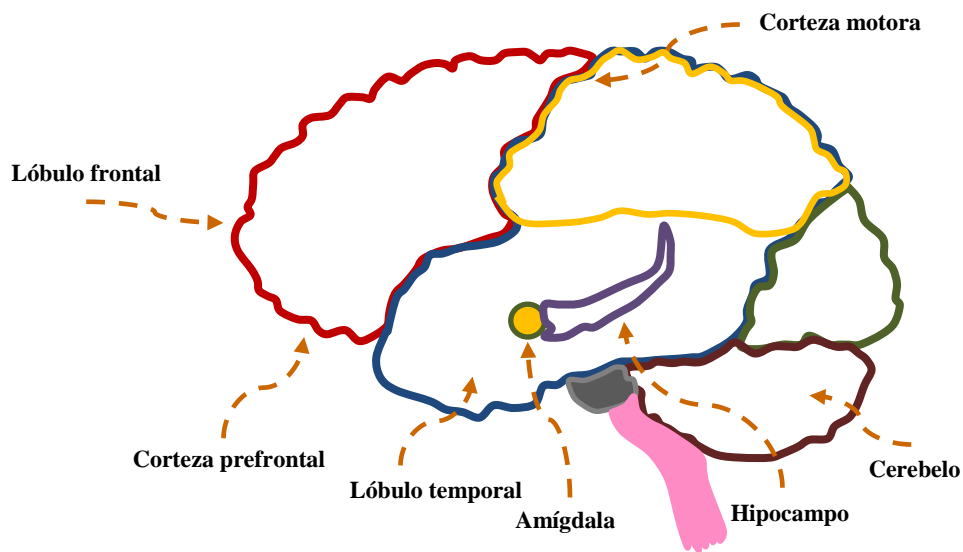
De forma general la interpretación (de memoria) requiere del uso del conocimiento/memorización previa de la pieza a ejecutar y del acoplamiento entre ese conocimiento con los centros motores para poner en acción:

- a) El posicionamiento requerido de manos y dedos (según modelos técnicos) para obtener el mayor rendimiento/optimización en relación con la expresividad/musicalidad de notas y acordes previamente entrenado (modelos estilísticos).
- b) La elección de una dinámica corporal global adecuada con el mismo propósito (también previamente entrenada) o con una nueva/espontanea (improvisación) y la actitud conforme con el estilo de la obra..
- c) La idea musical (previamente planeada y entrenada, actitud y expresión,) de la obra a interpretar y su forma de comunicarla al auditorio correspondiente.

Durante la interpretación musical, los centros relacionados con la memoria a corto plazo o memoria de trabajo, ponen al alcance del músico los conocimientos adquiridos a lo largo de su periodo de aprendizaje. Estos han ido almacenándose en los centros relacionados con la memoria procedimental de largo plazo relacionada con las habilidades motoras y cognitivas ya adquiridas. En la figura XX señalamos los centros/áreas cerebrales más importante

relacionados con la memoria: el lóbulo frontal con el almacenamiento de recuerdos semánticos-episódicos, la corteza prefrontal almacén de recuerdos de corto plazo, el lóbulo temporal donde se guardan los recuerdos a largo plazo y el procesamiento conjunto con los prefrontales recién adquiridos, la amígdala almacén de nuevos recuerdos emocionales, el hipocampo de nuevos recuerdos de hechos y episodios, el cerebelo almacenamiento de procedimientos y hábitos y finalmente la corteza motora almacén de procedimientos.

Figura 11. Zonas cerebrales implicadas con los centros de la memoria.



En relación con los centros que controlan la acción motora de los músicos instrumentistas, son muy importantes los relacionados con la destreza y el movimiento motor (Peretz y Coltheart, 2003) tales como la corteza motora (fundamentalmente el área BA4), que controla la ejecución voluntaria de movimientos por los músculos esqueléticos; esta área se sitúa en el giro precentral del lóbulo frontal, por delante del surco central, y se extiende hasta el lóbulo paracentral de la cara media del hemisferio cerebral. Los movimientos que requieren mayor precisión y variedad, como los movimientos de labios y manos, tienen una mayor representación cortical siendo el área premotora (área BA6) la que controla las acciones motoras complejas y la destreza motora, de gran importancia en la interpretación. El área motora suplementaria, es la encargada de la planificación y coordinación de movimientos complejos, como por ejemplo, aquellos que requieren el uso de ambas manos. También puede ser importante en la interpretación musical la denominada área de Broca (área BA44)

que parece que controla la parte motora del lenguaje y la producción de los sonidos y se encuentra ubicada en el lóbulo frontal.

La actuación o *performance* musical ha sido investigada por una serie de estudios en relación con la programación del sistema motor, la generación del ritmo y la integración de la sintaxis musical en la interpretación individual de la música (Langheim et al., 2002., Munte, 2002., Schön, 2002). La programación de los movimientos involucra predominantemente al área motora suplementaria y las áreas premotoras (Gerloff, 1997; Schubotz, 2000), mientras que los patrones rítmicos son generados por una red frontoparietal (Sakai, 1999). En relación con los instrumentos de cuerda se ha analizado a violinistas profesionales vs amateurs (Lozte et al., 2003). En un estudio pionero observaron que músicos profesionales generaban EMG (actividad eléctrica muscular) de gran amplitud durante la ejecución de movimientos y mostraban activación del córtex sensitivo-motor primario-contralateral, los lóbulos parietales superiores-bilaterales y el hemisferio cerebeloso anterior-ipsilateral. El aumento de la actividad del córtex auditivo primario derecho podría reflejar un aumento importante de la conectividad asociativa auditivo-motora. Durante la ejecución de secuencias musicales en profesionales, parece existir una reducción de la actividad de las áreas motoras que desencadenan los recursos para conseguir una mayor conectividad entre las secuencias de dedos y auditivas, así como bucles somatosensoriales, lo que puede explicar la interpretación musical experta. La actividad de accionar las teclas con los dedos en un teclado (tarea de “toque de dedos”) fue primeramente investigada en pianistas expertos y sujetos controles (Georgiadis y Cramon, 1999). Los resultados obtenidos muestran que la participación de las cortezas motoras primaria (BA4) y secundaria en el aprendizaje motor depende de la

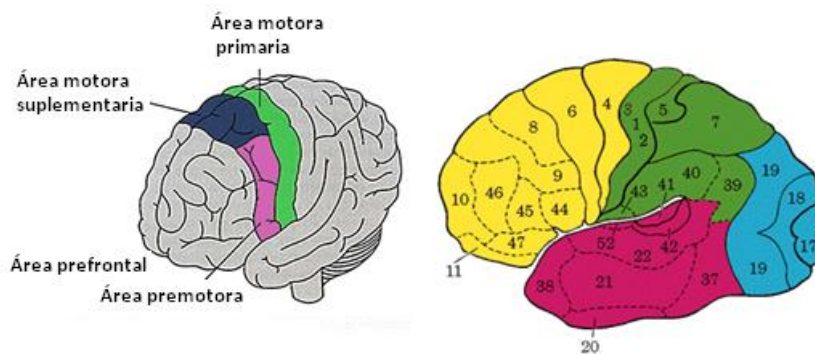


Figura 12. Áreas motoras (a la izquierda) y áreas de Brodmann (a la derecha)

experiencia; también encontraron en los pianistas expertos, la presencia de efectos de transferencia interhemisféricas. En otro estudio realizado en pianistas profesionales, se mostró que existen cambios relacionados con el aprendizaje -en la representación motora cerebral- y que los pianistas profesionales muestran una activación cerebral menor en las áreas premotoras y motoras en comparación con los no-músicos que realizan el mismo movimiento. Esta diferencia resultó mayor en las cortezas suplementaria motora y pre-suplementaria motora, áreas en las que los pianistas profesionales mostraron muy poca activación. Estos resultados sugieren que cuanto más amplia y duradera es la formación/entrenamiento de un pianista y cuanto mayor habilidad poseen sus manos tanto mayor es su eficiencia, lo cual se refleja en un menor número de neuronas activas necesarias para realizar los movimientos de los dedos (Jancke, 2000).

Más recientemente y también sobre pianistas profesionales vs no músicos (Bamger et al., 2006) analizaron dos tareas: audición musical e interpretación (con sólo una mano) utilizando un teclado preparado. En este estudio los pianistas profesionales (en comparación con los no músicos) mostraron que tanto durante la tarea de audición como en la tarea relacionada con el movimiento de dedos se generaba una mayor actividad en un área -o red- cortical dispersa. Un análisis de grupo (músicos vs no músicos) reveló la existencia de una red diferente y específica para los músicos que se co-activa durante ambos tipos de tarea y que indica que son áreas involucradas en la integración auditiva-sensitivo-motora. Esta red está compuesta por la corteza frontal dorsolateral inferior que incluye el área de Broca, el giro temporal superior (la denominada área de Wernicke y/o PT), el giro supramarginal, y las áreas suplementaria motora y pre-suplementaria motora. En otro trabajo (fMRI) con alumnos de piano (Meister et al., 2004) se analizaron dos tipos de tareas: imaginación e interpretación. En ambas tareas, se encontraron activaciones de la red frontoparietal-bilateral que comprende las áreas premotoras, el precuneo y la parte medial de la BA40. Pero solo durante la interpretación se activó la corteza motora primaria contralateral y la corteza parietal posterior bilateral, ello refleja el papel de la corteza motora primaria en la interpretación (pero no en la imaginación) y los mayores requerimientos de integración visual-motora durante la interpretación en comparación con la imaginación.

En relación con los instrumentos de cuerda, la utilización de fMRI en un paradigma determinado de interpretación musical, se ha demostrado que interpretando una secuencia musical con un violín adaptado se activaron áreas sensitivomotoras primarias en experimentos de interpretación vs reposo (IvsR) e interpretación vs interpretación imaginada (IvsIIM), y una activación de las áreas sensitivomotoras secundarias en experimentos de IvsR y IIM vs reposo (IIMvsR). Además, en experimentos IvsR y IIMvsR, se observó una activación prominente del área fronto-opercular bilateral. Esta activación estuvo ausente en el experimento I vs IIM, lo que sugiere que tanto la interpretación como la imaginaria involucran específicamente áreas fronto-operculares bilaterales (Nirkko et al., 2001) incluyendo el área de Broca y su homóloga del hemisferio derecho (Koelsch et al., 2000; Maess, Koelsch et al., 2001; Nirkko et al., 2001).

2.2.5. Implicaciones emocionales durante la interpretación musical

La interpretación puede estar complementada por la capacidad de percibir y compartir el estado emocional de otra persona (bien empatía o comunicación emotiva). Recientemente se ha ubicado esta cualidad emocional en la corteza insular o simplemente ínsula (Clarka et al., 2014), , estructura del cerebro humano ubicada profundamente/debajo de la superficie lateral del cerebro, dentro del surco lateral (cisura de Silvio), que separa las cortezas temporal y parietal inferior (frontera entre las áreas BA40 y BA41).

Durante la interpretación musical de una obra, el músico trata de integrar las cualidades de expresión musical entrenadas con una dinámica corporal acorde con el fin de que la comunicación hacia el exterior (el auditorio) del contenido musical aprendido llegue al posible (presente o ausente) espectador en la forma que el mismo de alguna manera ha premeditado y/o que provoque en este algún tipo de respuesta ya sea emocional o intelectual. Aunque no podemos hablar aquí de empatía pues el intérprete normalmente desconoce o no le llega esa respuesta o realimentación del espectador (a menos que el auditorio le silbe, o rechace de alguna manera o tenga una audiencia inatenta o ruidosa), esta actividad de comunicación hacia la audiencia posiblemente ponga en marcha mecanismos cerebrales relacionados con la comunicación emocional y la recompensa. En efecto y en relación con este tema se ha relatado que la interpretación musical expresiva evoca emoción y activaciones neuronales relacionadas con la recompensa, y que el impacto afectivo en los cerebros de los oyente se ve alterada por su formación musical (Chapin et al., 2010). En este

mismo sentido se han pronunciado distintos autores quienes consideran que las áreas asociadas con las emociones y la recompensa también están involucradas en la respuesta emocional a la música (Blood et al., 1999; Chapin et al., 2010; Phan et al., 2002; Royer et al., 2000); concretamente se ha señalado que las áreas límbicas y paralímbicas (Fig.13) responden a la expresión dinámica de la interpretación musical de humanos (Chapin et al., 2010).



Figura 13. Sistema Límbico

Por último, por lo que respecta a la relación entre la música y el movimiento del cuerpo, en las teorías actuales sobre la cognición encarnada (personificada) se subraya el papel del cuerpo como mediador para la percepción de la música (Leman, 2007). Las áreas BA 44/45 (áreas ventral-lateral frontal) se activan durante la observación de los músicos tocando música en función de la práctica (Buccino et al., 2004; Vogt et al., 2007) y parecen estar involucradas en la empatía emocional (Schulte-Ruther et al., 2007), en cambio las áreas BA 10/11 (áreas ventromedial prefrontal) parecen estar involucradas con la empatía cognitiva (Shamay-Tsoory et al., 2009), esto es, en la evaluación de similitudes y diferencias entre los estados mentales de uno mismo con respecto a los de otros sujetos (Mitchell, 2009).

2.2.6. Imaginación versus interpretación musical

Mientras aprender a tocar un instrumento ha llevado a los investigadores a centrarse principalmente en los evidentes aspectos conductuales observables en la adquisición de habilidades, los beneficios de la imaginación en el aprendizaje de habilidades motoras es cada

vez más discutido en la literatura (Langheim et al., 2002). En esencia, la imaginería se puede diferenciar en imaginación sensorial (como la visual o auditiva) y en la imaginación motora. La imaginación y la interpretación motora se correlacionan y se cree que activan estructuras neuronales similares (Jeannerod, 1995). De acuerdo con esta hipótesis, los estudios de fMRI que investigan la imaginería de los movimientos de la mano y dedos (Lotze et al., 1999) han demostrado la activación del área motora suplementaria, la corteza premotora y el cerebelo, pero también la corteza motora primaria.

Existen algunos aspectos interesantes de la acción simulada o “ensayo mental” que revelan la estrecha relación entre la imaginería y la acción motora, por ejemplo, se ha señalado que los patrones de sincronización de ambos procesos son similares (Sirigu et al., 1995) y los cambios en la excitabilidad corticoespinal implican los mismos músculos en ambas condiciones (Fadiga, 1999). En estudios con imágenes funcionales fMRI se han investigado diferentes modalidades de imaginería del sistema motor en comparación con la ejecución en los no-músicos. Así, se encontró que la imaginería y la ejecución activan esencialmente las mismas regiones corticales, con la excepción sin embargo, de la corteza motora primaria. Aunque los resultados en cuanto a la participación de la corteza motora primaria difieren según los estudios (Porro, 1996, Lotze, 1999). En los experimentos ya comentados de entrenamiento e interpretación de Lotze et al., 2003 en violinistas profesionales encontraron un mayor enfoque motor durante la interpretación, también que el bucle auditivo-motor no estaba involucrado en la interpretación imaginada y en los no-músicos. Como ya señalamos en el apartado del entrenamiento musical este autor indica que los sistemas auditivo y motor son coactivados como consecuencia del entrenamiento musical pero que solo un sistema, bien motor o auditivo, se activa tras la ejecución real del movimiento o la audición real de un estímulo musical (Lotze, 2003).

En otro trabajo de imaginería musical, utilizando fMRI, encontraron que durante la interpretación/actuación musical imaginada se producía la activación de una red dispersa que incluye las áreas motora y premotora suplementarias, el lóbulo parietal superior derecho, la circunvolución frontal inferior derecha, las circunvoluciones mediofrontales bilaterales y el cerebelo lateral bilateral (Langheim et al., 2002). No se observó sin embargo activación de las áreas sensitivomotoras primarias y las cortezas auditivas. Estos autores sugieren que la activación del giro frontal inferior derecho está relacionada específicamente con la

interpretación musical. En otro trabajo (fMRI) con alumnos de piano (Meister et al., 2004) se analizaron tareas de imaginación e interpretación. En ambas tareas, se encontraron activaciones de la red frontoparietal-bilateral que comprende las áreas premotoras, el precuneo y la parte medial del BA40. Pero solo durante la interpretación se activó la corteza motora primaria contralateral y la corteza parietal posterior bilateral; ello refleja el papel de la corteza motora primaria en la interpretación (pero no en la imaginación) y los mayores requerimientos de integración visual-motora durante la interpretación en comparación con la imaginación. Otras áreas que parece que participan en la imaginación musical son las áreas parietal superior y ventrolateral / dorsolateral frontal (Zatorre et al., 2010).

La corteza auditiva también participa en procesos perceptuales complejos como es la imaginación, esto es, la experiencia fenomenológica de la percepción en ausencia de un estímulo. La imaginación musical es una forma particularmente relevante de esa experiencia, ya que casi cualquiera puede imaginar una pieza musical “con el oído de la mente”. Las experiencias comparten rasgos de la percepción real, incluyendo precisión temporal y agudeza de tono (Halpern 1988; Janata 2012). En ausencia de sonido, las regiones cinturón y pericinturón de la corteza auditiva son reclutadas de manera consistente cuando las personas realizan tareas específicas de imaginación (Zatorre y Halpern, 2005; Herholz 2008). La corteza auditiva debe contener rastros de la memoria de eventos perceptuales pasados, del sonido que originalmente se percibió. Parece que los bucles frontotemporales, mencionados anteriormente, son relevantes para la recuperación de la información musical. Esta conclusión se apoya en la evidencia de que las interacciones funcionales entre la corteza temporal y la corteza frontal mejoran durante la imaginación musical (Herholz, 2012). Parece existir una relación directa entre el grado de participación de este sistema frontotemporal y la habilidad para imaginar música. Esta red, también puede jugar un papel importante en el placer mediado por la música y en el reclutamiento de la red de recompensa.

En resumen observamos que la interpretación musical y la interpretación imaginada o imaginación activan áreas de la corteza comunes, pero no obstante la imaginación puede activar áreas específicas que no participan en los complejos procesos de interpretación.

2.3. Estado actual: visión desde la electroencefalografía (EEG)

➤ La percepción musical vista desde la electroencefalografía

Las investigaciones mediante el escáner de resonancia magnética son aproximadas ya que el espacio del escáner por imperativos técnicos impide una interpretación en vivo y al natural de una pieza musical mediante un instrumento real. Por ello hemos de acudir a instrumentos preparados (más pequeños) que simulen al instrumento real y que puedan ser interpretados dentro del espacio que nos deja el escáner. Ya vimos que durante la interpretación imaginada de una secuencia musical había activaciones de las mismas áreas corticales que durante la interpretación de la misma a excepción de las áreas sensitivomotoras primarias. El método de resonancia magnética funcional utilizado en estos estudios depende de la respuesta hemodinámica relacionada con la activación de las áreas y por lo tanto, las regiones específicamente relacionadas con la música se pueden mostrar con una alta resolución espacial. Sin embargo, la secuencia de activación de las áreas corticales implicadas en la interpretación de la música y en la interpretación imaginada no puede ser mostrada con alta resolución debido a la baja resolución temporal de la fMRI.

Si queremos investigar la secuencia temporal y el curso temporal de la activación de diferentes áreas corticales implicadas bien durante la interpretación o la imaginación musical necesitamos de una metodología que permita medir directamente la activación neuronal y que por tanto proporcione información en una escala temporal de milisegundos. Por estas razones se acude a las investigaciones mediante electroencefalografía. Esta técnica en la que se registra la actividad eléctrica cortical del cerebro mediante electrodos colocados sobre el cuero cabelludo nos permite hacer un seguimiento de la evolución de la actividad cerebral durante la realización de una determinada tarea musical. En materiales y métodos indicaremos las bases de esta técnica pero debemos indicar aquí para el entendimiento de esta introducción que lo que registramos en cada canal cortical es una señal eléctrica –el electroencefalograma o EEG- que está formada – en la aproximación lineal- al igual que los sonidos complejos por distintos componentes armónicos o picos espectrales ubicados en unas bandas de frecuencia determinadas y que de menor a mayor frecuencia son: la banda delta (0.1-4 Hz), la banda theta (4-8 Hz), la banda alfa (8- 13 Hz), la banda beta (14- 30 Hz) y la banda gamma (>30 Hz). Distintas actividades de percepción y cognitivas se han asociado a la amplitud o potencia del EEG en distintas bandas. La banda de frecuencia más involucrada en los procesos visuales y de audición como veremos, es la banda alfa a veces subdividida en alfa1 (3.5-6.5 Hz) y alfa2 (6.5-8.5 Hz). Otra técnica EEG relacionada con los estudios de

conectividad cortical hace uso de las relaciones o interdependencias estadísticas de las señales EEG entre dos o más canales EEG registrados. Una de las medidas lineales más empleadas para estudiar la correlación lineal –en una determinada banda de frecuencia- entre dos canales EEG corticales es la función de coherencia. La coherencia entre dos canales EEG es una medida de la correlación lineal -en una determinada banda- y al igual que el índice de correlación varía entre 0 y 1. Una coherencia próxima a 1 indica una alta correlación de la actividad EEG entre los dos canales EEG considerados (o de las áreas corticales que las generan) y es por tanto un índice de alta conectividad funcional entre las dos zonas corticales consideradas. Además de la función de coherencia, recientemente se analiza la interdependencia EEG entre zonas corticales mediante la correlación temporal entre las señales EEG que generan en una determinada banda de frecuencia; esta técnica es conocida como sincronización de fase. Más moderna aún es la medida de la sincronización no-lineal generalizada entre dos señales EEG, técnica procedente de la teoría del caos de sistemas no lineales. Todas estas técnicas de interdependencia entre dos señales EEG tienen como finalidad la estimación por métodos estadísticos de la conectividad funcional entre distintas zonas corticales.

2.3.1. El proceso de audición y sus implicaciones en las medidas EEG

Como ya hemos indicado, la actividad de audición/percepción musical implica a una red de múltiples estructuras cerebrales (Platel et al., 1997). En un primer estudio sobre audición musical utilizando medidas de EEG se encontraron diferentes topografías corticales de activación alfa, además, esta actividad se encontraba lateralizada para patrones monofónicos y de escalas pero no, para patrones melódicos (Breitling et al., 1987). Otro trabajo posterior sobre el efecto de la música a nivel cerebral había demostrado que la audición de música tenía efectos sobre el EEG y que estos efectos mostraban diferencias con los producidos por otras tareas mentales (Petsche , 1993). Recientemente dos trabajos sobre análisis de la audición musical utilizando sincronía de fase demostraron que la sincronía de la banda gamma fue significativamente mayor mientras se escuchaba una pieza musical que en la condición de reposo (Bhattacharya y Petsche, 2001) y además, la magnitud de la sincronía de fase en la banda gamma fue mayor en los músicos que en los no-músicos mientras escuchaban la misma pieza musical (Bhattacharya et al., 2001). Sin embargo, los resultados anteriores consideraban una sola pieza de música, es decir, trataban la audición de una pieza

en concreto. En un estudio posterior más amplio, se investigó la sincronía de fase EEG en tareas de audición de texto y de varias piezas de música (Bhattacharya et al., 2005) y se compararon las tareas de audición en músicos y no músicos. Los músicos mostraron aumento de la sincronía de fase en la banda delta entre áreas corticales cercanas y lejanas, y aún más visible en la banda de frecuencia gamma, mientras que los no músicos mostraron mejora sólo en la banda delta. Además, el grado de sincronía de fase en los músicos se redujo durante la audición de texto en comparación con la audición de música. Comparando los dos grupos durante las tareas de escucha, se encontraron diferencias claras en la sincronía fase en banda gamma, que fue significativamente mayor cuando los músicos escuchaban las piezas musicales, sin embargo, la mayor diferencia entre estos dos grupos se produjo cuando escuchaban texto. Los músicos también mostraron un mayor grado de sincronía de fase para las oscilaciones de la banda delta en regiones anteriores y para las oscilaciones de la banda gamma en las regiones posteriores. Además, durante la audición musical, la magnitud de la sincronía de fase predominaba en el hemisferio izquierdo en los músicos, mientras que dominaba en el hemisferio derecho en los no-músicos. Estos resultados sugieren que la formación musical es capaz de provocar un incremento de la conectividad funcional EEG entre varias regiones corticales al escuchar música. En un trabajo reciente se encontró tanto en músicos como en no músicos una desincronización en la banda alfa (usando sólo la banda de 9-10 Hz) en respuesta a una tarea de incongruencia musical-sintáctica (Ruiz et al., 2009) por lo que parece que en los procesos de sincronización EEG está involucrado el procesamiento de información musical.

En relación con las medidas de coherencia, en un trabajo reciente (Flores-Gutiérrez et al., 2009) se investigaron las potenciales diferencias sexuales en la coherencia EEG durante audiciones musicales agradables y desagradables. Se escogieron extractos musicales de Mahler, Bach y Prodnromidès y se los hicieron escuchar a siete hombres y siete mujeres y fueron evaluadas sus emociones subjetivas en relación con la coherencia en banda alfa intracortical. Las emociones agradables (Mahler, Bach) aumentaron el acoplamiento/coherencia alfa entre las regiones anterior y posterior izquierda mientras que las emociones desagradables (Prodnromidès) alteraban los valores de la coherencia intracortical entre zonas posteriores del hemisferio derecho en los hombres y bilaterales en las mujeres. La música combinada indujo oscilaciones bilaterales entre áreas de asociación

sensorial y predominantemente de la zona izquierda posterior en las mujeres. Por tanto, la emoción musical implica acoplamientos específicos entre regiones corticales y produce alta coherencia alfa entre áreas de asociación posteriores y regiones frontales lo que probablemente está asociado con la integración emocional y perceptual. Puesto que los trabajos de EEG que hemos relatado señalan que la audición musical produce cambios en la coherencia/sincronización EEG en distintas bandas (Bhattacharya and Petsche, 2001; Bhattacharya et al., 2001b; Flores-Gutiérrez et al., 2007, 2009; Petsche et al., 1997; Ruiz et al., 2009) se ha considerado de interés el estudiar la configuración de las redes de conectividad entre distintas zonas cerebrales utilizando la moderna teoría de grafos. Los resultados encontrados muestran que la percepción musical aumenta de forma efectiva la conectividad cerebral y produce además un aumento de la tipología *small-world* de organización de l redes cerebrales (Wu et al., 2012).

2.3.2. El EEG durante la interpretación y la interpretación imaginada

Los estudios de fMRI que analizamos en esta introducción en relación con la interpretación musical y la interpretación imaginada mostraban diferencias importantes entre ambas tareas fundamentalmente en relación con la activación de áreas motoras. Los estudios de estas actividades musicales y su asociación con la actividad cortical estimada a través de medidas de actividad o interdependencia EEG son escasos en la literatura revisada. Un estudio piloto realizado con un intérprete de violonchelo encontró cambios en los valores de la coherencia entre distintos canales EEG (Petsche, 1995). En este estudio se trataron tres tareas: audición de música, interpretación imaginada de una pieza e interpretación imaginada de una escala. Los resultados que encontraron (comparándolos con la situación de reposo) mientras imaginaban la interpretación de la música fueron altamente significativos para la coherencia (fundamentalmente en α_2) entre varios canales intra e inter-hemisféricos, y aún mayores durante la imaginación de la interpretación de escalas musicales. En apoyo de estos hallazgos un reciente trabajo sobre imaginación demostró que la interpretación imaginada inducía una activación alfa significativamente más fuerte que la simple percepción musical (Schaefer et al., 2011). En una línea de trabajo diferente, se investigó la actividad de los potenciales EEG, en interpretes violinistas (Kristeva, 2003) encontrándose que las regiones operculares frontales bilaterales son cruciales tanto en la preparación como durante la ejecución de la música y durante la imaginación de la misma en coincidencia con algunos

resultados de fMRI previamente comentados (Nirkko et al., 2001). Los autores sugieren que este efecto es debido a "neuronas espejo" que están al servicio de la observación o la imaginación de la actuación propia. También observaron la activación de distintas áreas motoras que no fueron las mismas para la interpretación que para la imaginación.

Finalmente citamos tres investigaciones que se separan bastante de las líneas de estudio EEG mencionadas anteriormente pero que analizan diversos aspectos de la actividad auditiva en profesionales de la interpretación musical. El primero de ellos es un estudio sobre la empatía entre distintos componentes de un cuarteto de saxofonistas en el que se registró simultáneamente en cada componente del cuarteto el EEG de distintos canales corticales estimándose la topografía de las fuentes de potenciales EEG y la topografía cerebral de sincronización/coherencia en banda alfa en cuatro situaciones experimentales: durante la interpretación conjunta del cuarteto (IC), durante la video-observación de su propia interpretación (VO), durante una tarea de control (TC) y en reposo (RE). Los resultados mostraron que cuanto mayor era la empatía (medida por un test) mayor era la des-sincronización alfa en la región derecha BA 44/45 durante VO vs. RE. Además el grado de empatía y la des-sincronización alfa no se encontraba correlacionada en otras áreas de control ni en IC vs. TC. Los autores sugieren que el ritmo alfa en BA 44/45 refleja la empatía emocional en músicos observando su propia interpretación (Babiloni et al., 2012). En relación con el entrenamiento musical solo hemos encontrado un trabajo utilizando actividad electro-magnética (MEG), nos referimos al de Elbert y colaboradores (1995) quienes demostraron por medio de imágenes procedentes del análisis del MEG, que el área cortical de representación sensorial de los dedos de la mano izquierda de un profesional instrumentista de cuerda es más prolongado o extenso que el de los controles inexpertos. Este resultado ya fue encontrado en estudios que comentamos en los análisis de interpretación por medio de fMRI. Un último trabajo que se separa de las líneas de investigación sobre audición hasta ahora comentadas es un estudio de imágenes MEG en el que se analizaba la interdependencia entre medidas de ritmicidad de piezas musicales y la actividad MEG de determinadas estructuras cerebrales. Los resultados demostraron que la actividad en estructuras relacionados con la actividad motora, en concreto en las zonas laterales premotoras, áreas motoras suplementarios, y zonas sensitivomotoras, se correlaciona con las medidas de ritmicidad - obtenidas mediante análisis espectral de la estructura de la obra musical (Popescu et al., 2004).

En resumen la interpretación musical y la imagería analizadas desde la perspectiva del EEG o el MEG dan una nueva visión del funcionalismo de las áreas cerebrales -fundamentalmente corticales, sobre todo aquellos aspectos relacionados con la sincronía o conectividad funcional entre dichas áreas lo que es posible gracias a que estas técnicas permiten una investigación de estos fenómenos con una mayor resolución temporal.

3. Materiales y Métodos.

❖ Introducción

Son pocos los trabajos que abarcan el estudio del cerebro en un grupo tan específico como son los músicos profesionales. Ninguno en concreto cubre los diferentes instrumentos de la orquesta, sin embargo en los últimos tiempos han aparecido trabajos de grupos más específicos como por ejemplo sobre el violín o el piano. Además, el desarrollo de la música en el siglo XX produce una verdadera revolución en el sonido, la forma y el estilo. Ello se ve reflejado, tal como hemos visto, en la vertiente musicológica ya que tanto la técnica instrumental del instrumento como las ideas musicales cambian en la música contemporánea. Desde la perspectiva neurofisiológica realizamos un estudio para observar las activaciones en la corteza cerebral. Por ello comparamos una obra de estilo Barroco, ampliamente conocida por todos los violonchelistas expertos como es la *Zarabanda* de la II Suite de J.S. Bach, con la obra que ya hemos mencionado y que hemos compuesto y que posee características de la nueva música obtenidas del análisis realizado en la parte primera de este trabajo, *Sincro I*.

❖ Participantes para los estudios de fMRI y EEG.

Todos los participantes realizaron tanto la prueba de fMRI como la de EEG. Los participantes fueron violonchelistas expertos o especialistas con más de 15 años de experiencia en la práctica del violonchelo. Los sujetos no presentaban historial de enfermedades neurológicas o psiquiátricas ni lesiones cerebrales o craneales. La edad media, el sexo y el número de los participantes se observan en la siguiente tabla S. Los estudios fueron aprobados por el Comité de Ética de la Investigación y de Bienestar Animal de la Universidad de La Laguna (con número de registro CEIBA 2014-0098) y fueron llevados a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado para hacer las pruebas. Todos los datos fueron recogidos en los laboratorios del Servicio de Resonancia Magnética de la Universidad de La Laguna. Las imágenes de resonancia se obtuvieron en el escáner de 3.0 Teslas modelo Signa Excite HD (Fig. 14) manufacturado por General Electric (Milwaukee, WI, USA).



Figura 14. Escáner de 3.0 Teslas modelo Signa Excite HD.

TABLA S

Sujetos	Edad	Experiencia música general	Experiencia música Contemporánea	Oído absoluto	Oído relativo
Sujeto 1	38	+ 20 años	Si, +10	X	
Sujeto 2	33	+20 años	Si, +8	X	
Sujeto 3	45	+20 años	Si, +10	X	
Sujeto 4	33	+ 20años	Si, +7		X
Sujeto 5	48	+20 años	Si, +10		X
Sujeto 6	32	+20 años	Si, +4		X
Sujeto 7	29	+ 20 años	Si, +3.		X
Sujeto 8	29	+19 años	Si, +4		X
Sujeto 9	30	+20 años	Si, +4		X

3.1. fMRI

Fundamentos técnicos para la obtención de la imagen de resonancia magnética funcional (fMRI).

❖ La resonancia magnética funcional.

La RMf se basa en el principio de que cuando una neurona trabaja desencadena la conversión de la oxihemoglobina. Las fuertes propiedades magnéticas que posee la desoxihemoglobina van a desestabilizar el campo magnético creado por el escáner de resonancia. Este mecanismo va a permitir el poder cuantificar la cantidad de desoxihemoglobina en sangre. Ello depende a su vez de la proporción entre el oxígeno consumido y el que llega a una zona cerebral, obteniendo lo que se conoce como señal BOLD (*blood oxygen-level-dependent contrast*) (Ward, 2010). Las características de la señal y de la técnica en sí, una vez registrada la BOLD, hace necesario realizar un procedimiento de preprocesamiento de la señal. Este procedimiento permitirá, en gran medida, eliminar el ruido registrado no correspondiente a la manipulación experimental. Una vez que se ha preprocesado la señal, se solapa la actividad funcional con imágenes estructurales de mayor resolución anatómica, lo cual permite localizar anatómicamente, de manera más eficaz, las activaciones. Antes de esto, cada cerebro individual se transforma en un modelo estándar mediante procedimientos matemáticos de normalización, permitiendo un mejor promedio entre los diferentes sujetos (Huettel et al., 2008). En el ámbito de la RMf, se entiende que, si comparamos la activación de los diferentes vóxeles (unidades volumétricas, análogas 3D de los píxeles), cuando el participante está realizando una tarea determinada, con la activación cuando no está llevando a cabo ninguna tarea, el resultado de la sustracción de ambas informará sobre las regiones cerebrales implicadas en la tarea (Ward, 2010).

❖ Adquisición de datos del fMRI

Las instalaciones de la ULL donde se encuentra el escáner poseen un simulador donde a los participantes del estudio se les hace pasar para que puedan tomar contacto con el aparato de resonancia y probarlo. Luego, durante el experimento, los participantes

permanecen en posición decúbito supino en el interior del escáner de resonancia con una bobina en la cabeza y tapones en los oídos (ver figura M1) .

A los sujetos, se les incorpora unos auriculares con micro muy potentes a través de los cuales pueden escuchar las instrucciones pertinentes y también comunicarse con el exterior para cualquier evento. Al comienzo del experimento, una vez situado el sujeto en el escáner, es decir, en el periodo de tiempo inicial de la secuencia, no se registran imágenes para asegurar el estado estacionario de la magnetización (*dummy scans*). Luego y gracias a un programa en Matlab montado en el ordenador (ver figura 15) que

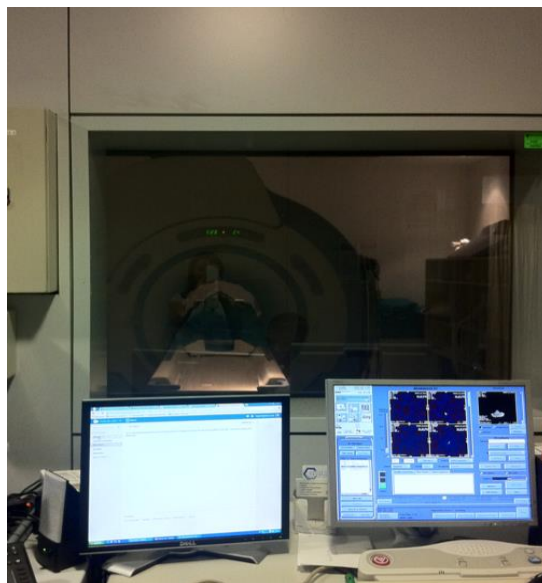


Figura 15. Entorno del aparato de resonancia magnética.

controla las operaciones de barrido del escáner, se le van pasando al sujeto, a través de los auriculares, las instrucciones o estímulos pertinentes. La evaluación de la actividad cerebral se realiza a través de la comparación entre una condición de reposo o control y una o varias condiciones de estimulación que se alternan aleatoriamente con la de reposo. Los estímulos pueden ser de diferente tipo, desde sensoriales o motores a tareas cognitivas y de actividad mental. Estas tareas o estímulos se van comunicando al sujeto (por los auriculares o a través de una pequeña pantalla) en los tiempos previamente estipulados alternando entre la condición de reposo y la de activación. En nuestro caso se comunica al sujeto cada 26 segundos la palabra clave (sincro, zara o repo) para que

inicie la ejecución real o la ejecución imaginada de la pieza musical correspondiente o permanezca en reposo. En la fMRI se utilizan dos tipos de paradigmas: diseño en bloques y diseño de activación asociada a evento. En este trabajo se utiliza el diseño en bloque, lo que implica que la prueba se organiza en varios bloques de determinados segundos de duración (26 s). En este periodo, dentro de un mismo bloque, la respuesta hemodinámica puede llegar a un máximo y mantenerse en él para luego volver a su línea base cuando termina la estimulación. De esta manera se realiza comparaciones entre las tareas presentadas a los sujetos.

❖ **Procesado de imágenes de resonancia**

Los procedimientos seguidos para la obtención de las regiones cerebrales activadas durante la ejecución del paradigma correspondiente y que se realizan mediante el procesamiento y análisis de los datos (matrices de vóxeles) comprenden globalmente:

- Primero: un procesamiento inicial a fin de adaptar espacial y temporalmente las imágenes, además de mejorar la relación señal a ruido de las mismas.
- Segundo: un cálculo estadístico sobre las imágenes, buscando la variación de la señal vóxel a vóxel en todo momento, empleando varios procedimientos estadísticos, como por ejemplo: test “T” de Student, método de las correlaciones cruzadas u otros.
- Tercero: los resultados de los análisis de activación son sobreimpuestos sobre una imagen estructural de alta resolución espacial, generalmente en secuencia T1, obtenida en el mismo tiempo de examen. Dicho análisis se realiza mediante software especializados, entre ellos está el SPM que es el más utilizado y el que emplearemos en el proyecto junto con el xjview.

Resumimos a continuación los pasos correspondientes al preprocesamiento espacial cuyo objetivo es eliminar diferentes tipos de artefactos en los datos y prepararlos para poder maximizar la sensibilidad del posterior análisis estadístico.

Corrección temporal de la adquisición

El análisis estadístico asume que todos los cortes de un mismo volumen fueron adquiridos en el mismo instante (instante inicial). Lo que en realidad sucede, es que debido a las limitaciones impuestas por el equipo y la técnica, distintos puntos

espaciales de éste mismo volumen, son adquiridos en distintos momentos temporales. Para mejorar los resultados del análisis estadístico se realiza una corrección temporal de la adquisición mediante una interpolación *sinc* sobre los datos adquiridos. De esta manera, logramos obtener el valor estimado del vóxel en la posición temporal deseada. Al volver a muestrear la señal interpolada en las posiciones corregidas se obtiene la corrección temporal. Estos cálculos se realizan en el espacio k.

Corrección del movimiento (realineado)

La corrección del movimiento tiene por objetivo corregir los movimientos involuntarios de cabeza del paciente. Estos movimientos pueden provocar artefactos o cambios bruscos en la intensidad de la señal, lo que afectará la varianza y en consecuencia al posterior análisis estadístico. Este proceso de realineado corrige las diferencias de posición entre imágenes de un mismo sujeto. Es decir, se debe lograr que cada vóxel de la imagen adquirida coincida espacialmente con el mismo vóxel del siguiente volumen. Para esta corrección, se aplican las traslaciones y rotaciones adecuadas que compensen estas diferencias, para que las imágenes coincidan en un mismo eje de coordenadas espaciales; definido normalmente por la posición en que se encuentra el paciente en la primera de la serie (Woods, et al.1993). El método utilizado se denomina transformación de cuerpo rígido, calculado en base a la mínima diferencia de cuadrados según tres traslaciones y tres rotaciones en los ejes cartesianos (x,y,z) de los volúmenes conforme a un volumen de referencia.

Co-registro

El co-registro es la determinación de las transformaciones espaciales necesarias para obtener correspondencia de puntos homólogos entre imágenes. Una vez co-registradas las imágenes existe una correspondencia punto a punto entre ambas. Este co-registro puede realizarse entre imágenes de la misma modalidad, o puede ser intermodal. En nuestro caso, toda la serie de imágenes EPI (espín-eco) serán co-registradas con el volumen anatómico. El promedio de las imágenes funcionales es co-registrado con una imagen anatómica de alta resolución (imagen de referencia) la cual permanece estacionaria; los parámetros estimados son aplicados a todas las imágenes funcionales. De esta manera, es la imagen fuente (imagen promedio de las imágenes funcionales) la que se condice desde su espacio al espacio de la imagen de referencia. Así, es posible alinear las imágenes funcionales de baja resolución con una imagen estructural de alta resolución de forma que las activaciones puedan ser vistas en el contexto de una imagen

de cerebro de buena calidad. Esto ayuda en la interpretación de las activaciones. En el registro de imágenes de un mismo sujeto y adquiridas con distinta modalidad se usa el modelo del cuerpo rígido. Una transformación rígida en 3D puede parametrizarse por 3 traslaciones y 3 rotaciones sobre diferentes ejes. El método de registro implementado se basa en el trabajo de Collignon (Collignon. et al., 1995). Las imágenes a registrar se suavizan al igual que los histogramas conjuntos. La finalidad de este suavizado es conseguir funciones de coste lo más suavizadas posibles, para que los algoritmos alcancen la convergencia de forma rápida, y también para evitar que aparezcan mínimos o máximos locales.

Segmentación

Consiste en asignar a cada píxel una clasificación sobre el tipo de tejido que éste representa. El programa estadístico que utilizamos SPM segmenta la materia gris, la materia blanca y el líquido encéfalo-raquídeo. Estas plantillas son la base para las reconstrucciones 3D del sujeto. El modelo usado es un proceso que combina la segmentación mediante *Tissue Probability Maps* y el registro de la materia gris resultante de la segmentación con un mapa estándar de materia gris. Los parámetros obtenidos al finalizar este proceso de segmentación y registro pueden ser usados para la siguiente etapa de normalización.

Normalización espacial

Para realizar un análisis vóxel a vóxel, los datos de los distintos sujetos deben corresponderse con un espacio anatómico estándar. En esta etapa, se realiza una deformación elástica de las imágenes, de modo que concuerden con un patrón anatómico estandarizado. Para que la transformación espacial sea correcta, las imágenes deben ser razonablemente similares al patrón utilizado, tanto morfológicamente como en contraste. En esta etapa, se pueden ocupar los parámetros de registro estimados en la etapa de segmentación o calcularlos mediante el registro de la imagen anatómica de alta resolución con el atlas MNI (Montreal Neurological Institute). Este atlas consiste en una versión moderna del atlas de Talairach realizada mediante el promedio espacial de las imágenes de resonancia de 452 adquisiciones (Brett, 1999). Este registro se logra mediante el algoritmo de mínimos cuadrados.

Suavizado

Las imágenes son suavizadas convolucionándolas con un núcleo gaussiano isotrópico caracterizado por Full Width at Half Maximum (FWHM). De esta manera se crea un

promedio local interpolado de los píxeles vecinos. La amplitud del núcleo Gaussiano determina la escala de máxima sensibilidad para evidenciar los cambios morfológicos. El uso de este núcleo posibilita una distribución de los datos más adecuada a una curva Gaussiana, gracias a esto se incrementa la validez de los análisis estadísticos que se realizarán a continuación y se mejora la relación señal a ruido en las imágenes (Ashburner y Friston, 1999).

❖ Análisis estadísticos

Una vez finalizado el preprocesado es necesario proceder al análisis estadístico de las imágenes obtenidas. Aunque existen varios métodos, el más utilizado en los trabajos sobre fMRI de audición e interpretación musical, es el llamado modelo general lineal (*general linear model* o GLM en inglés), que es el que se describe a continuación y es el que hemos empleado con los datos obtenidos utilizando para ello el software SPM. Los experimentos realizados nos proporcionan una serie de imágenes funcionales preprocesadas y de una matriz de diseño determinada con el que realizar el análisis subsiguiente. Todas las condiciones experimentales con sus respectivos tiempos de inicio y sus duraciones se especifican en dicha matriz. El GLM tiene como fin obtener estadísticas acerca de cómo una serie temporal de datos, es este caso las imágenes fMRI, puede ser descritas por una combinación de variables explicativas (en nuestro caso las respuestas del sujeto). Esto requiere que el experimentador tenga una hipótesis a priori acerca de la respuesta cerebral. Brevemente describiremos el GLM para la serie temporal de actividad de un único vóxel (el proceso es el mismo para los demás vóxeles). Si hemos registrado N imágenes en un experimento, para un vóxel determinado tendremos una serie temporal $W = (W_1, W_2, \dots, W_N)$ donde W_j representa la intensidad del vóxel en la imagen j . Supongamos ahora que tenemos L variables V_1, \dots, V_L (llamadas también regresores) que pueden explicar los datos y que nos interesa determinar el ajuste lineal entre los datos obtenidos y las variables explicativas, donde $V_1 = (V_{11}, V_{21}, \dots, V_{N1})$. Estas L variables se representan en la matriz de diseño (en nuestro trabajo, los tiempos en los cuales el sujeto está ejecutando la tarea asignada por el auricular). Podemos entonces representar a W como una combinación lineal de V_1, \dots, V_L más un error $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_N)$, donde los componentes del error han de ser independientes y con una distribución normal de media nula. Simplificadamente se puede representar así: $W = V \cdot \beta + \varepsilon$. En esta ecuación, W es la señal BOLD observada

en un vóxel a lo largo del experimento, V es la matriz de diseño que explica los datos y β son los parámetros a estimar para minimizar el error ε . De esta manera, el error será la diferencia entre los datos observados (W) y los predichos por el modelo ($V \cdot \beta$).

Puesto que la señal BOLD es continua, hay que entender que la respuesta a un estímulo/tarea también lo será. Por este motivo, antes de resolver la ecuación, se convoluciona (multiplica) con la función de respuesta hemodinámica (HRF) descrita anteriormente. A continuación, se utiliza la aproximación de mínimos cuadrados para obtener la estimación de los parámetros β . Con los valores β estimados de cada vóxel, podemos emplearlos en la realización de diferentes pruebas estadísticas. Dentro de estas hay que resaltar 2 tipos de pruebas t que se suelen utilizar. La primera sirve para realizar comparaciones entre los regresores. Imaginemos que en un diseño hay solo 4 condiciones relativas a movimientos realizados con cada una de las manos y cada uno de los pies, respectivamente. En la matriz de diseño deberíamos incluir estas cuatro condiciones: [mover mano izquierda (mi), mover mano derecha (md), mover pie izquierdo (pi), mover pie derecho (pd)] que vectorialmente pondríamos (mi, md, pi, pd). Supongamos que quisiéramos saber qué áreas del cerebro se activan más al realizar un movimiento con la mano izquierda que al realizar el mismo movimiento con la mano derecha. La hipótesis nula sería $H_0 : c^t \beta = 0$, donde $c^t = (1, -1, 0, 0)$ se llama vector de contraste. La hipótesis H_0 con $c^t \beta = 0$ equivale a considerar que $\beta_1 - \beta_2 = 0$ o que es lo mismo que $\beta_1 = \beta_2$. El segundo tipo de prueba realiza una comparación entre un regresor y una línea base. Por ejemplo, si con el diseño anterior se desea saber qué áreas se activan por mover el pie izquierdo, el vector de contraste sería $c^t = (0, 0, 1, 0)$. que correspondería a $H_0 : \beta_3 = 0$.

Estas pruebas t se realizan en todos los vóxeles de las imágenes funcionales y proporcionan un mapa paramétrico estadístico, que se codifica por colores y se puede sobreponer a una imagen estructural para crear un típico mapa de actividad de resonancia magnética funcional. Este análisis, realizado para un solo sujeto, también se conoce como análisis de primer orden. En relación con los modelos de análisis estadísticos cuando utilizamos un grupo más o menos numeroso de sujetos, y sin entrar en detalles, podemos considerar que son dos los modelos empleados más frecuentemente en el análisis de datos procedentes de fMRI: el "modelo de efectos fijos" y el "modelo de efectos aleatorios". Básicamente se aplica el "modelo de efectos fijos" cuando la variable se determina con seguridad medible (p. ej., efecto en una

población de sujetos de la dosis de un fármaco sobre una respuesta concreta). El "modelo aleatorio" se usa cuando el factor a estudiar puede tener infinitas posibilidades teóricas de presentación (p. ej., relación entre un manipulador de una máquina y la calidad del producto elaborado por él). En el primer modelo se consideran "todos los ensayos" realizados en el conjunto de los sujetos como medidas independientes. En el segundo caso se considera un ensayo por sujeto (puede ser la media de los ensayos realizados en cada sujeto) como una observación independiente. Para llevarlo a cabo, simplemente se hace una prueba t sobre los valores de los contrastes de todos los sujetos. Es evidente que en este segundo caso el número de sujetos (tamaño de la muestra) deberá ser mayor a la hora de obtener resultados con significaciones estadísticas importantes. En los análisis de fMRI de interpretación musical, en la literatura consultada, se utiliza el modelo de efectos fijos pues se considera que la incidencia de la ejecución musical sobre la actividad cerebral debe ser claramente cuantificable si la muestra de sujetos es suficientemente homogénea.

Finalmente en el análisis estadístico, es importante controlar las comparaciones múltiples. Esto es debido a que para cada vóxel se repite la prueba estadística, lo que desemboca en falsos positivos (por ejemplo, si la imagen tiene 64 x 64 x 32 elementos, el test se realiza 131072 veces). Hay diversos métodos para controlar estos errores, como son: las correcciones FDR (*false discovery rate*) y FWE (*familywise error rate*), aumentar el tamaño mínimo del cluster representado (k) en los resultados (un cluster es una agrupación de vóxeles), o reducir considerablemente el p-valor aceptable. Sin embargo, el uso de correcciones para comparaciones múltiples excesivamente conservadoras en los estudios de neuroimagen ha sido recientemente criticado como una fuente de errores de tipo II (Lieberman & Cunningham, 2009). Para reducir el riesgo de falsos negativos, los resultados que mostraremos fueron calculados utilizando un $FDR < 0,001$ salvo que se especifique lo contrario.

➤ **Descripción del procedimiento experimental seguido para fMRI**

El experimento duraba aproximadamente 24 minutos, sin incluir los 12 minutos del registro de la imagen estructural como referencia anatómica y que se realiza al final del experimento. En nuestro paradigma se utiliza el diseño experimental de bloques, es

decir, se organiza en varios bloques de 26 segundos de duración. Al comienzo del experimento, se realiza un *dummy scans* de 20 segundos.

Para la realización de esta prueba es necesario en primer lugar adaptar el instrumento original, el violonchelo, a las condiciones de la resonancia magnética. En este estudio se recrea la situación de interpretación de la obra en la realidad, sin embargo, el espacio del que se dispone en el interior del aparato que obtiene las imágenes (escáner de resonancia magnética funcional) es muy reducido. Por ello no es posible introducir los instrumentos de tamaño real para la realización de la prueba. Para que los sujetos pudieran llevar a cabo la ejecución de la manera más cercana posible a la realidad se contruirá un instrumento adaptado. Con la colocación de ambas manos en el instrumento preparado los sujetos pueden tener conciencia del ritmo, afinación, tipos de arcadas, expresividad, etc. Es decir, de aquellos parámetros que el instrumentista percibe en una interpretación real. Además los sujetos dispondrán de un instrumentos real, y se les pedirá estudiar y practicar las obras 20' (minutos) antes de la prueba. La exploración del fMRI se realizará inmediatamente después del estudio o preparación con el instrumento real. Los paradigmas que el sujeto deberá ejecutar son las siguientes:

1. Interpretación (con el instrumento adaptado). Los sujetos acostados de cubito supino en el aparato de fMRI sostendrán en sus manos el instrumento adaptado con tapones de los oídos para amortiguar el ruido de la resonancia y auriculares para escuchar las órdenes que se le dan al sujeto, todo ello junto con una bobina en la cabeza y un antifaz sobre los ojos. En la tarea de interpretación, se pide a los sujetos interpretar la obra que se le indique, aproximando el rendimiento físico de los dedos y el arco a la realidad lo más que sea posible: con movimientos reales dentro de unos límites, sin mover la cabeza ni despegar los codos del cuerpo. Los sujetos pueden mover los dedos sobre el batidor o barra armónica así como sostener el arco, es decir, participan ambas manos si bien no realizan los movimientos reales aunque pueden aproximarse a su colocación y ejecución.

2. Imaginación. Se realiza sin violonchelo. Los sujetos acostados boca arriba en el aparato de fMRI reposan con sus brazos en relajación. En la prueba de imaginación, se requiere a los sujetos imaginar la obra indicada imaginando el

rendimiento físico de los dedos y el arco tan real como sea posible sin movimientos reales. En definitiva interpretar la obra con la imaginación sin movimiento alguno.

Cada una de las pruebas lleva intercalada una fMRI de control también de 26 s en la que el sujeto permanecerá en reposo sin moverse y se le pide únicamente concentrarse en su propio ruido y movimiento respiratorio sin pensar ni imaginar ninguna otra cuestión y en una disposición de reposo absoluto.

Secuencia de ejecución.

Las órdenes de inicio de cada prueba y la obra a interpretar se darán auditivamente a través de los auriculares que se les proporcionará a cada sujeto. Durante los registros de fMRI, los sujetos estarán realizando la tarea asignada y no reciben iones de la resonancia magnética. estímulos sonoros a través de los auriculares aunque percibirán el ruido de la propia máquina que estará presente en todas las tareas y que es algo engorroso. La fMRI se iniciará con la demanda de alguna de las dos pruebas. El orden de la prueba se establecerá en el momento de realizarla por lo que se le informará al sujeto si comienza con la tarea de imaginación o interpretación en el momento. El sujeto conocerá entonces cual de ellas va a realizar. A continuación y dentro de cada prueba (de interpretación o de imaginación) al sujeto se le indicará a través de los auriculares la tarea/obra a ejecutar mediante la palabra clave correspondiente tal como se señala a continuación. Imaginación / Interpretación de:

(1).Zara. (Zara); (2). Sin. (Sincro II), (3). Rep. Reposo (lógicamente no existe ni interpretación ni imaginación de la tarea control).

Una vez oída por los auriculares la palabra clave los sujetos interpretarán o imaginarán los primeros cuatro compases de las obras, que se corresponden a 26” (segundos) o permanecerán en situación control durante los 26 segundos. El orden de las claves (1), (2), (3) es aleatorio, los sujetos escucharán auditivamente la palabra clave por los cascos y responderán realizando la tarea que se le requiere en la clave asignada. La prueba tiene una duración total aproximada de 45’. Para sincronizar el aparato de resonancia con un ordenador u aparato externo que lanza las órdenes que se le

demandan a los participantes, se utiliza un software estándar el Cogent, el cual está escrito en lenguaje Matlab y que hay que adaptar a las necesidades del protocolo de estimulación/comunicación con el escáner y el paciente. Antes de realizar la prueba se ha de rellenar y firmar el consentimiento informado que se le proporciona con tiempo suficiente para su lectura y el protocolo. El estudio se llevará a cabo en el Hospital Universitario de Canarias en las instalaciones de IMETISA.

➤ **Creación de la obra en lenguaje contemporáneo y comparación con la obra Barroca.**

En primer lugar se elaboró la pieza musical *Sincro I* de la que ya hemos hablamos en la metodología de la parte musicológica, en ese apartado ya comentamos el método de creación. En resumen, partimos de la pieza *Zarabanda* del compositor barroco J.S. Bach, y la alteramos añadiéndole los elementos de la nueva música. Elegimos la *Zarabanda* porque es una pieza que se estudia y entrena en la formación del instrumentista violonchelista y que por tanto, todo especialista conoce y ha estudiado e interpretado a lo largo de su carrera musical. Para la elaboración de la pieza contemporánea procuramos mantener la tesitura aunque con algunas excepciones, por ejemplo en los *glissando* donde el tempo es libre con la limitación de los 26' requeridos para el experimento.

➤ **La Zarabanda**

Durante el experimento se interpretarán los primeros compases de la Zarabanda. No podemos concretar cuantos exactamente porque el instrumentista elige el tempo al que la ejecuta, así que en los 26' que dura el experimentos pueden variar en uno o dos compases aproximadamente (ver Fig.16). El tempo de metrónomo no le es indicado al instrumentista porque se pretende exponer el al sujeto a una situación de interpretación lo más real posible y que tome la iniciativa de su propia idea musical, lo cual incluye el tempo al que elige su interpretación. Lo mismo ocurre con la pieza contemporánea, aunque en ésta se le indica que debe durar aproximadamente 26'. Como los distribuya a lo largo de la pieza es a elección del instrumentista.

Solo Cello Suite II

Johann Sebastian Bach (1685-1750)

Sarabande



Figura 16. Primera mitad de la Zarabanda de la II Suite, J.S. Bach.

➤ *Sincro I*

En la elaboración de esta pieza se han incluido las siguientes características de la nueva música: *glissando*, sobrepresión, tempo libre, doble cuerdas, armónicos artificiales y *stacatto legato*. Además aparece una indicación estilísticas: *molto vibrato* y una indicación de duración de la pieza: 26 segundos (ver Fig. 17). Al principio de la obra aparece además una instrucción con las grafías donde se le explica al instrumentista las técnicas a utilizar.



Figura 17. *Sincro I* de A.González Brito (2014).

Ambos extractos musicales conforman la base de la parte experimental que llevamos a cabo. Es decir, tanto con la técnica de imagen de la fMRI como con la electroencefalografía utilizamos las mismas obras y tareas.

➤ **Descripción paradigma experimental**

Hasta el momento no existen estudios que hayan utilizado el violonchelo para observar las activaciones de áreas que se producen en la corteza cerebral. Sin embargo hay numerosos trabajos de neuroimagen sobre escucha o audición en músicos o no músicos y en diferentes tipos de paradigmas. La tarea principal del músico, la interpretación, ha sido poco estudiada y por ello hemos utilizado este paradigma que contiene dos tareas: interpretación e imaginación.

Esta prueba esta orientada a sujetos especialistas instrumentistas de violonchelo, es decir, músicos profesionales y especialistas de violonchelo con larga trayectoria en la carrera musical y diestros (Con un promedio de 10 años hasta la presente sin interrupción en la práctica del violonchelo). La prueba trata de la interpretación e imaginación de dos obras de diferentes estilos musicales. La primera obra es una Zarabanda de J Bach, perteneciente a la II Suite para violonchelo solo. La segunda obra es una alteración de la primera a la que se le han añadido características propias de la música contemporánea. Ambas piezas coinciden en duración.

▪ **Preparación**

En primer lugar se envían dos partituras de diferentes estilos, la primera barroca, la segunda contemporánea a los sujetos. Las partituras se reciben por los sujetos con 15 de antelación, para su lectura, estudio y memorización así que en el momento de la prueba estarán familiarizados con las dos piezas musicales: barroca y contemporánea. Para recrear la situación de ejecución a la realidad y debido el espacio reducido del aparato que realiza la resonancia magnética funcional fMRI, no es posible introducir un violonchelo de tamaño real para la realización de la prueba. Por ello y para que los sujetos pudieran llevar a cabo la acción de la manera más cercana posible a la realidad se ha construido un violonchelo con tapa frontal, barra armónica y cuerdas donde los sujetos pueden colocar sus dedos, sostener el arco y aproximarse a las sensaciones y percepciones reales. Con la colocación de ambas manos en este “violonchelo” los

sujetos pueden tener conciencia del ritmo, afinación, tipos de arcadas, expresividad, etc. Es decir, de aquellos parámetros que el violonchelista percibe en una interpretación real. La exploración del fMRI se realizará inmediatamente después del estudio o preparación con el instrumento. Además y para que los sujetos tuvieran las sensaciones de interpretación cercanas en el tiempo, los sujetos disponen de un violonchelo y un arco real, y se les deja estudiar y practicar las obras 15' antes de la prueba. Por lo tanto la preparación del sujeto incluye no sólo la sinestesia del sujeto sino que se ponen en funcionamiento antes de la prueba las funciones sino también visual, auditiva y motora.

Los paradigmas que deberán realizar los sujetos conciernen a dos tareas: una de interpretación y otra de imaginación además de una tarea de control.

- *Interpretación.* En la tarea de interpretación, se pide a los sujetos imaginar el rendimiento físico de los dedos y el arco tan real como sea posible con movimientos reales dentro de unos límites, sin mover la cabeza ni despegar los codos del cuerpo. Los sujetos pueden mover los dedos sobre el batidor o barra armónica así como sostener el arco, es decir, participan ambas manos si bien no realizan los movimientos reales aunque pueden aproximarse a su colocación y ejecución.
- *Imaginación:* En la tarea de imaginación, se pide a los sujetos imaginar el rendimiento físico de los dedos y el arco tan real como sea posible sin movimientos reales.
- *Control:* En la tarea de control al sujeto se le pide únicamente concentrarse en su propio ruido y movimiento respiratorio sin pensar ni imaginar ninguna otra cuestión y en una disposición de reposo absoluto.

Los sujetos no reciben estímulos sonoros salvo el ruido de la propia máquina presente en todos los paradigmas y la voz que indica las órdenes a llevar a cabo.

- PARADIGMAS

Paradigma 1: Interpretación Barroca (zarabanda) 26''

Paradigma 2: Interpretación Contemporánea (zarabanda alterada) 26''

Paradigma 3: Control concentración respiración, 26”

Paradigma 4: Imaginación obra Barroca (zarabanda) 26”

Paradigma 5: Imaginación obra contemporánea (zarabanda alterada) 26”

DINÁMICA DE EJECUCIÓN

Primera Sesión: Los paradigmas 1, 2 y 3 se presentarán aleatoriamente al sujeto en 6 realizaciones: p. e.: 1-2-3; 2-1-3; 1-3-2; 3-1-2; 1-3-2; 3-2-1.

Segunda Sesión: Los paradigmas 4,5 y 3 se realizarán en una segunda sesión e igualmente se presentarán aleatoriamente en 6 realizaciones: p. e.: 4-5-3; 5-4-3; 4-3-5; 3-4-5; 4-3-5; 3-5-4.

➤ **Elaboración del violonchelo preparado para la fMRI**

Para la elaboración del instrumento en primer lugar medimos las distancias de un instrumento original. En concreto la que existe entre el batidor y puente con el fin de recrear lo más fielmente las distancias del cuerpo de un violonchelo. Se elabora solo el cuerpo del violonchelo porque es un instrumento de dimensiones medias y el instrumentista solo necesita el cuerpo para recrear la situación de interpretación. Es decir, elementos como la pica (para mantener la estabilidad, las clavijas para la afinación, etc.) no son necesarios porque las tareas a realizar son en posición horizontal. Como en el aparato de resonancia magnética no se puede introducir ningún elemento metálico las cuerdas son de nailon, se tensan con nudos de tal manera que recreen lo más fielmente posible las originales. Además el violonchelo preparado se realiza en madera y chapa por la misma razón (ver figura 18).



Figura 18. Violonchelo preparado.

➤ **Sincronización**

Para llevar a cabo el experimento con éxito fue necesario utilizar un software estándar, el Cogent, de que ya hemos hablado anteriormente y que sincroniza el aparato de resonancia con un aparato externo, en nuestro caso un ordenador, escrito en lenguaje Matlab. Con dicho software, el cual a través de una puerta se conecta a una estimulación, en este caso, la os pulsos de la resonancia y de esta manera el programa se sincroniza, da comiendo al experimento y por tanto a los barridos. De esta manera las instrucciones u órdenes que determinan las tareas a realizar en los paradigmas se lanzaban a través de los auriculares a los sujetos y además se observaba en pantalla las tareas, también nos permitía controlar que los participantes las estuvieran realizando correctamente. Dicho programa incluye la grabación de voz de las órdenes con las palabras clave que especificamos y podemos leer en el apartado de protocolo. Es decir, además de lanzar las órdenes cada 26 segundos tal y como acordamos para la correcta realización del experimento en el caso de la resonancia magnética se sincronizaba con los pulsos que lanzaba el técnico del aparato de tal manera que mientras el programa avanzaba la resonancia tomaba las imágenes necesarias.

Dicho programa lo utilizamos en el experimento de EEG solo que en ese caso la sincronización se hacia manual.

➤ **Estudio piloto fMRI**

El estudio piloto se efectuó en dos sujetos según el siguiente protocolo. La prueba trata del estudio de dos tareas: interpretación e imaginación de dos obras de diferentes estilos musicales. Las dos obras de diferentes estilos son:

Barroco: *Zarabanda* de la II Suite para violoncello solo BWV 1008 de J.S. Bach, primeros compases correspondientes a 26'' (segundos).

Contemporáneo: *Sincro I*, primeros 26'' (segundos) de A. González Brito (2014).

Se recrea la situación de interpretación con el violonchelo preparado. El instrumentista tiene 20 minutos de estudio previo de las pruebas en las salas anexas al aparato de resonancia. A continuación y dentro de cada prueba (de interpretación o de

imaginación) al sujeto se le indicó a través de los auriculares la tarea/obra a ejecutar mediante la palabra clave correspondiente.

Imaginación / Interpretación de :

- (1). Zarabanda, palabra clave: Zara
- (2). Sincro, palabra clave: Sincro
- (3). Reposo (lógicamente no existe ni interpretación ni imaginación de la tarea control), palabra clave: repo.

Una vez oída por los auriculares la palabra clave los sujetos interpretaron/imaginaron los primeros cuatro compases de las obras, que se corresponden a 26" (segundos) o permanecieron en situación control durante los 26 segundos. El orden de las claves (1), (2), (3) fue aleatorio, los sujetos escucharon auditivamente la palabra clave por los cascos y respondieron realizando la tarea.

- Problemas que surgieron:

Las instrucciones a los sujetos se dieron a viva voz lo cual planteaba varias dificultades:

- 1) La posibilidad de equivocación al dar las órdenes de manera oral ya que la secuencia era aleatoria y por tanto no predecible. En el estudio piloto del primer sujeto se produjo una equivocación en el orden de instrucciones al sujeto que quedó constatado en el Excel.
- 2) Debido al ruido propio de la resonancia se debía alzar mucho la voz para dar las instrucciones a los sujetos. Los participantes informaron que no se escuchaban las instrucciones para poder ejecutar la prueba con claridad.

Otro problema fue el estudio previo de 20 minutos que el instrumentista debía realizar y que se llevó cabo en las salas anexas a la resonancia junto con los pacientes que esperaban a realizar pruebas clínicas en el aparato de resonancia anexo.

- Soluciones:

Utilizar el software Cogent del que ya hemos hablado anteriormente para la sincronización.

El estudio previo se cambió a las salas del piso superior donde no hay pacientes y se puede conseguir mejor concentración del instrumentista para la recreación de las tareas.

➤ **Protocolo final fMRI**

La prueba trata del estudio de dos tareas: interpretación e imaginación de dos obras de diferentes estilos musicales. Las dos obras de diferentes estilos son:

Barroco: Zarabanda de la II Suite para violoncello solo BWV 1008 de J.S. Bach, primeros compases correspondientes a 26'' (seg.)

Contemporáneo: Sincro I, primeros 26'' (seg.) de A. González Brito (2014)

Los sujetos recibirán las partituras con aproximadamente 15 días de antelación, para su lectura, estudio y memorización de tal manera que en el momento de la prueba se encuentren familiarizados con las dos piezas musicales. En este estudio queremos recrear la *situación de interpretación* de la obra en la realidad, sin embargo, el espacio del que se dispone en el interior del aparato que obtiene las imágenes (resonancia magnética funcional o fMRI) es muy reducido. Por ello no es posible introducir un violonchelo de tamaño real para la realización de la prueba. Para que los sujetos pudieran llevar a cabo la ejecución de la manera más cercana posible a la realidad se ha construido un violonchelo con tapa frontal, barra armónica y cuerdas donde los sujetos pueden colocar sus dedos en el batidor, sostener el arco y aproximarse a las sensaciones y percepciones reales. Con la colocación de ambas manos en este “violonchelo” los sujetos pueden tener conciencia del ritmo, afinación, tipos de arcadas, expresividad, etc. Es decir, de aquellos parámetros que el violonchelista percibe en una interpretación real. Además y para que los sujetos recreen las sensaciones de interpretación real, los sujetos disponen de un violonchelo y un arco real, y se les pedirá estudiar y practicar las obras 20' (minutos) antes de la prueba. La exploración del fMRI se realizará inmediatamente después del estudio o preparación con el instrumento real.

Las pruebas que el sujeto deberá realizar son las siguientes:

Interpretación (con el violonchelo adaptado); Los sujetos acostados boca arriba en el aparato de fMRI sostendrán en sus manos el chelo adaptado, llevarán un antifaz sobre los ojos, tapones para los oídos y auriculares. En la tarea de interpretación, se pide a los sujetos interpretar la obra que se le indique, aproximando el rendimiento físico de los dedos y el arco a la realidad lo más que sea posible: con movimientos reales dentro de unos límites, sin mover la cabeza ni despegar los codos del cuerpo. Los sujetos pueden mover los dedos sobre el batidor o barra armónica así como sostener el arco, es decir, participan ambas manos si bien no realizan los movimientos reales aunque pueden aproximarse a su colocación y ejecución.

Imaginación: Se realiza sin violonchelo. Los sujetos acostados boca arriba en el aparato de fMRI estarán con sus brazos en reposo. En la prueba de imaginación, se requiere a los sujetos imaginar la obra indicada imaginando el rendimiento físico de los dedos y el arco tan real como sea posible sin movimientos reales. En definitiva interpretar la obra con la imaginación sin movimiento alguno.

Cada una de las pruebas llevará intercalada una fMRI de control también de 26 segundos en la que el sujeto permanecerá en reposo sin moverse y se le pide únicamente concentrarse en su propio ruido y movimiento respiratorio sin pensar ni imaginar ninguna otra cuestión y en una disposición de reposo absoluto.

- Procedimiento

Las órdenes de inicio de cada prueba y la obra a interpretar se darán auditivamente a través de los auriculares que se les proporcionará a cada sujeto.

- Durante los registros de fMRI, los sujetos estarán realizando la tarea asignada y no reciben estímulos sonoros a través de los auriculares aunque percibirán el ruido de la propia máquina que estará presente en todas las tareas y que es algo engorroso.

La fMRI se iniciará con la demanda de alguna de las dos pruebas. El orden de la prueba se establecerá en el momento de realizarla por lo que se le informará al sujeto si comienza con la tarea de imaginación o interpretación en el momento. El sujeto conocerá entonces cual de ellas va a realizar. A continuación y dentro de cada prueba (de interpretación o de imaginación) al sujeto se le indicará a través de los auriculares la tarea/obra a ejecutar mediante la palabra clave correspondiente.

Imaginación / Interpretación de :

(1). Zarabanda, palabra clave: Zara o Sara

(2). Sincro, palabra clave: Sincro

(3). Reposo (lógicamente no existe ni interpretación ni imaginación de la tarea control), palabra clave: repo.

Una vez escuchada por los auriculares la palabra clave los sujetos interpretarán/imaginarán los primeros cuatro compases de las obras, que se corresponden a 26" (segundos) o permanecerán en situación control durante los 26"'.

El orden de las claves (1), (2), (3) es aleatorio, los sujetos escucharán auditivamente la palabra clave por los cascos y responderán realizando la tarea que se le requiere en la clave asignada.

Ejemplo: Una vez situado en el aparato de resonancia.

1. Se le comunica el tipo de prueba o condición ... p.ej. imaginación

Claves: (1)-(3)-(2)-(3)-(2)-(3)-(1)-(3)-(1)-(3)-(2)-(3)..... se repetirá (1) y (2) en seis ocasiones.

La prueba tiene una duración aproximada de 45'. Antes de realizar la prueba se ha de rellenar y firmar el consentimiento informado que se le proporcionará con tiempo suficiente para su lectura y este protocolo. El protocolo final no presentó problemas y se llevó a cabo en todos los sujetos sin incidencias.

3.2. EEG.

Análisis de las respuestas cerebrales mediante medidas electroencefalográficas (EEG).

Los primeros estudios cuantitativos de EEG en Biomedicina se remontan a los últimos años de la década del 70 del siglo pasado, cuando se introdujo el algoritmo de cálculo de la transformada rápida de Fourier (FFT) a través de computadores. La FFT calcula de manera muy eficiente el contenido espectral de una señal como suma de ondas (armónicos) ortogonales senoidales y cosenoidales de diferentes frecuencias: en la práctica hasta la mitad de la frecuencia de muestreo de los datos. Por lo tanto, permite el cálculo de la densidad de potencia espectral (PSD) de un EEG, una medida que estima la potencia o energía de la señal EEG en las bandas de frecuencia en la que esta se concentra. La PSD se considera un reflejo de la actividad sináptica sincronizada local de las áreas neuronales corticales y subcorticales próximas al canal / electrodo de registro situado en el cuero cabelludo. En el EEG, las bandas de frecuencia clásicas más comúnmente estudiadas son, de menor a más altas frecuencias, delta (0,1-4 Hz), theta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (de 14-30 Hz) y gamma (>0,30 Hz), aunque los rangos pueden variar dependiendo de los autores. La potencia absoluta de un solo EEG, registrada desde un electrodo en contacto con el cuero cabelludo, se calcula en una banda de frecuencia determinada como la suma del cuadrado de la amplitud de los armónicos en dicha banda. En este trabajo se realizarán medidas bi-multivariates de interdependencia entre pares de electrodos EEG con el objetivo de estimar la conectividad funcional entre distintas zonas corticales, por lo que a continuación nos concentraremos en describir brevemente sus fundamento teórico-técnico.

❖ Estudios de conectividad funcional mediante señales EEG

Introducción

El término conectividad funcional CF es utilizado para referirse a la interdependencia estadística entre dos canales de EEG o áreas corticales o a la interdependencia media o global entre un canal o área de la corteza y varios otros de otra/s zonas y que es

evaluada a partir del conjunto de pares de canales EEG involucrados. La CF evaluada mediante la interdependencia entre dos canales de EEG está de acuerdo con el concepto de FC dado por Lang quien definió la CF como la correlación estadística temporal o dependencia entre sucesos neurofisiológicos espacialmente remotos entre grupos y áreas neuronales dispersos (Lang et al, 2012). La CF se utilizó inicialmente por Friston en el análisis de imágenes de tomografía por emisión de positrones para la evaluación de la existencia de la dependencia estadística entre series de temporales de vóxeles (Friston et al., 1993). Actualmente, el término CF también se utiliza para referirse a cualquier medida de la interdependencia entre dos canales EEG corticales. De hecho, aunque la actividad EEG puede estar contaminada por múltiples fuentes y por los efectos de conducción de volumen, el uso de métodos de preprocesamiento de EEG adecuados y de técnicas de valoración estadística de la CF constituyen herramientas útiles para estimar el grado de dependencia estadística entre los datos de EEG de distintos canales. Tales métodos, que se detallarán más adelante, incluyen (pero no se limitan a): 1) el cálculo de la coherencia y / o sincronización de fase en bandas de frecuencias específicas, 2) el cálculo de los índices no lineales generalizados de sincronización mediante el uso eficiente y sofisticado algoritmos, y, finalmente, 3), el uso de procedimientos tales como la prueba/test de datos subrogados, para descartar que los resultados de los índices de CF son diferentes a lo que cabría esperar por azar. Además, en un artículo reciente de Núñez donde se discutía la CF en el cerebro humano, declararon que las interacciones cruzadas entre redes locales, regionales y globales son aparentemente responsables de gran parte del comportamiento EEG oscilatorio (Núñez et al., 2015). También concluyeron que *"combinado el EEG y la alta resolución EEG pueden proporcionar estimaciones multi-escala distintos de la conectividad funcional en ambos cerebros sanos y enfermos con medidas como la frecuencia y los espectros de fase, covarianza, y la coherencia responsable de gran parte del comportamiento oscilatorio de EEG"*. También concluyeron que medidas combinadas de EEG y de EEG de alta resolución como son las medidas de potencia espectral, los espectros de fase, de covarianza y la coherencia pueden proporcionar estimaciones multi-escala de CF en cerebros sanos y enfermos. A continuación haremos una breve introducción de las medidas de CF utilizadas en nuestro trabajo.

❖ Métodos de análisis de la conectividad funcional EEG

Módulo de la función de coherencia espectral (COH): Representa una medida de interdependencia lineal y se calcula de la siguiente manera: para el conjunto de pares de canales EEG, COH se obtiene a partir de la magnitud al cuadrado de la coherencia que representa una medida (entre 0-1) de la correlación lineal, tanto en amplitud y fase, entre dos señales a una frecuencia dada. Se computa partir de la función (compleja) de coherencia entre dos señales (x e y) a partir del espectro-cruzado entre las dos señales $P_{xy}(f)$ y los espectro de potencia respectivos, $P_{xx}(f)$ y $P_{yy}(f)$ donde f es la frecuencia.

La COH es el modulo al cuadrado de la coherencia $C_{xy}(f)$. La COH se calcula en las 4 bandas de frecuencia más utilizadas en clínica EEG: delta 0.5-4 Hz, theta 4-8 Hz, alfa 8-13 Hz y beta 13-40 Hz. En nuestro trabajo se ha calculado únicamente en la banda alfa pues es dicha banda a la que se refieren la mayoría de los trabajos realizado en EEG sobre audición e interpretación musical. A partir de las 240 parejas de canales posibles que

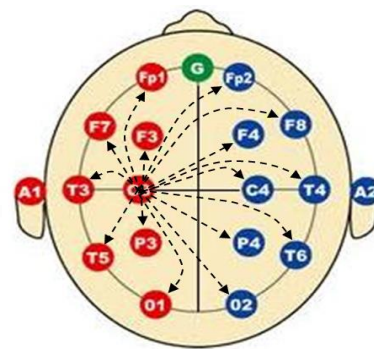


Figura 19. Parejas de canales disponibles de C3.

puede formarse a partir de los 16

canales registrados se computan promedios de COH de cada canal con el resto (p.e. promedios intra e inter- hemisféricos) o promedios entre canales próximos (p.e. Fp1-F3) o lejanos (p.e. O1-F8) según se considere oportuno. En la figura 19 se indican para C3 todas las parejas de canales posibles.

Índice de la pendiente de fase (PSI): La sincronización de fase entre dos señales puede estimarse a partir del espectro cruzado (S_{xy}) entre ambas del que puede derivarse si dos señales o series temporales $x(t)$ e $y(t)$ tienen oscilaciones comunes en una determinada banda de frecuencia (f). Si $X(f)$ es el espectro complejo –en función de la frecuencia f- de la señal $x(t)$ e $Y(f)$ el correspondiente para la señal $y(t)$. El espectro cruzado se define por el producto complejo: $S_{xy} = X'(f) \cdot Y(f)$, donde $X'(f)$ representa el complejo conjugado de $X(f)$. Dado que el producto anterior es un producto entre números complejos cada uno con su parte real (Re) e imaginaria (Im). El espectro cruzado será pues también complejo llamándose C_{xy} la parte real $Re(S_{xy})$ Coespectro y Q_{xy} la parte imaginaria $Im(S_{xy})$ Cuadratura. El espectro de fase $\theta_{xy}(f)$ o

abreviadamente $\theta(f)$ nos permite analizar el desfase temporal entre las señales $x(t)$ e $y(t)$ en una determinada banda de frecuencias y se obtiene mediante la expresión trigonométrica: $\theta(f) = \arctg [Q_{xy}(f) / C_{xy}(f)]$.

El denominado índice de pendiente de fase PSI (phase slope index) permite estimar la llamada sincronización de fase a partir del espectro de fase $\theta(f)$. La idea que subyace en el uso de la pendiente de fase es que las interacciones entre dos sistemas/señales requieren algún tiempo, y si la velocidad a la que viajan las diferentes ondas es similar, entonces la diferencia de fase entre el emisor (x) y el receptor (y) aumenta con la frecuencia esperándose una pendiente positiva en el espectro de fase. Esto se observa más fácilmente si asumimos que la interacción x-y no es más que un retraso temporal (τ), es decir, $y(t) = b x(t-\tau)$ con b una Cte. El espectro de fase $\theta(f)$ es entonces lineal y proporcional al retraso (τ): $\theta(f) = 2\pi f\tau$. La pendiente de $\theta(f)$ puede determinarse y de esta manera se puede estimar la dirección causal entre x e y que será de $x \rightarrow y$ si la pendiente es positiva o de $y \rightarrow x$ si es negativa (ver procedimiento y detalles en Nolte et al., 2008). En el primer caso podemos considerar al sistema que genera x como el sistema emisor director o controlador mientras que el que genera y será el receptor, o sistema controlado o subordinado y lo inverso si es y quien está adelantada con respecto a x (pendiente negativa). Al igual que para la COH para la PSI se computan promedios globales entre todos los canales o particulares entre determinados acoplamientos entre canales.

Sincronización no lineal generalizada (SG): con esta técnica medimos la interdependencia no lineal entre dos señales (índice L) procedente de la teoría de los sistemas dinámicos no lineales. Proporciona una estimación robusta del grado de SG entre dos (sub) sistemas a partir de las señales que ellos generan. Con el fin de calcular L, se construyen primero los vectores de estado retrasados X_i e Y_i a partir de las señales X e Y: es necesario para ello establecer previamente los parámetros del embedding, esto es, del espacio donde se va a reconstruir el sistema/señal (dimensión del espacio de reconstrucción m, retraso tau y espaciado intervectores w). El índice de interdependencia L (X\Y) se calcula teniendo en cuenta a) los índices temporales de los k vecinos más próximos de X_i (y respectivamente de Y_i), b) para cada X_i , el rango que la distancia entre X_i y X_j toma en una lista ordenada ascendente de las distancias entre X_i y todos los $X_i \neq j$, y c) el rango medio condicionado o mediado por Y. De forma

análoga se calcula $L(Y|X)$ simplemente intercambiando la función X por Y en los cálculos correspondientes. Los valores de L oscilan entre 0 (nula interdependencia) y 1 (fuerte interdependencia). Finalmente, puede derivarse el índice LM de interdependencia SG a partir del promedio entre $L(X|Y)$ y $L(Y|X)$. También se computa la asimetría de la sincronización entre pares de electrodos/canales mediante la diferencia $LD = L(Y|X) - L(X|Y)$ y los correspondientes promedios por electrodo tal como se indicó para el caso de la COH y la PSI.

Prueba de datos subrogados: a fin de evitar acoplamiento por conducción de volumen (ruido del conjunto de redes neuronales del cerebro que pueden afectar al conjunto de los canales EEG y producir correlaciones ficticias), la fiabilidad de los índices de interdependencia entre dos señales (X e Y) se comprueba mediante la repetición de su cálculo después de subrogar las señales con el fin de eliminar cualquier posible interdependencia al azar entre ellos. Las señales subrogadas se obtienen de manera diferente según el tipo de interdependencia a chequear entre los pares de señales. (González et al., 2013). Una vez que se obtiene las señales subrogadas (s) de X e Y , se calcula de nuevo el valor del índice correspondiente entre la X e Y . Luego se compara estadísticamente los índices obtenidos a través de las señales originales con los obtenidos a través de las subrogadas. De este modo sabremos si los índices originales proceden de una interdependencia real entre las señales o bien se deben a sincronizaciones circunstanciales aleatorias.

Medidas estadística: utilizamos para comparar las diferencias en las distintas situaciones (SIT) de registro (en reposo (repo), ejecutando la zarabanda (sara), y ejecutando la pieza moderna (sincro) en los 240 distintos pares de canales (PC) un MANOVA de medidas repetidas. Para comparar la sincronización de un determinado agrupamiento de canales en las tres situaciones registradas utilizamos un ANOVA considerando en este caso como una medida independiente el agrupamiento de pares de canales seleccionado.

Todas las técnicas de análisis de los índices de interdependencia antes señalados se realizaron utilizando software en Matlab ® desarrollado en el Lab de Biofísica del Departamento de Fisiología de la ULL. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa Statisticic ®.

❖ Instrumentos y Procedimientos

A los sujetos se le prepara en el laboratorio de donde hay habilitada una jaula de Faraday (Fig. 20). Después se realizan los registros de acuerdo con el protocolo correspondiente.



Figura 20. Participante en la jaula del Faraday con violonchelo.

A cada sujeto se le realizaron registros de EEG monopólares de 16 canales (Fp1-2/F3-4/F7-8/C3-4/T3-4/P3-4/T5-6/O1-2) referenciados al promedio de los electrodos de referencia A1 y A2 colocados en los lóbulos de la oreja siguiendo el sistema EEG estándar 10-20 (Fig. 21). Los registros fueron

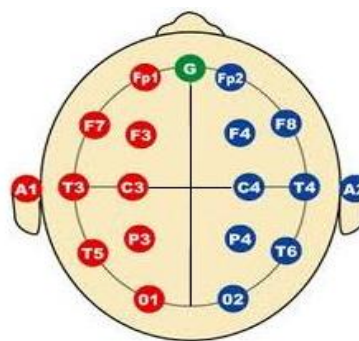


Figura 21. Registros de EEG monopólares de 16 canales.

realizados en reposo con los ojos cerrados (OC) en una habitación aislada acústica y eléctricamente (jaula de Faraday), con un aparato de registro Nihon Khoden. Las señales EEG se muestrearon a 500 Hz con filtros en la banda 0,05- 40 Hz y filtro de red alrededor de 50 Hz. Se controló la impedancia de los electrodos en un rango 3-5 kOhm. El electro-oculograma, ECG y los movimientos de respiración abdominal se registraron para detectar artefactos. El protocolo de registros es el que se detalla más abajo. Todos los registros fueron almacenados en el ordenador y posteriormente seleccionados aquellos segmentos de 5 segundos no artefactados en cada intervalo de 26 segundos que duraba cada tarea, también se seleccionaron los diferentes reposos correspondientes a cada tarea. Para la sincronización entre las tareas a realizar de los sujetos participantes y su ejecución se utilizó el mismo software Cogent, el cual ya hemos explicado en la parte del fMRI. En este caso las instrucciones se dieron a través de los altavoces del ordenador.

➤ **Descripción del experimento EEG**

Descripción procedimiento

El experimento tiene una duración aproximada de 30 minutos y es prácticamente idéntico al utilizado en la fMRI y expuesto anteriormente. Se utilizaron las mismas piezas musicales que el experimento anterior y se copió el procedimiento aplicándolo a las condiciones de la electroencefalografía. Las diferencias principales son que al comienzo y al final del experimento se realiza un registro de 1 minuto en reposo ojos cerrados y el instrumentista ejecuta con un instrumento real. El aparato de registro utilizado es Nihon Khoden. Se utiliza el programa Cogent para dar las instrucciones y las mismas se ordenan a través de un altavoz.

➤ **Paradigma experimental**

Se utilizó el paradigma experimental de la fMRI y que hemos explicado anteriormente, sin embargo se modificaron dos aspectos. En primer lugar, se realizaron las tareas con un violonchelo real. Es decir, en la tarea de interpretación los violonchelistas utilizaron un instrumento real e interpretaron normalmente con

movimientos reales. En segundo lugar, en la tarea de imaginación, los instrumentistas no ejercieron movimientos reales de interpretación pero permanecieron sosteniendo el instrumento para mantener el contacto con el mismo y recrear más fielmente la situación de interpretación.

➤ **Estudio piloto y protocolo final EEG**

En el caso del EEG, el estudio piloto y el protocolo final coinciden, ya que no se presentaron dificultades. El protocolo del EEG es muy similar al utilizado a la fMRI, por tanto y con el fin de no resultar repetitivo, a continuación haremos un breve resumen y especial mención a aquellas características que difieren.

Los sujetos recibirán las partituras con aproximadamente 15 días de antelación, para su lectura, estudio y memorización al igual que en el protocolo de fMRI. Se recrearán las situaciones de interpretación e imaginación. En este caso los participantes sí podrán interpretar con un violonchelo real, con los ojos cerrados y antifaz. Para evitar exceso de ruido se les pedirá que moderen sus movimientos, sobre todo no mover de manera excesiva los pies, no tragar saliva ni fruncir el seño. En la tarea de imaginación, sostendrán el violonchelo pero no ejecutarán movimientos, también con ojos cerrados. Para mayor semejanza a una situación real se les pedirá estudiar y practicar las obras 20' (minutos) antes de la prueba. La exploración del EEG se realizará inmediatamente después del estudio.

Las tareas que el sujeto deberá realizar son las mismas que en la fMRI:

Interpretación (con el violonchelo). En la tarea de interpretación, se pide a los sujetos interpretar la obra que se le indique, aproximando el rendimiento físico de los dedos y el arco a la realidad lo más que sea posible: con movimientos reales atenuando levemente movimientos bruscos. Los sujetos pueden mover los dedos sobre el batidor o barra armónica, desplazar la mano izquierda libremente así como sostener el arco y moverlo, es decir, realizan los movimientos reales.

Imaginación: Se realiza con el violonchelo apoyado en posición de reposo. En la prueba de imaginación, se requiere a los sujetos imaginar la obra indicada imaginando el rendimiento físico de los dedos y el arco tan real como sea

posible sin movimientos reales. En definitiva interpretar la obra con la imaginación sin movimiento alguno, dejamos el violonchelo reposando en el interprete para no perder el contacto con el instrumento.

Cada una de las pruebas llevará intercalada un EEG de control también de 26 s en la que el sujeto permanecerá en reposo sin moverse y se le pide únicamente concentrarse en su movimiento respiratorio sin pensar ni imaginar ninguna otra cuestión y en una disposición de reposo absoluto.

Procedimiento

Es el mismo que en la fMRI. Las órdenes de inicio de cada prueba y la obra a interpretar se darán auditivamente a través de los auriculares que se les proporcionará a cada sujeto. Durante los registros de EEG, los sujetos estarán realizando la tarea asignada y no reciben estímulos. Para ello se les colocará un antifaz. La prueba se realizará en una habitación insonorizada y sin estímulos, jaula de Faraday. Dentro de cada tarea (de interpretación o de imaginación) al sujeto se le indicará a través de unos altavoces la tarea/obra a ejecutar mediante la palabra clave correspondiente. La secuencia es la misma que para la fMRI. La prueba tiene una duración aproximada de 24 minutos.

Antes de realizar la prueba se ha de rellenar y firmar el consentimiento informado que se le proporcionará con tiempo suficiente para su lectura y este protocolo. El estudio se llevará a cabo en el Hospital Universitario de Canarias. En este estudio se recrea la *situación de interpretación* de la obra en la realidad con el instrumento original, un violonchelo.

No se presentaron problemas en la realización de prueba aunque se produjo un cambio de ubicación del experimento desde las instalaciones de IMETISA, Hospital Universitario de Canarias, al laboratorio de fisiología de la Facultad de Medicina de la ULL.

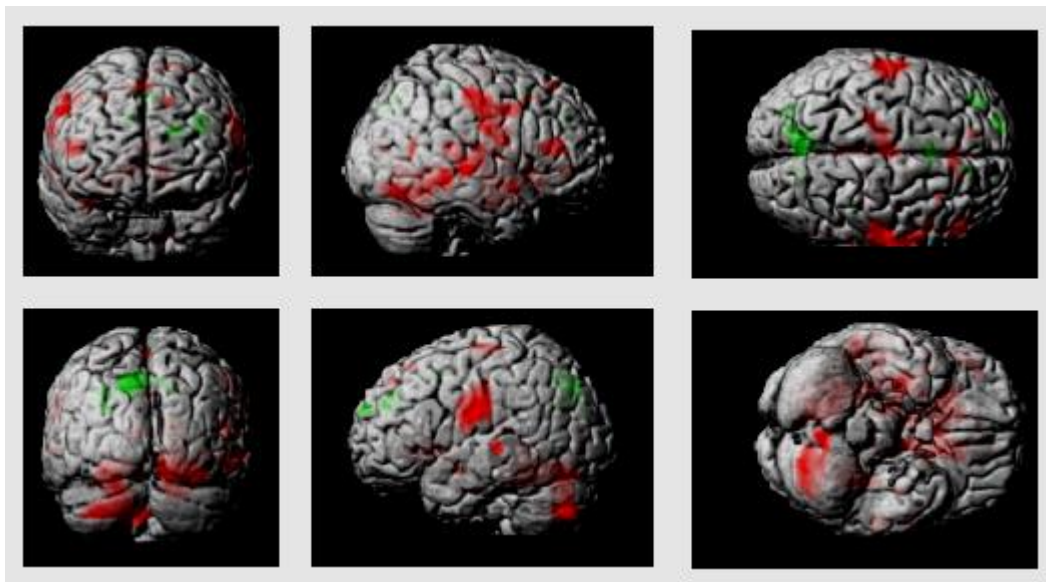
RESULTADOS DE fMRI

Resultados correspondientes a la tarea de INTERPRETACIÓN MUSICAL

Resultados globales de los contrastes *sara > sincro* y *sincro > sara*

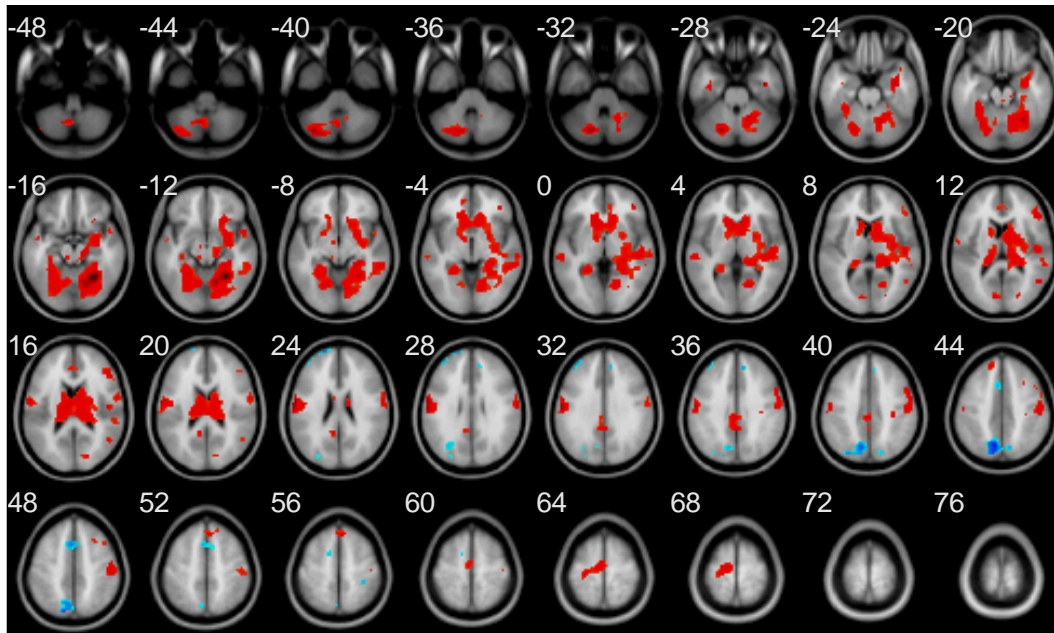
En la Tabla 1A se presentan los resultados correspondiente a los contrastes *sara>sincro* y *sincro>sara*. En primer lugar se presentan imágenes de las áreas corticales vistas desde distintos planos en las que se pueden observar en rojo los cluster en los que la actividad funcional durante la interpretación de la pieza *sara* fue estadísticamente ($FDR < 0,01$; n° clúster > 20) superior que durante la interpretación de la pieza *sincro* y en color verde donde ocurrió justo lo contrario. Sin hacer un análisis pormenorizado de las diferencias a primera vista se observa que entre los dos contrastes existen claras diferencias: a) aparecen un mayor número de zonas de actividad durante la interpretación de *sara* que durante *sincro*, b) que estas cubren áreas inferiores (cerebelo), diversas zonas fronto-parieto-occipito-temporales, c) que predominan en el hemisferio derecho, d) que las zonas de actividad durante *sincro* son inferior en número que durante *sara*, e) que éstas predominan en el hemisferio izquierdo y se encuentran ubicadas en áreas frontales, centrales y parieto-occipitales. Estos resultados aún parecen más claros en los sucesivos cortes transversales presentados en la Tabla 1B

Tabla 1A. Áreas cerebrales activadas durante la interpretación musical, **en rojo** *sara>sincro* y **en verde** *sincro > sara*



De arriba a abajo y de izquierda a derecha vistas anterior-posterior, lateral derecha-izquierda y superior-inferior

Tabla 1B. Regiones cerebrales activadas -vistas en planos horizontales- durante la interpretación musical; **en rojo** bajo *sara>incro* y **en azul** bajo *incro > sara*;



De arriba a abajo y de izquierda derecha y siguiendo el orden de la coordenada vertical z se presentan sucesivos planos transversales comenzando en planos tronco-cerebelosos (z=-48) hasta planos próximos al plano horizontal del cráneo superior (z=76)

En la Tabla 1C y 1D se presentan las regions activadas separadamente en los contrastes *sara>incro* a la izquierda y *incro>sara* a la derecha en las que $FDR < 0,01$

Tabla 1C. Áreas cerebrales activadas durante la interpretación musical mostradas separadamente **en rojo**

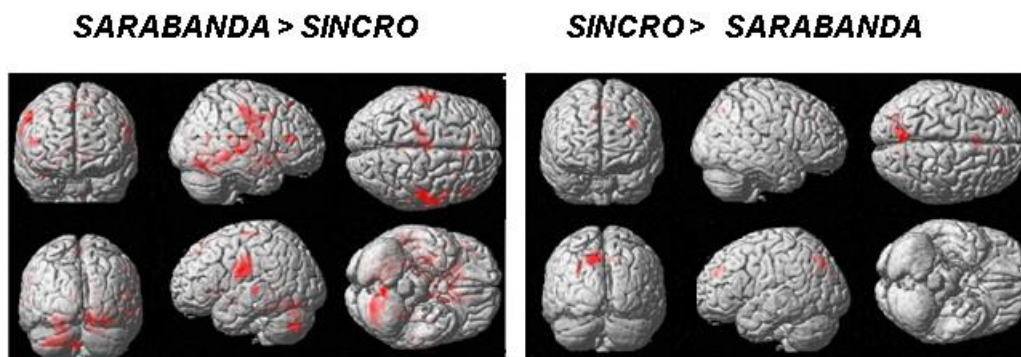
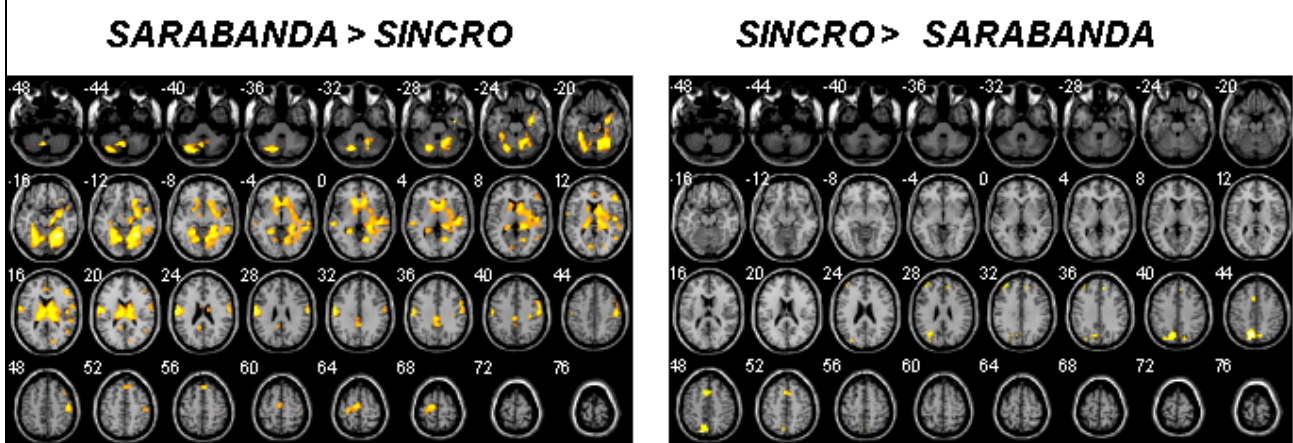


Tabla 1D. Planos horizontales en los dos contrastes; las áreas activadas aparecen en amarillo

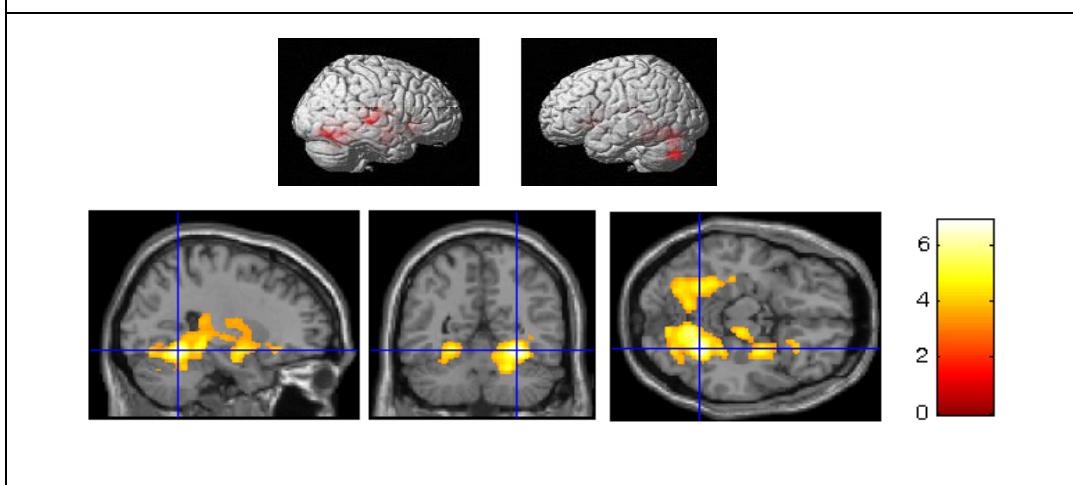


De arriba a abajo y de izquierda derecha y siguiendo el orden de la coordenada vertical z se presentan sucesivos planos transversales comenzando en planos tronco-cerebelosos (z=-48) hasta planos próximos al plano horizontal del cráneo superior (z=76).

Resultados individuales del contraste sara > sincro.

A continuación presentamos distintas tablas con los resultados/imágenes de la actividad de los clúster que resultaron estadísticamente significativos y por tanto con actividad funcional significativa en el contraste indicado ($FDR < 0,01$ y n° de clúster > 20). Se han seleccionado aquellas imágenes donde mejor se observan los clúster. Se indica la barra de colores con los valores del estadístico t. Para mayor comodidad, en las tablas después de las imágenes se muestran las regiones cerebrales con la **nomenclatura en inglés/latín** suministrada por el programa *xjview*; hemos indicado el hemisferio derecho (R) o izquierdo (L) en cada caso afectado:

Tabla 2A. Clúster activados en el contraste *sara > sincro* en las coordenadas (28 -54 -14).



Las estructuras involucradas en la imagen anterior fueron las siguientes

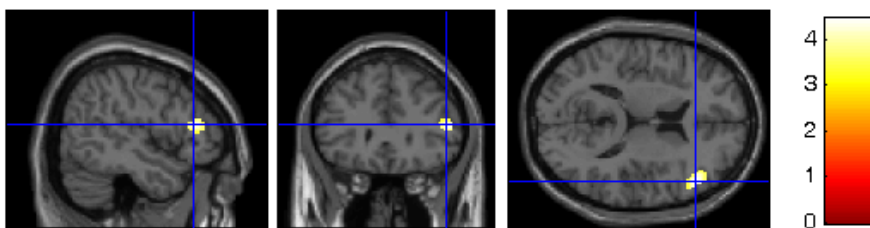
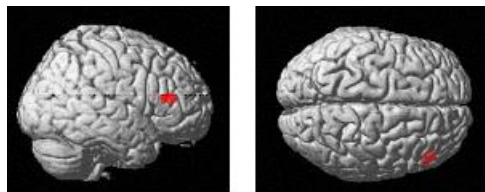
Inferiores e interiores: Cerebel. (L,R), Occip.Lob., Limbic Lob, Declive, Parahippocampa Gyrus (R), Culmen, Lingual Gyrus (R,L), Fusiform gyrus (R,L), Caudate (R,L), Thalamus (R,L), Putamen (R,L)

Lob. Temporal: Superior&Mid&Inf Temporal Gyrus (R)

Otras: Hippocampus (R), Pyramis, Pulvinar, Anterior Cingulate , Frontal Lobe, Corpus Callosum, Insula (R), Uvula, Amygdala (R), Heschl_R, Inferior Frontal Gyrus.

Áreas de Brodmann:: BA19 BA18 BA37 BA13 BA22 BA20 BA30 BA41 BA36

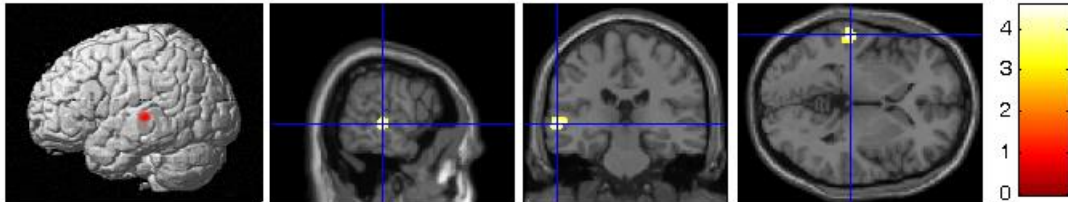
Tabla 2B. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (50 30 14).



Right Cerebrum, Frontal Lobe: Inferior frontal gyrus, triangular part, Middle Frontal Gyrus

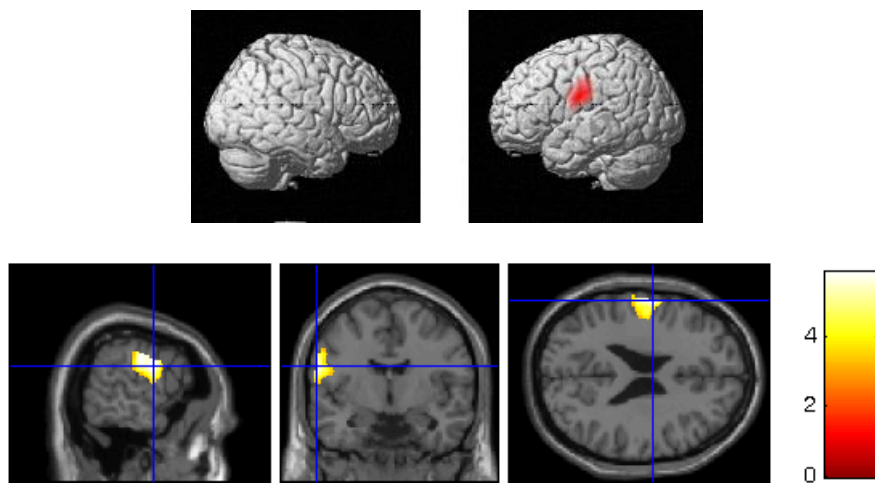
Áreas de Brodmann: BA40, BA46

Tabla 2C. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (-60 -26 0).



Estructuras: Left Cerebrum; Temporal Lob : Superior & Mid Temporal Gyrus
Áreas de Brodmann: BA22 BA21

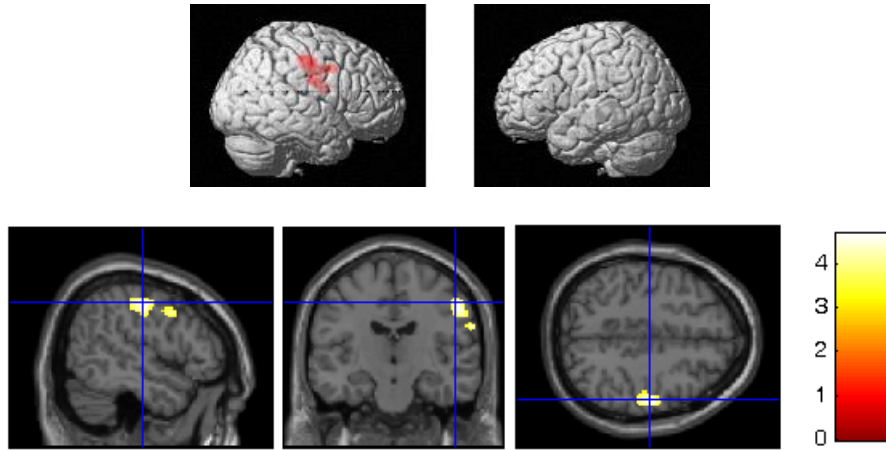
Tabla 2D. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (-60 -6 24).



Estructuras : Left Cerebrum: Postcentral & Precentral Gyrus

Áreas de Brodmann: BA4 BA6 BA43 BA3

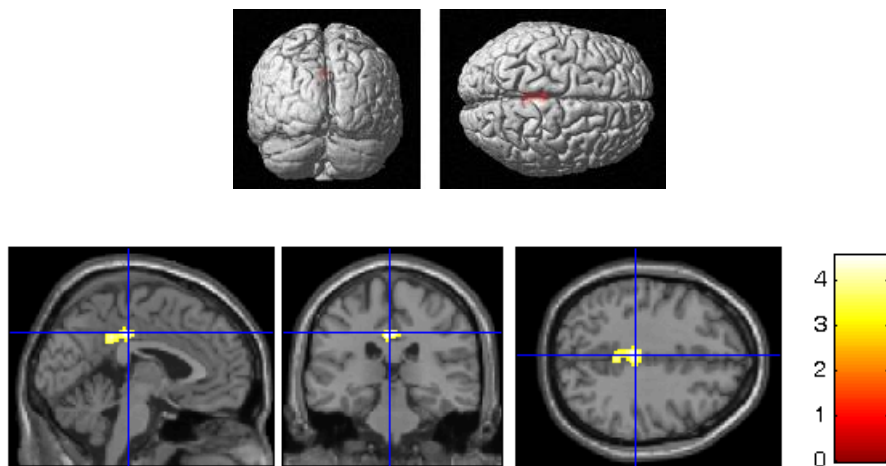
Tabla 2E. Clúster activados en el contraste *sara* > *incro* en las coordenadas (52 - 16 46).



Estructuras Right Cerebrum: Precentral Gyrus Postcentral Gyrus; Inferior Frontal Gyrus

Áreas de Brodmann: BA4 BA3 BA6 BA2 BA9

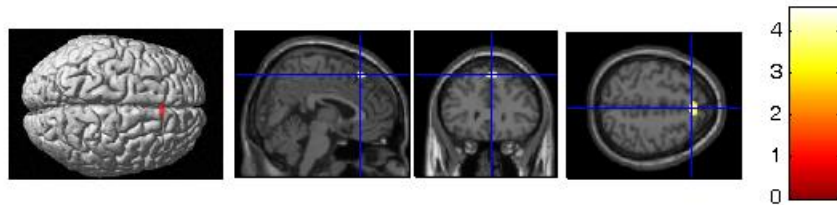
Tabla 2F. Clúster activados en el contraste *sara* > *incro* en las coordenadas (-2 - 28 38).



Estructuras: Limbic Lobe, Median cingulate and paracingulate gyri (R,L)

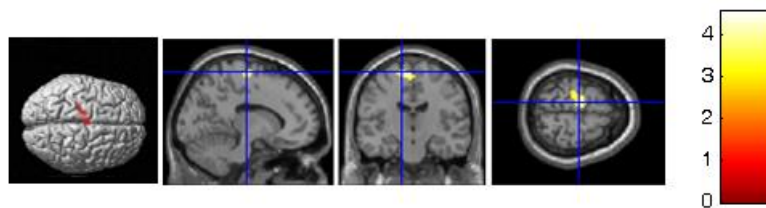
Áreas de Brodmann: BA31

Tabla 2G. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (4 30 54).



Estructuras: Frontal Lobe: Superior Frontal Gyrus_R_L Superior frontal gyrus, medial
 Áreas de Brodmann: BA8

Tabla 2H. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (-12 -16 68).



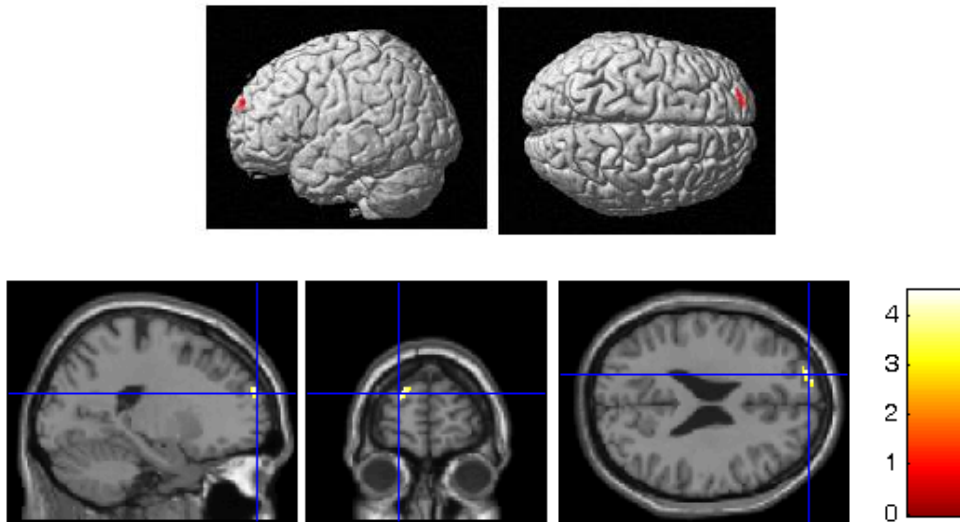
Estructuras: Left Cerebrum Frontal Lobe: Medial & Superior Frontal Gyrus, Paracentral lobule_L, Precentral gyrus, Supplementary motor area
 Áreas de Brodmann: BA6

Resultados individuales del contraste *sincro* > *sara*

A continuación presentamos distintas tablas con los resultados/imágenes de la actividad de los clúster que resultaron estadísticamente significativos y por tanto con actividad funcional significativa en el contraste indicado (FDR < 0,01 y n° de clúster > 20). Se han seleccionado aquellas imágenes donde mejor se observan los clúster. Se indica en cada

caso la barra de colores con los valores del estadístico t. Para mayor comodidad, en las tablas después de las imágenes se muestran las regiones cerebrales con la nomenclatura en inglés/latín suministrada por el programa *xjview* e indicando el hemisferio derecho (R) o izquierdo (L) en cada caso afectado

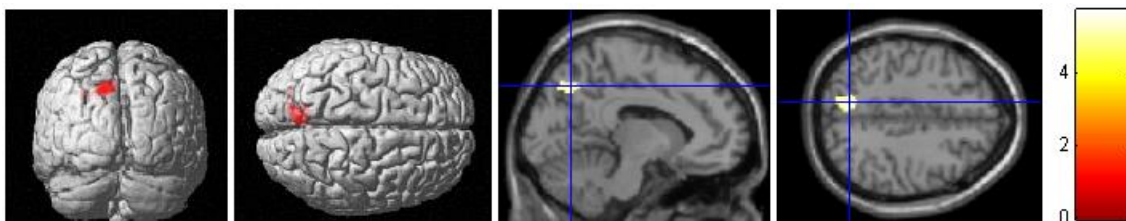
Tabla 3A. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-20, 62, 24).



Estructuras: Left Cerebrum, Frontal Lobe: Superior & Middle Frontal Gyrus

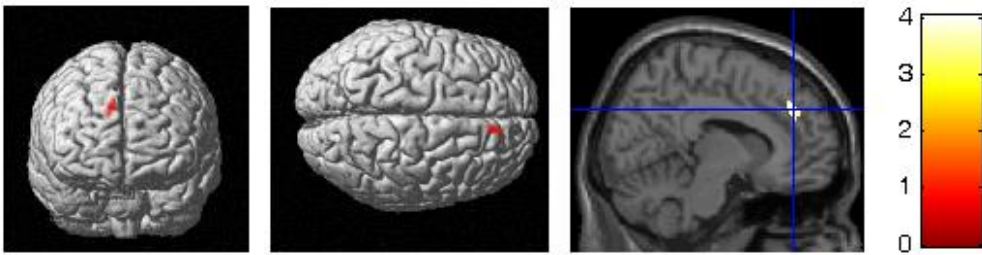
Áreas de Brodmann: BA10 BA 9

Tabla 3B. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-10, -66, 44).



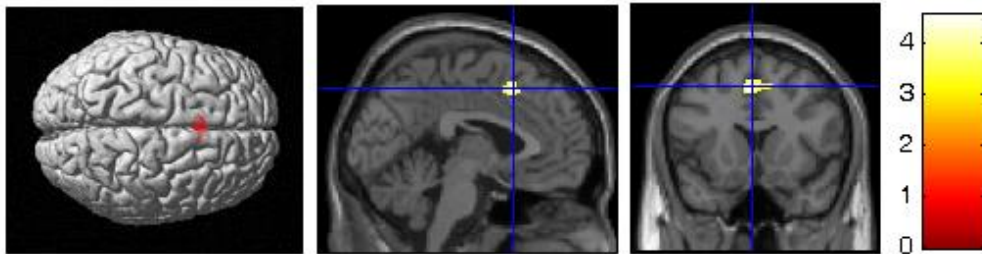
Estructuras: Parietal Lobe: Precuneus (R,L); Superior parietal gyrus (L); Superior & Middle occipital gyru(L) // Áreas de Brodmann: BA7 BA19

Tabla 3C. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (10 40 34).



Estructuras: Right Cerebrum, Frontal Lobe,; Superior frontal gyrus ; Median cingulate and paracingulate gyri (R) // Áreas de Brodmann: BA9

Tabla 3D. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-2 16 48).



Estructuras: Supplementary motor area (L, R) ; Medial Frontal Gyrus Limbic Lobe ; Cingulate Gyrus // Áreas de Brodmann: BA32 BA6 BA8

Resultados globales de los vóxeles ocupados por los clúster

En la tabla que sigue se muestran los resultados -en los contrastes *sara*>*sincro* y *sincro*>*sara*- correspondientes al número de vóxeles ocupados por los clúster activados significativamente en el hemisferio derecho (HD) e izquierdo (HI) que anteriormente fueron considerados en la tablas anteriores. En negrilla se muestra el hemisferio en el que domina la activación funcional.

Tabla 4. Número total de vóxeles por hemisferio (derecho HD) e izquierdo (HI)					
CLUSTER	Contraste <i>sara > sincro</i>		Contraste <i>sincro > sara</i>		
	HD	HI	CLUSTER	HD	HI
28 -54 -14	5723	2445	-20 62 24		48
50 30 14	154		-34 46 34		72
-60 -26 0		142	-10 -66 44	59	561
-60 -6 24		762	10 40 34	58	
52 -16 46	863		-2 16 48	88	52
-2 -28 38	51	199			
4 30 54	52				
-12 -16 68		252			
TOTALES	6843	3800		205	733

En las figuras que siguen se han representado con un círculo rojo las áreas de Brodmann activadas durante la tarea de interpretación musical en los contrastes señalados.

Figura 22. Contraste *sara > sincro*

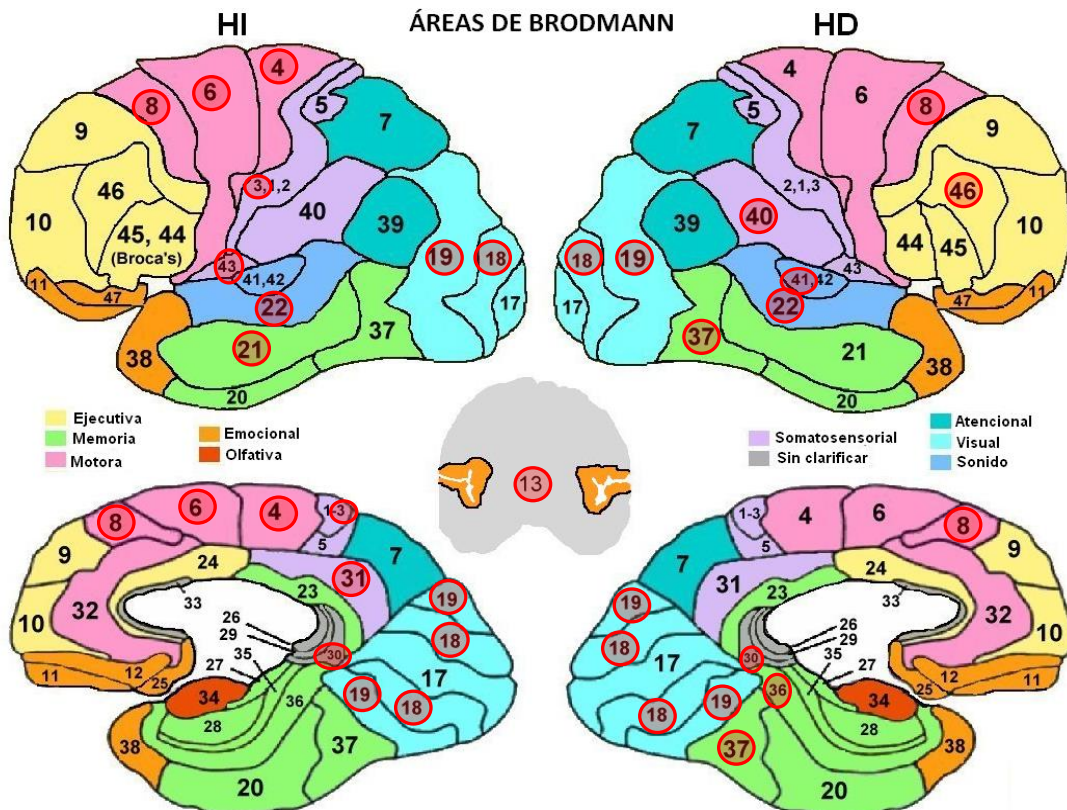
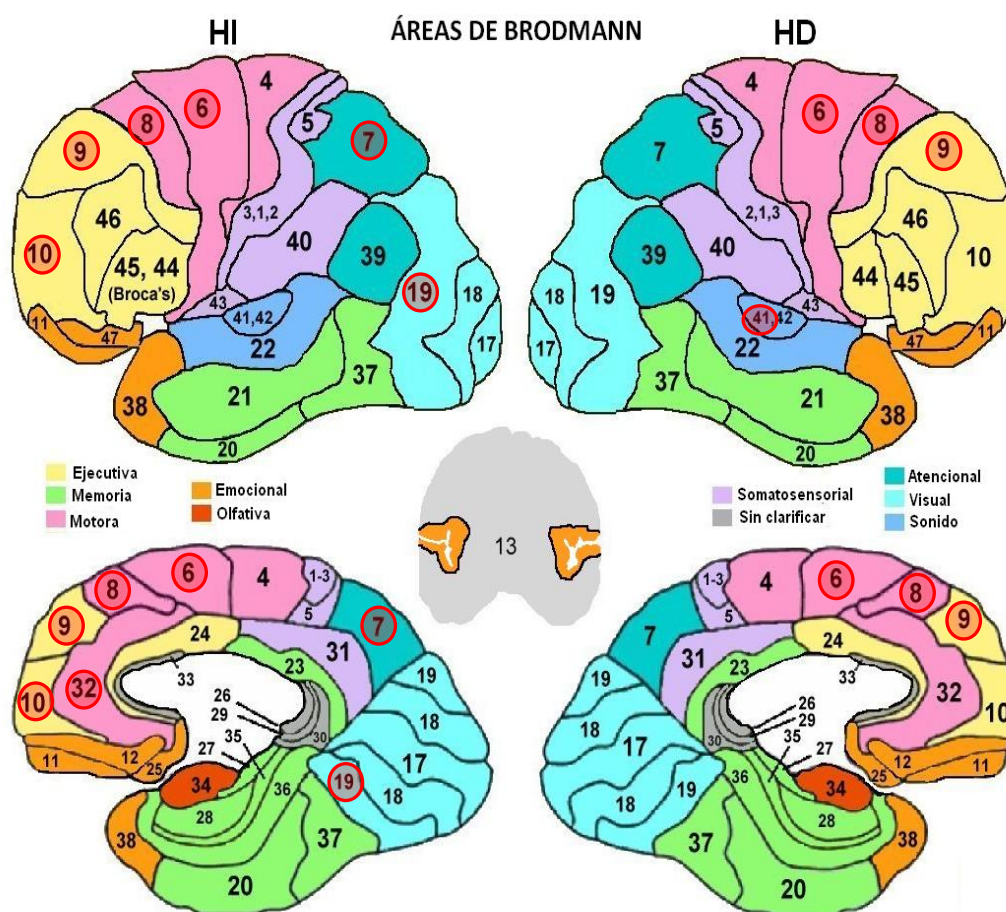


Figura 23 .Contraste *sara > sincro*



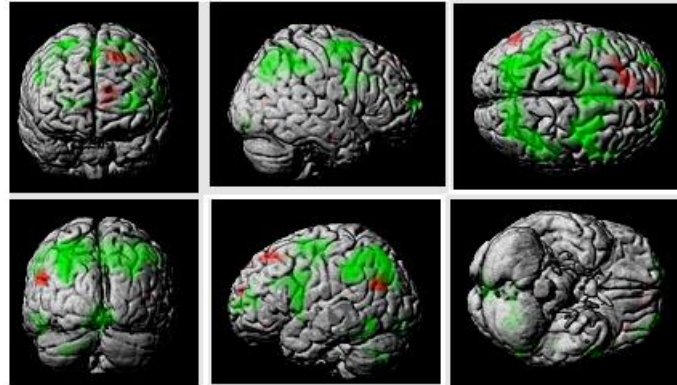
Resultados correspondientes a la tarea de IMAGINERÍA MUSICAL

Resultados globales de los contrastes *sara > sincro* y *sincro > sara*

En la Tabla 5A se presentan los resultados correspondiente a los contrastes *sara > sincro* y *sincro > sara*. En primer lugar se presentan imágenes de las áreas corticales vistas desde distintos planos en las que se pueden observar en verde los clúster en los que la actividad funcional durante la imaginación de la interpretación de la pieza *sincro* fue estadísticamente ($FDR < 0,01$) superior que durante la interpretación de la pieza *sara* y en color rojo donde ocurrió justo lo contrario. Sin hacer un análisis pormenorizado de las diferencias, y que luego expondremos, a primera vista entre los dos contrastes se visualizan ciertas diferencias muy claras: a) aparecen un mayor número de zonas de actividad durante la imaginación de la interpretación de la pieza *sincro* que durante la de la *sara*, b) que las primeras cubren áreas inferiores (cerebelo) y occipitales izquierda, áreas frontales-centrales-parietales simétricamente en ambos hemisferios y en menor grado occipito-temporales, c) que las zonas de actividad durante *sara* son inferior en

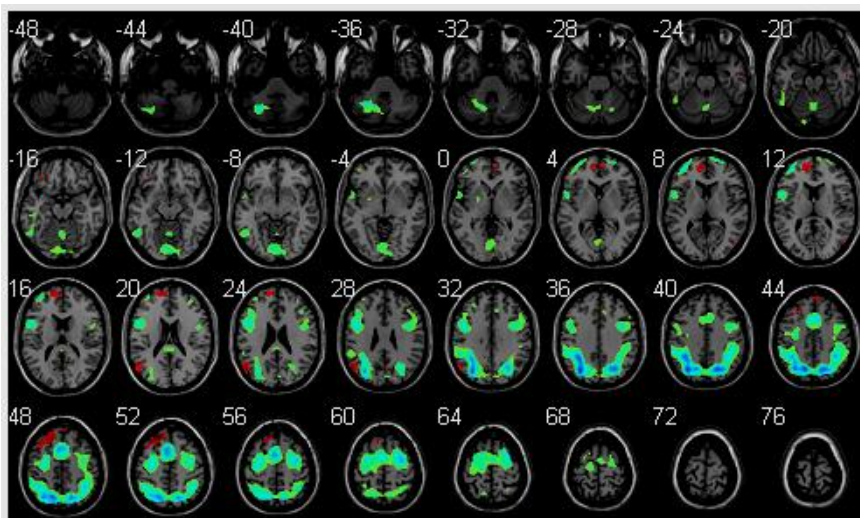
número que durante *sincro* e) que las zonas en *sara* predominan en el hemisferio izquierdo y se encuentran ubicadas en áreas frontales y parieto-occipatales mientras las zonas frontales-parietales activadas en *sincro* ocupan simétricamente ambos hemisferios. Estos resultados aún parecen más claros en los sucesivos cortes transversales presentados en la Tabla 5B

Tabla 5A. Áreas cerebrales activadas durante la imaginación musical, **en rojo** *sara > sincro* y **en verde** *sincro > sara*



De arriba a abajo y de izquierda a derecha vistas anterior-posterior, lateral derecha- lateral izquierda y superior-inferior.

Tabla 5B. Regiones cerebrales activadas -vistas en planos horizontales- durante la imaginación musical; **en rojo** contraste *sara > sincro* y **en azul** contraste *sincro > sara*;



De arriba a abajo y de izquierda a derecha y siguiendo el orden de la coordenada vertical z se presentan sucesivos planos transversales comenzando en planos tronco-cerebelosos (z=-48) hasta planos próximos al plano horizontal del cráneo superior (z=76).

En la Tabla 5C y 5D se presentan las regiones activadas separadamente en los contrastes *sara>incro* a la izquierda y *incro>sara* a la derecha en las que $FDR < 0,01$ (n° de clúster > 20)

Tabla 5C. Áreas cerebrales activadas durante la interpretación musical mostradas separadamente **en rojo**

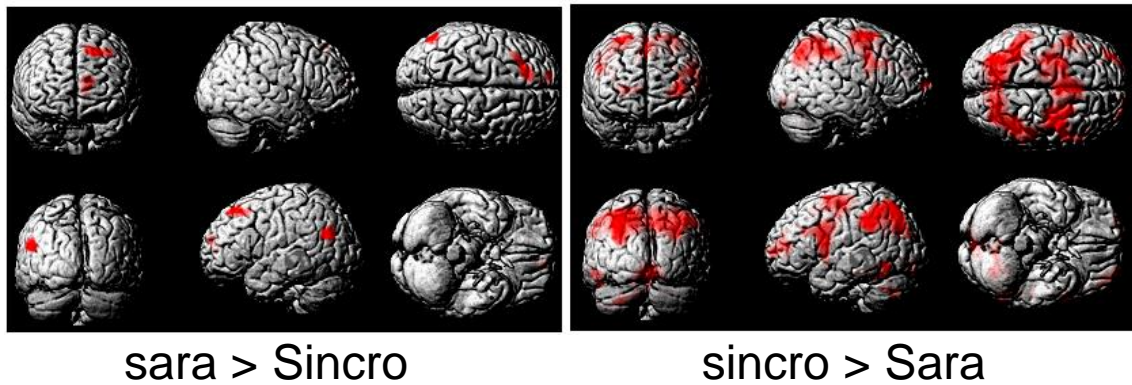
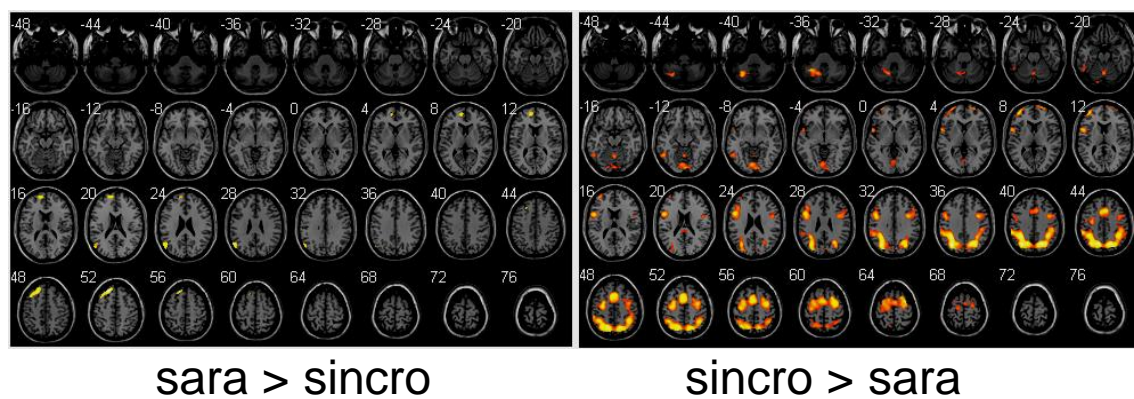


Tabla 5D. Planos horizontales en los dos contrastes; las áreas activadas aparecen en amarillo

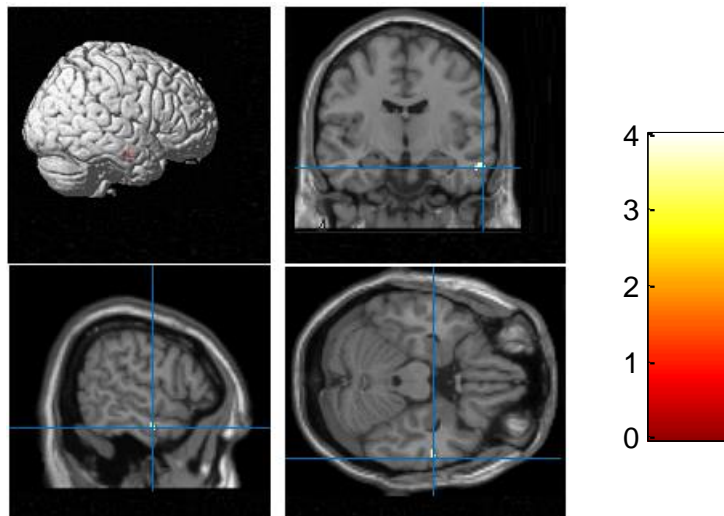


De arriba a abajo y de izquierda derecha y siguiendo el orden de la coordenada vertical z se presentan sucesivos planos transversales comenzando en planos tronco-cerebelosos ($z = -48$) hasta planos próximos al plano horizontal del cráneo superior ($z = 76$).

Resultados individuales del contraste *sara* > *sincro* en IMAGINERÍA MUSICAL

A continuación presentamos distintas tablas con los resultados/imágenes de la actividad de los clúster que resultaron estadísticamente significativos y por tanto con actividad funcional significativa en el contraste indicado ($FDR < 0,01$, n° de clúster > 20). Se han seleccionado aquellas imágenes donde mejor se muestran los clúster. Se indica la barra de colores con los valores del estadístico t. Para mayor comodidad, en las tablas después de las imágenes se muestran las regiones cerebrales con la **nomenclatura en inglés/latín** suministrada por el programa *xjview*; hemos indicado el hemisferio derecho (R) o izquierdo (L) afectado en cada caso.

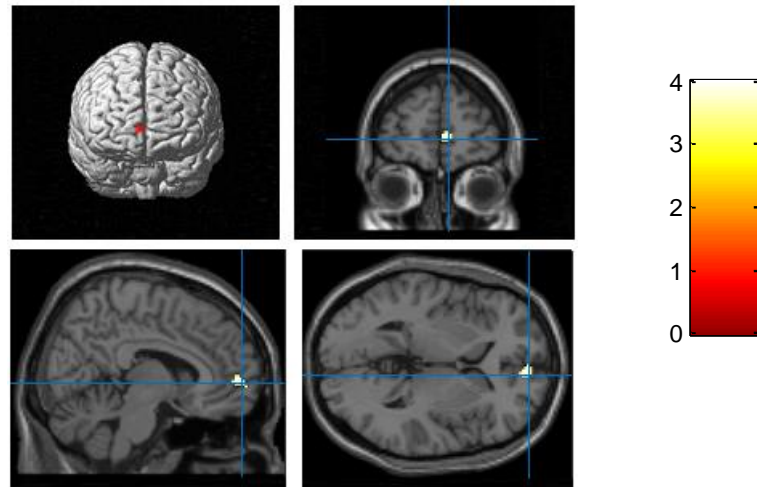
Tabla 6A. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (60 -10 -22).



Estructuras: Right Cerebrum, Temporal Lobe: Middle & Inferior Temporal Gyrus

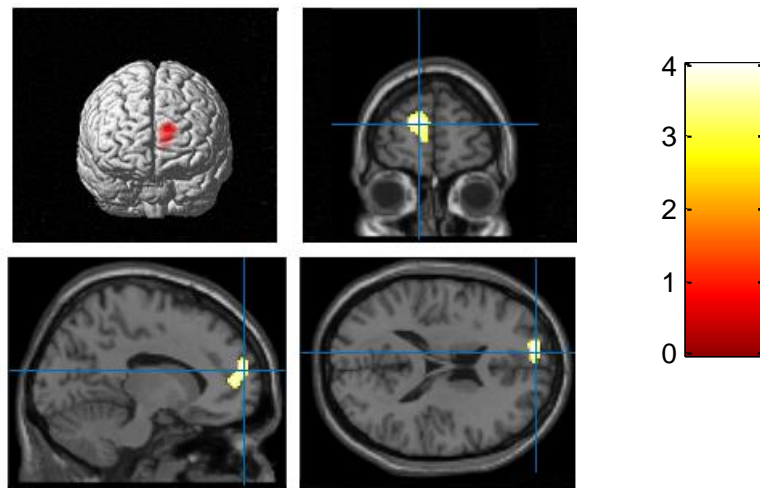
Áreas de Brodmann: BA21

Tabla 6B. Clúster activados en el contraste *sara > sincro* en las coordenadas (8 56 2).



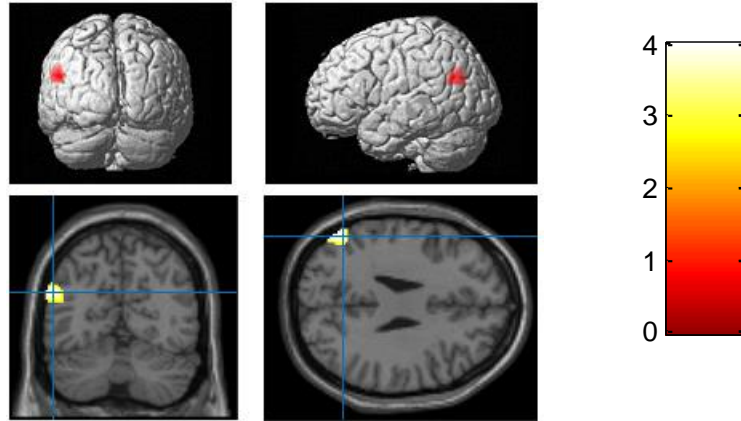
Estructuras: Right Cerebrum: Frontal Lobe Superior frontal gyrus, medial // Medial Frontal Gyrus // Áreas de Brodmann: BA10

Tabla 6C. Clúster activados en el contraste *sara > sincro* en las coordenadas (-12 58 18).



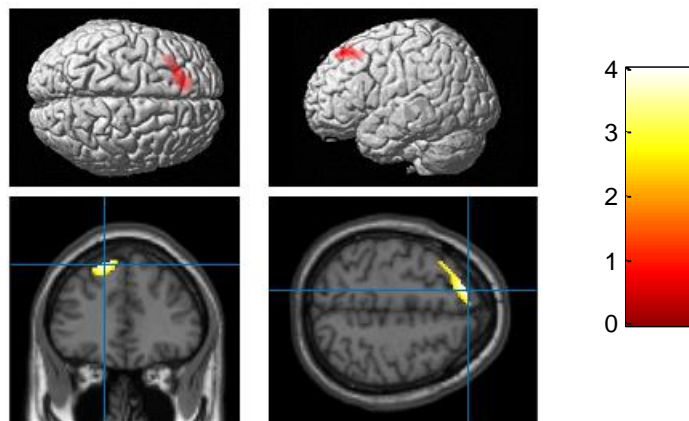
Estructuras: Left Cerebrum, Frontal Lobe, Medial Frontal Gyrus; Superior frontal gyrus, media; Superior Frontal Gyrus // Áreas de Brodmann: BA10

Tabla 6D. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (-54 -64 28).



Estructuras: Left Cerebrum,. Temporal Lobe: Angular gyrus ; Middle & Superior Temporal Gyrus // Áreas de Brodmann: BA39

Tabla 6E. Clúster activados en el contraste *sara* > *sincro* en las coordenadas (-16 36 54).

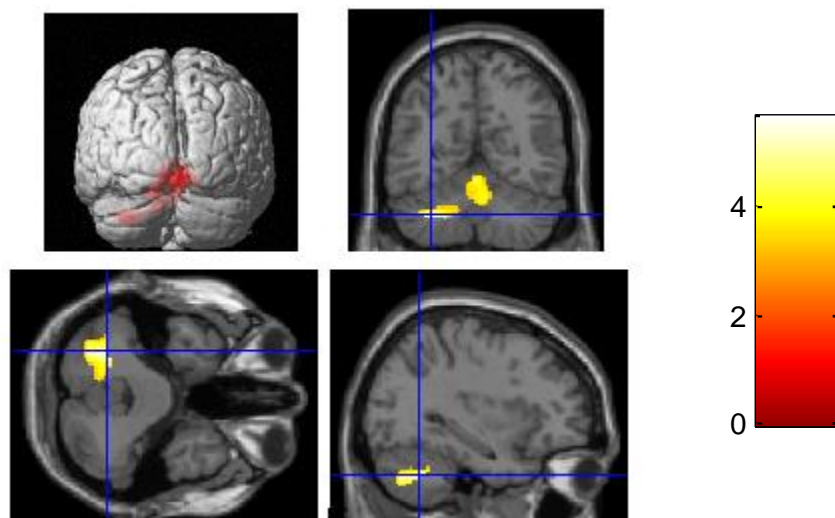


Estructuras: Left Cerebrum: Frontal Lobe, Superior Frontal GyruS, Superior frontal gyrus (dorsolateral part), Middle frontal gyrus. // Áreas de Brodmann: BA8

Resultados individuales del contraste *sincro* > *sara* en IMAGINERÍA MUSICAL

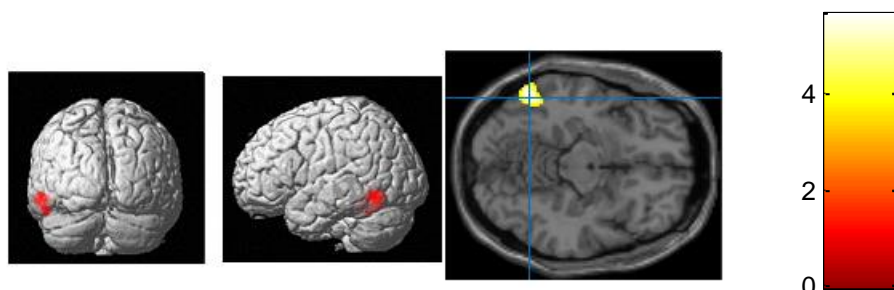
A continuación presentamos distintas tablas con los resultados/imágenes de la actividad de los clúster que resultaron estadísticamente significativos y por tanto con actividad funcional significativa en el contraste indicado ($FDR < 0,01$; n° de clúster > 20). Se han seleccionado aquellas imágenes donde mejor se muestran los clúster. Se indica en cada caso la barra de colores con los valores del estadístico t. Para mayor comodidad, en las tablas después de las imágenes se muestran las regiones cerebrales con la nomenclatura en inglés/latín suministrada por el programa *xjview* e indicando el hemisferio derecho (R) o izquierdo (L) afectado en cada caso.

Tabla 7A. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-32 -58 -38)



Estructuras: Left Cerebellum , Cerebellum Posterior Lobe; Cerebellum Anterior Lobe; Cerebellum_Crus1_L; Pyramis

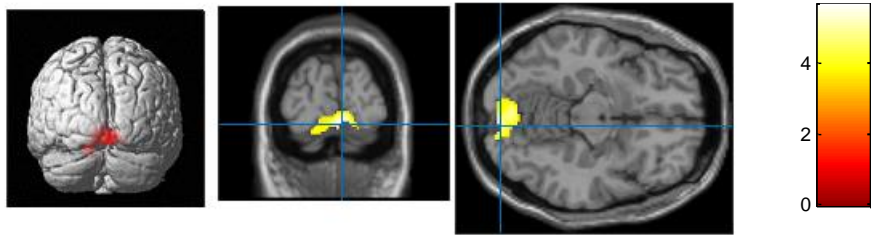
Tabla 7B. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-54 -60 -12)



Estructuras: Left Cerebrum, Inferior temporal gyrus ; Middle Temporal Gyrus

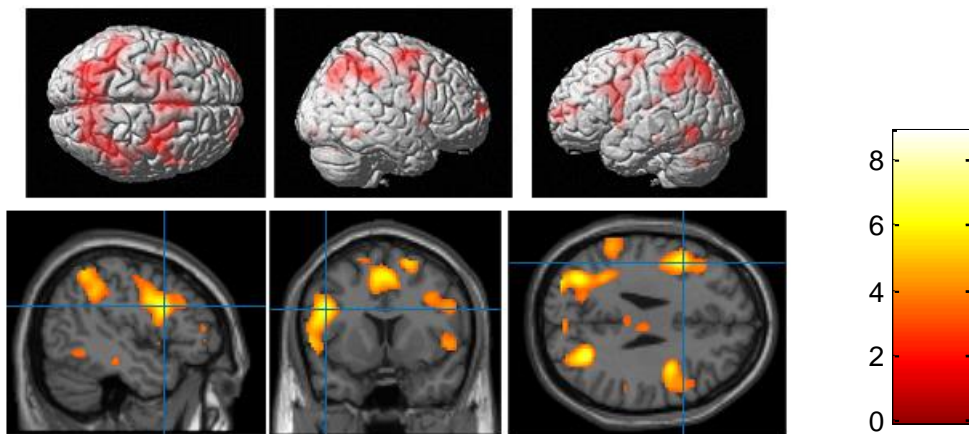
Áreas de Brodmann: BA37 BA19 BA20

Tabla 7C. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (6 -92 -12)



Estructuras: Occipital Lobe, Lingual Gyrus (L,R), Calcarine fissure & surrounding cortex (L)
 Áreas de Brodmann: BA18

Tabla 7D. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-46 10 28)



Estructuras: **Parietales:** Inferior & Superior Parietal Lobule , Superior parietal gyrus (R,L), Precuneus (R,L), Inferior parietal, Supramarginal gyrus (R,L), Angular gyrus (R,L),

Frontales: Superior & Middle & Medial & Inferior Frontal Gyrus (R,L), Inferior frontal gyrus, opercular part (R,L), Superior frontal gyrus, dorsolateral (R,L); Inferior frontal gyrus, triangular parte, Superior frontal gyrus, medial (R,L), Supplementary motor area (L), Precentral Gyrus (R,L), Postcentral Gyrus (R,L)

Limbic Lobe: Cingulate Gyrus

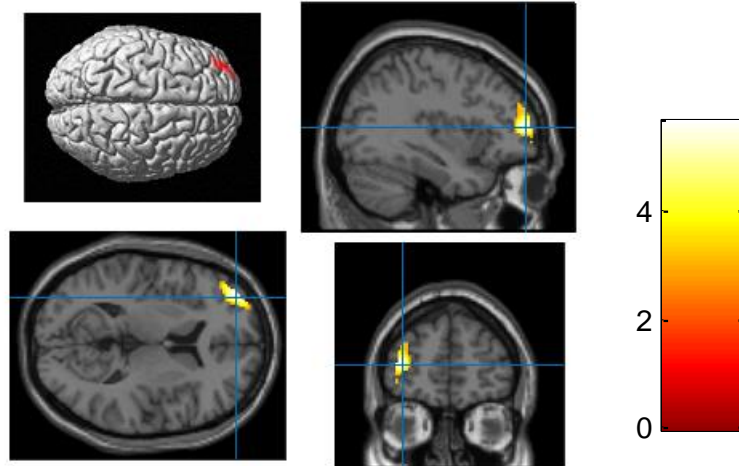
Occipital: Superior & Middle occipital gyrus (R), Cuneus (R,L)

Temporal: Superior(L) & Middle Temporal Gyrus,

Otras: Median cingulate & paracingulate gyri (R,L), Rolandic operculum & Paracentral lobule (L)

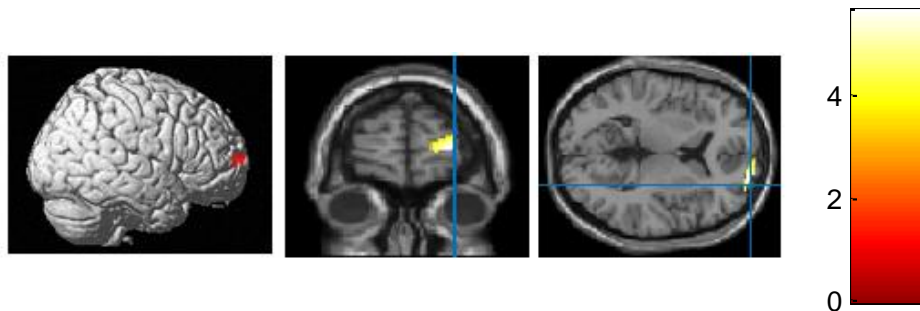
Áreas de Brodmann: BA7 BA6 BA40 BA9 BA32 BA19 BA2-3-4-8-39-44-22-24

Tabla 7E. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (-36 52 10)



Estructuras: Left Cerebrum, Frontal Lobe ,Middle & Superior Frontal Gyrus
Áreas de Brodmann: BA10

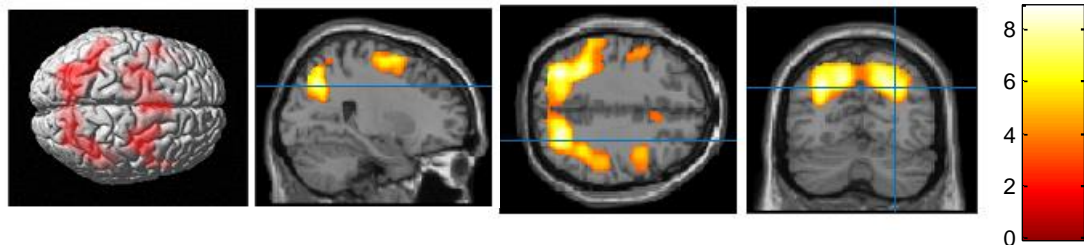
Tabla 7F. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (28 64 6)



Estructuras: Right Cerebrum, Frontal Lobe: Superior Frontal Gyrus (R), dorsolateral part
Superior Frontal Gyrus(R)

Áreas de Brodmann: BA10

Tabla 7G. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (26 -68 38)



Estructuras:

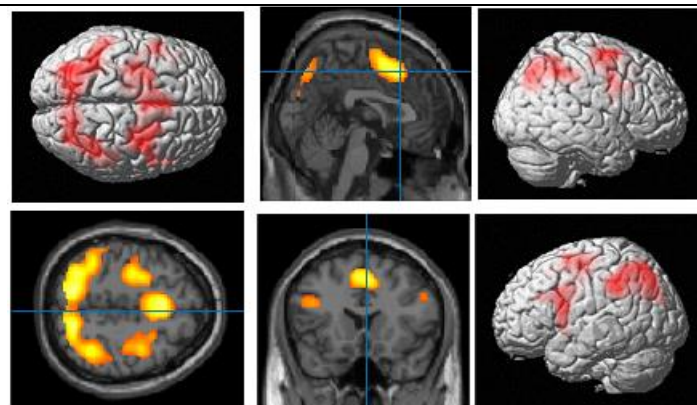
Frontales: Midd_R & Sup-dorsolat_L & Inf & Inf-operc_R & Sup Frontal Gyrus, Postcentral & Precentral Gyrus

Parietales: Parietal Lobule (Inf, & Sup), Parietal gyrus Superior & Inferior (R,L), Precuneus (L,R), Angular Gyrus_RL, Supramarginal Gyrus_RL

Occipitales: Superior occipital gyrus (Mid_RL, Sup_RL), , Cuneus_RL

Áreas de Brodmann: BA7 BA40 BA6 BA19 BA9 BA39 BA2

Tabla 7H. Clúster activados en el contraste *sincro* > *sara* en las coordenadas (2 18 50)



Estructuras: Frontales y Parietales de la imagen anterior ya las que hay que añadir la Supp_Motor_Area_LR y el Limbic Lobe & Middle frontal gyrus_L // Áreas de Brodmann: BA32 BA8 BA24

Resultados globales de los voxels ocupados por los clúster en la IMAGINERÍA MUSICAL

En las tablas que siguen se muestran los resultados -en los contrastes *sara> sincro* y *sincro>sara*- correspondientes al número de voxels ocupados por los clúster activados significativamente en el hemisferio derecho (HD) e izquierdo (HI) y los ocupados por la materia gris (MG) y materia blanca (MB)

Tabla 8A. Contraste <i>sara > sincro</i> : número total de voxels por hemisferios (derecho HD) e izquierdo (HI)		
CLUSTER	HD	HI
60 -10 -22	22	
8 56 2	42	
-12 58 18		344
-54 -64 28		301
-16 36 54		437
TOTALES	65	1082

Tabla 8B. Contraste <i>sincro > sara</i> : número total de voxels por hemisferios (derecho HD) e izquierdo (HI) así como los correspondientes a la materia gris (MG) y materia blanca (MB)		
CLUSTER	HD	HI
-54 -60 -12	524	
6 -92 -12	409	350
-46 10 28	8675	9787
-36 52 10		274
28 64 6	84	
26 -68 38	5106	4238
2 18 50	514	1437
TOTALES	15312	16086

En las figuras que siguen se han representados las áreas de Brodmann activadas en la imaginación musical en los contrastes considerados

Contraste *sara* > *syncro*

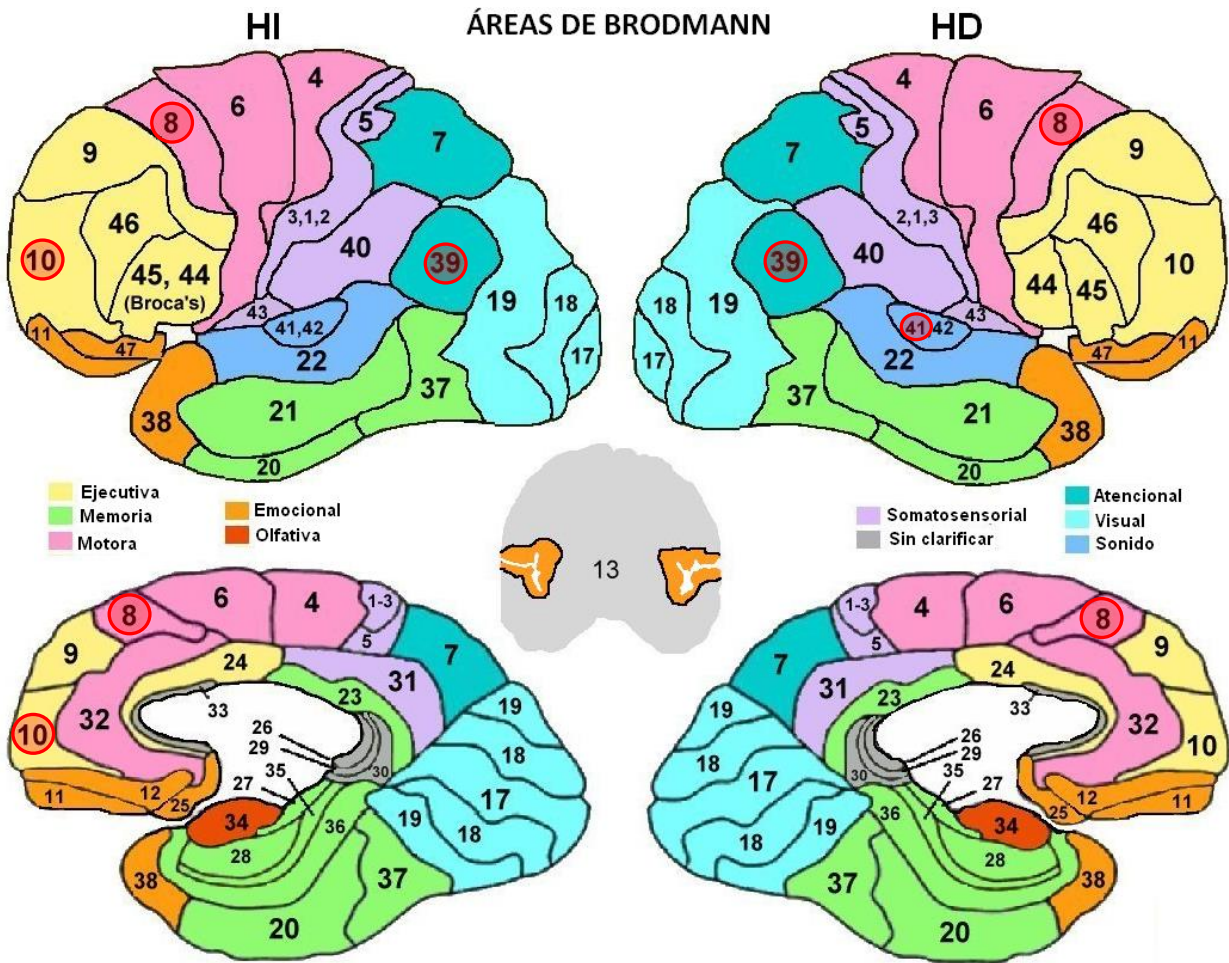


Figura 24. Áreas de Brodmann: se representan con círculos en rojo las áreas activada en el contraste señalado

Contraste *sincro* > *sara*

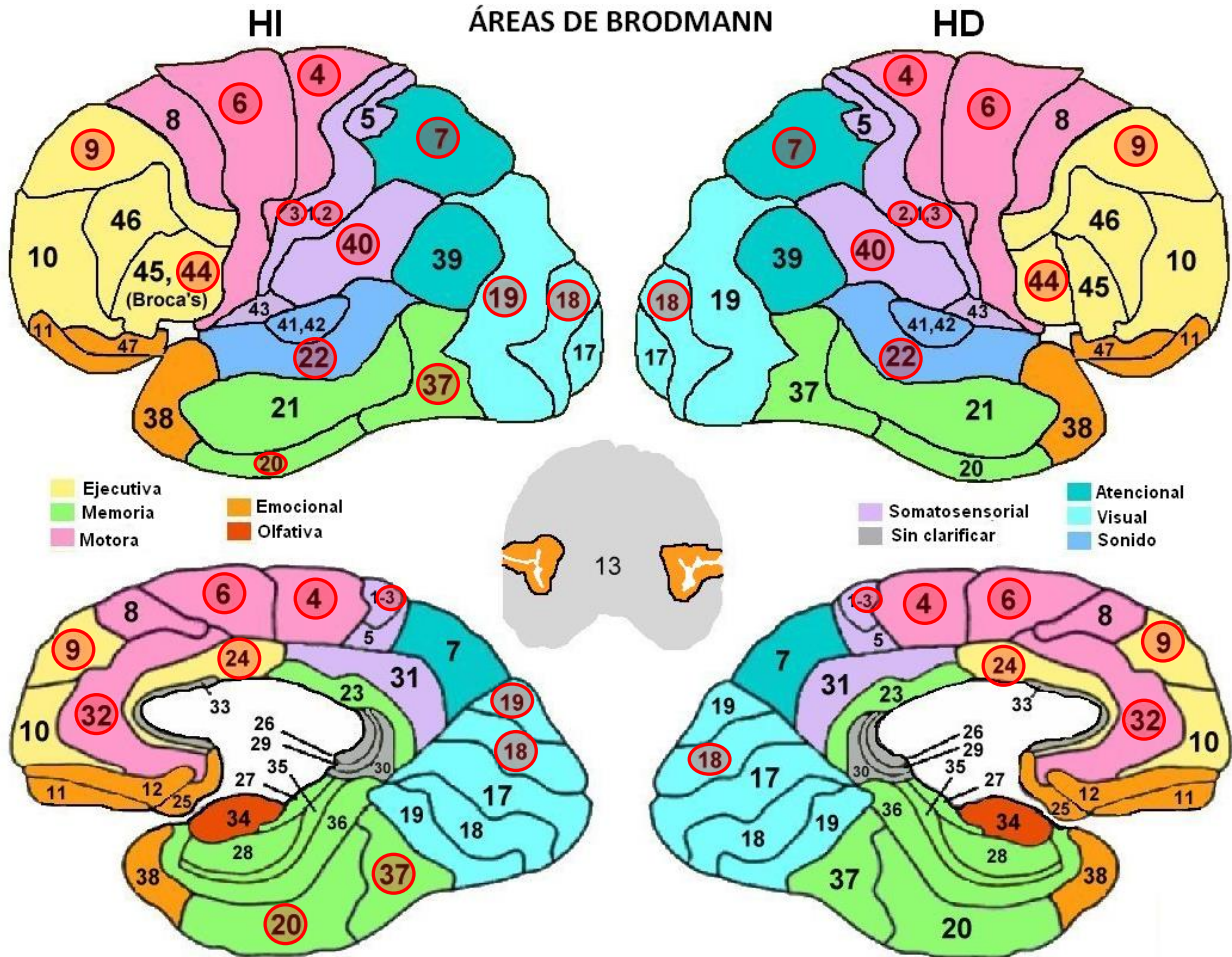


Figura 25. Áreas de Brodmann: se representan con círculos en rojo las áreas activada en el contraste señalado

RESULTADOS DEL EEG

Resultados de las medidas de conectividad funcional electroencefalográfica (EEG)

Todas las medidas de interdependencia/sincronización entre dos canales EEG para estimar la CF entre las zonas en que se encuentran situados los electrodos/canales se realizaron en la banda de frecuencia alfa por las razones ya explicadas en Materiales y Métodos. Por ello, antes de los análisis de conectividad, todos los EEG se filtraron digitalmente a través de un filtro paso-banda cuyos límites eran los de dicha banda. El filtro seleccionado (filtfilt de Matlab) no introducía variaciones de fase en las señales (cero phase shift band pass filter). Mediante el MANOVA se verificaba si el factor SIT (contraste entre las tres condiciones sara, sincro, repo) era significativo para el conjunto de todos los pares de canales (variable o factor de repetición PP) que eran 240 posibles. Es decir, si la CF global (media) entre todos los canales dependía de las situaciones de registro (sara, sincro, repo). Luego se verificaba si el factor SIT dependía de algunas parejas de canales en particular (contraste PP*SIT). El MANOVA luego se repetía de la misma manera pero para las parejas formadas por cada canal con el resto de ellos. Es decir, para estimar la conectividad funcional CF de cada zona cortical con el resto de zonas. Finalmente si alguno de los canales presentaba diferencias significativas para el factor SIT, se procedía por separado a un MANOVA entre pares de parejas de canales próximas y pares de parejas de canales lejanas.

Índice de pendiente de fase (PSI)

Resultados durante la interpretación musical: En el caso de la PSI el MANOVA arrojó resultados significativos para el contraste SIT del conjunto de todos los canales por lo que se procedió a analizar la conectividad global de cada canal por separado. Encontramos que el contraste SIT fue significativo ($p=0,026$) para la conectividad del canal Fp1 (frontopolar) con el resto de canales tal como se muestra en la figura 26, pero la interacción PP*SIT no resultó significativa. Esto quiere decir, que solo durante la interpretación de *sincro* se produjo una modificación de la sincronización de Fp1 con el resto, siendo positiva, indicando este resultado que la actividad alfa de Fp1 está adelantada con respecto a la del resto de los canales. Además, la sincronización de Fp1 con el resto de canales en *sara* no se diferenció de la que existía durante el reposo.

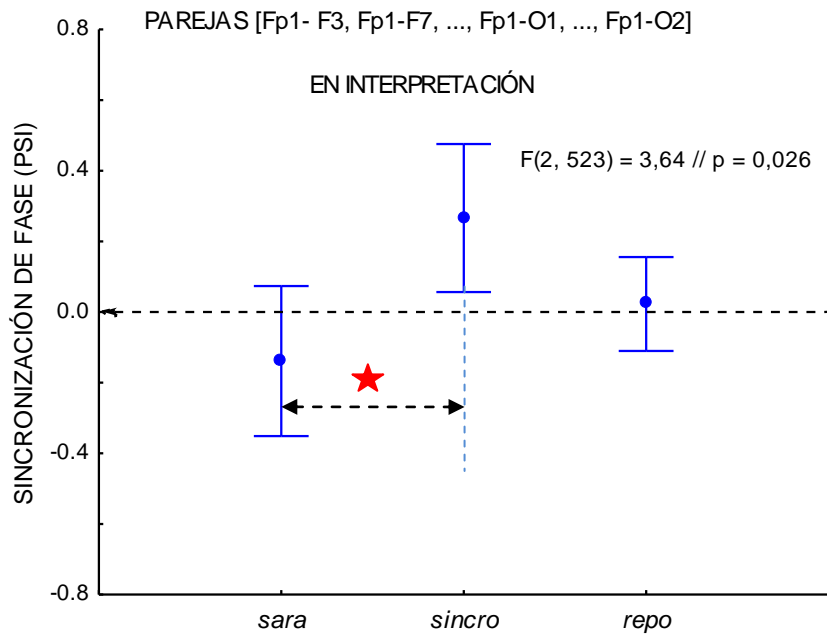


Figura 26. Magnitud (\pm 95% IC) del PSI del conjunto de parejas de canales indicadas. El test post-hoc de Bonferroni dió como resultado diferencias significativas sara-sincro con $p < 0,05$ *.

Considerando separadamente parejas de canales/electrodos próximos y alejados solo el par de parejas Fp1-O1 y Fp2-O2 resultó significativo (ver figura 27). Se comprueba que durante la interpretación de *sincro* la actividad alfa frontopolar está adelantada con

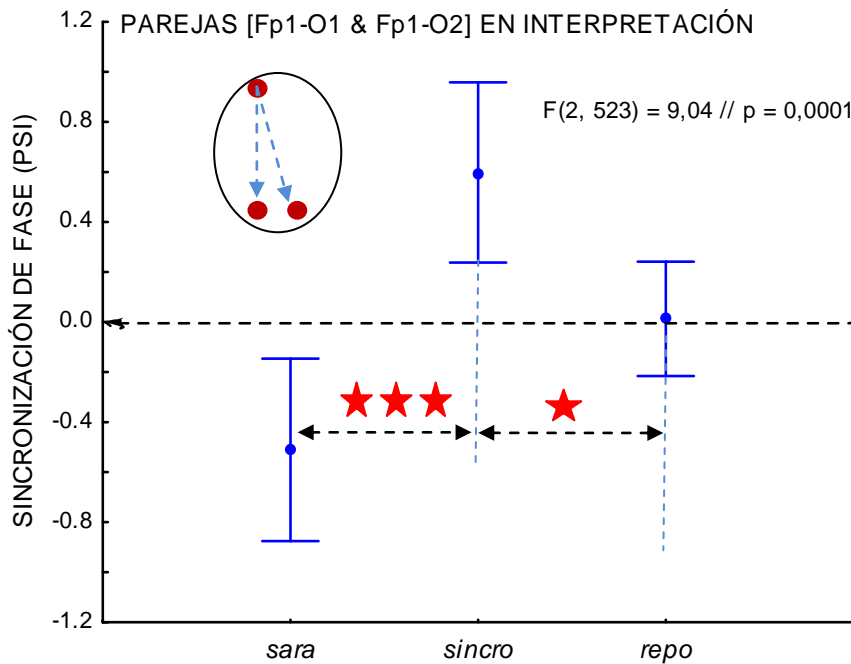


Figura 27. Magnitud (\pm 95% IC) del PSI del conjunto de parejas de canales indicadas. El test post-hoc de Bonferroni arrojó como resultado diferencias significativas *sincro-sara* con $p < 0,001$ *** y *sincro-repo* con $p < 0,05$ * 199

respecto a la occipital. La sincronización alfa fronto-occipital durante *sara* no se distingue de la de *repo*

El MANOVA para la conectividad PSI de O1 frente al resto también dio significativo para el factor SIT (está indicada en la Figura 28). Para O1, ocurre lo opuesto que para Fp1, aquí la actividad alfa de O1 está retrasada con respecto a la del resto de canales durante sincro; también durante sara y repo no aparecen diferencias en cuanto a retraso de fase.

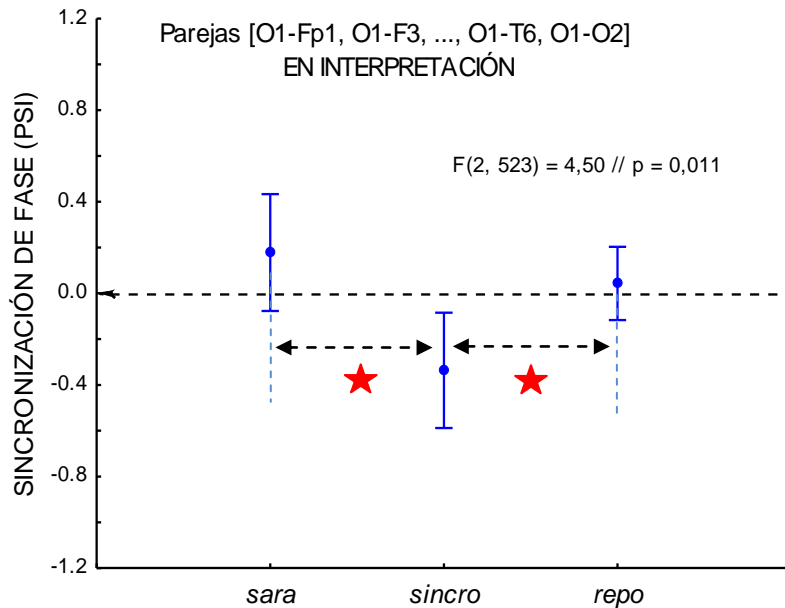


Figura 28. Magnitud (\pm 95% IC) del PSI del conjunto de parejas de canales indicadas. El test post-hoc de Bonferroni arrojó como resultado diferencias significativas *sincro-sara* con $p < 0,05$ * y *sincro-repo* con $p < 0,05$ *

El MANOVA para O2 frente al resto también dio significativo para el factor SIT y los resultados fueron similares a los obtenidos para O1 por lo que los obviamos. Por tanto existe una conectividad occipital (O1 y O2) estadísticamente significativa con el resto de las regiones que se pone de manifiesto durante la interpretación de sincro. En el caso de O2 encontramos interacción PP*SIT para las parejas alejadas O2-Fp1 y O2-F8 tal como se indica en la Figura 29 si bien aquí los resultados fueron más patentes al disminuir el número de comparaciones.

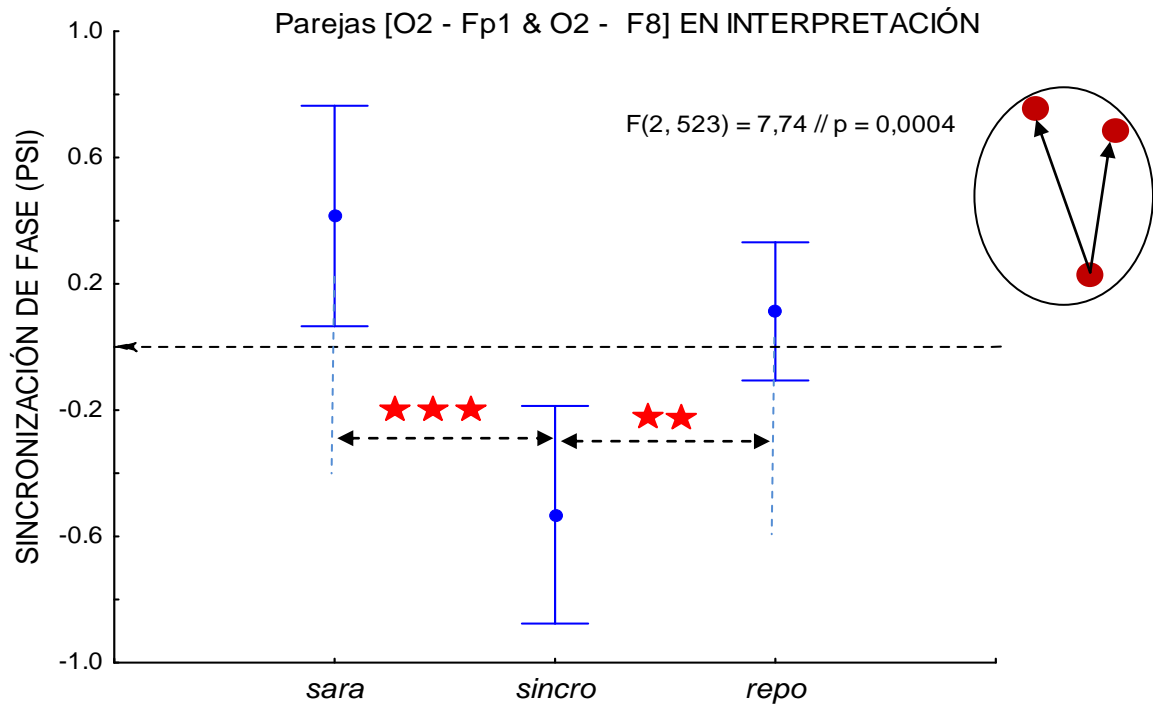


Figura 29. Magnitud (\pm 95% IC) del PSI del conjunto de parejas de canales indicadas. El test post-hoc de Bonferroni arrojó como resultado diferencias significativas *sincro-sara* con $p < 0,001$ *** y *sincro-repo* con $p < 0,01$ **

El análisis anterior se repitió con las PSI de las señales subrogadas y los resultados fueron en todos los casos negativos, esto es, en aquellos acoplamientos en los que se detectaron sincronizaciones PSI significativas, estas no aparecieron cuando la operación se repitió con las señales subrogadas.

Resultados del PSI durante la imaginación musical: No se encontraron sincronizaciones de fase PSI significativas en ningún caso.

Índice de sincronización no lineal generalizada media LM

La conectividad funcional entre canales/zonas corticales evaluada a través del índice de sincronización generalizada LM no arrojó resultados significativos ni durante la interpretación musical ni durante la imaginación musical en ninguna de las comparaciones SIT programadas.

Índice de sincronización no lineal asimétrica LD

Resultados durante la interpretación musical: Los resultados del MANOVA para el factor contraste SIT del conjunto de los canales fue significativo ($p < 0,01$). El MANOVA para la conectividad LD arrojó únicamente resultados significativos para el factor SIT de la sincronización de T6 frente al resto de zonas corticales (está indicada en

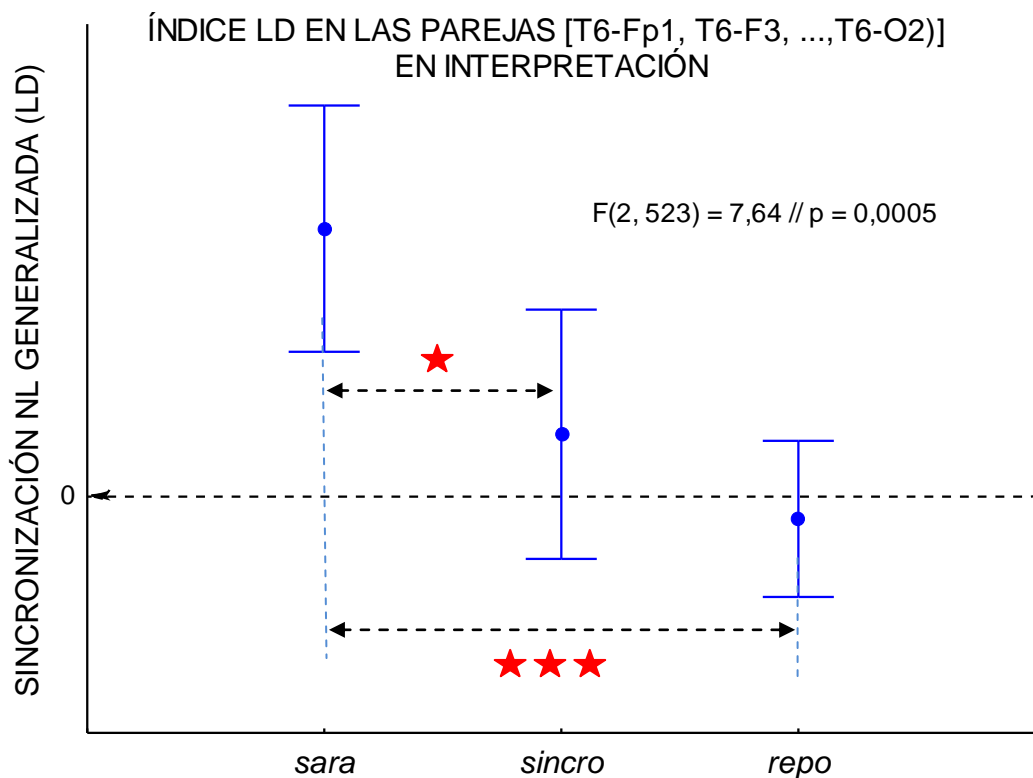


Figura 30. Magnitud (\pm 95% IC) del índice de sincronización generalizada LD del conjunto de parejas de canales indicadas. El test post-hoc de Bonferroni arrojó como resultado, diferencias significativas *sara-sincro* con $p < 0,05^*$ y *sara-repo* con $p < 0,001^{***}$

la Figura 30). Sin embargo no encontramos para T6 dependencia PP*SIT. Este resultado indica que la sincronización o CF de T6 (zona temporal-occipital derecha) con el resto de las zona/canales es significativamente distinta que la que tienen dichos canales con T6, es decir, la CF de T6 con el resto de áreas corticales es asimétrica

Resultados durante la imaginación musical: No se encontraron alteraciones significativas en las sincronizaciones generalizadas a través del índice LG entre ninguno de los canales durante la interpretación imaginada.

Índice de coherencia espectral en la banda alfa

Resultados durante la interpretación musical: Los resultados del MANOVA para el factor de contraste SIT del conjunto de los 240 canales fue significativo ($p < 0,001$). Los resultados se muestran en la figura 31. El MANOVA para las otras comparaciones programadas no arrojó resultados significativos en ningún caso. Por tanto la COH aumenta significativamente durante la interpretación musical tanto de la pieza sara como durante sincro.

Resultados durante la imaginación musical: No se encontraron alteraciones significativas en la coherencia entre ninguno de los canales durante la interpretación imaginada.

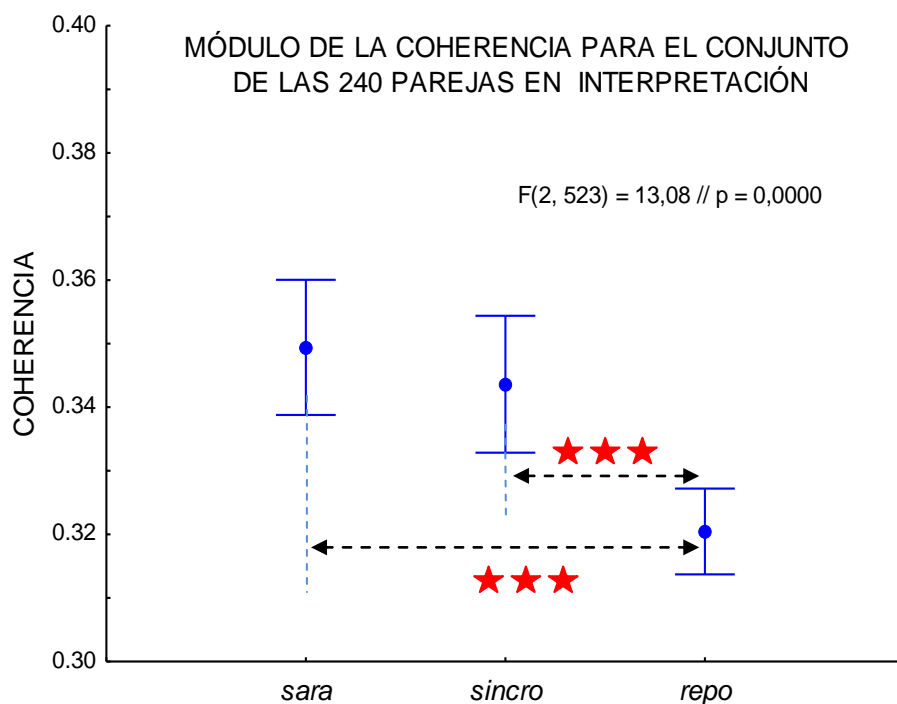


Figura 31. Magnitud (\pm 95% IC) de la COH en banda alfa del conjunto de parejas de canales indicadas. El test post-hoc de Bonferroni arrojó como resultado diferencias significativas *sara-repo* con $p < 0,001$ *** y *sincro-repo* con $p < 0,01$ ***

Discusión

I.- De los resultados de fMRI

Interpretación musical

Como hemos comentado en la introducción la interpretación musical de memoria involucra distintos centros/redes cerebrales que tienen que ver con aquellas funciones neurofisiológicas necesarias para el desarrollo de dicha actividad y que entre otras, estaría fundamentalmente aquellas relacionadas con la memoria, la actividad motora, la actividad ejecutiva, la actividad emocional y la actividad de comunicación. Pero en los instrumentistas profesionales, el proceso que en nuestra opinión va conformar de forma resolutiva su estructura/función cerebral, es el tiempo empleado en el aprendizaje y entrenamiento musical; y fundamentalmente el intervalo de tiempo en que está comprendido el mismo. Esto es así pues se sabe (Huttenlocher, 2002) que el periodo de tiempo crítico para el aprendizaje es aquel que va desde el inicio de los estudios musicales hasta la pubertad, ya que: a) es durante este periodo cuando se produce el máximo desarrollo de conexiones sinápticas -necesario para la estructuración y conectividad de las redes neuronales- y, b) que es a partir de la adolescencia cuando se inicia el proceso de reducción de su número por el mecanismo denominado de “poda sináptica”). Esto no quiere decir que el entrenamiento/aprendizaje en el periodo adulto no continúe conformando la estructura/función cerebral (de hecho la neurogénesis sigue produciéndose en los adultos aunque la sinaptogénesis se reduzca) sino que los mecanismos de neuroplasticidad cerebral hacen que el adulto necesite menor número de redes neuronales para la ejecución de tareas. Pero si su aprendizaje no se ha desarrollado/producido antes de la adolescencia, el experto instrumentista necesitará de una diferente activación o esfuerzo funcional-mental cerebral, como luego justificaremos a partir de los resultados que se expondrán con respecto a la interpretación de la música contemporánea.

En primer lugar, queremos resaltar que este trabajo es el primero que analiza diferencias entre la interpretación de música tradicional, anterior a 1970, y música nueva utilizando la técnica de la fMRI. Por ello, los resultados que hemos encontrados tenemos que contrastarlos con los descritos en otros contextos musicales que tengan algún tipo de similitud con el nuestro.

Durante la tarea de interpretación musical -cuando comparamos la interpretación de la obra tradicional (*sara*) con la interpretación de la contemporánea (*sincro*)- los resultados más patentes del análisis de fMRI, ponen de manifiesto que durante la interpretación de *sara* un número de alrededor de 10.000 vóxeles de agrupamientos/clúster cerebrales activados significativamente tuvieron una activación mayor que durante *sincro*; mientras que durante la interpretación de *sincro*, solo alrededor de 1.000 vóxeles del total de activados tuvieron una activación significativamente mayor que durante *sara*. Además, y en lo que se refiere a las diferencias entre hemisferios cerebrales (lateralización), durante *sara* hubo una predominancia en vóxeles activados del hemisferio derecho mientras que durante *sincro* el hemisferio predominante fue el izquierdo. Es sorprendente las diferencias cuantitativas y cualitativas en número de áreas activadas encontradas entre *sara* y *sincro*, pero las referidas a los hemisferios cerebrales parecen estar de acuerdo globalmente con las descubiertas a través de investigaciones realizadas desde el siglo pasado (Gates y Bradshaw, 1977); en las que se demostró que el hemisferio derecho estaba más relacionado con la melodía, la entonación, la expresión de la emoción y la afinación musical – cualidades más asociadas en nuestra opinión a la obra tradicional *sara*-. Mientras que al hemisferio izquierdo se le relacionó con las relaciones secuenciales y analíticas de la música -más asociadas en nuestra opinión a la obra contemporánea *sincro*-. El problema entonces radica en explicar las diferencias cuantitativas y cualitativas encontradas en la interpretación de ambas obras. Una primera explicación o efecto a tener en cuenta, sería que todos los expertos instrumentistas valorados en el presente trabajo han comenzado sus estudios desde muy temprano (alrededor de los 7 años) y en los conservatorios de música españoles, donde el aprendizaje se realiza siguiendo las pautas de la técnica tradicional adiestrándose a los alumnos con estudios y obras musicales del método tradicional. Además, este proceso se realiza durante su periodo de desarrollo (pubertad-adolescencia) en el que según ya comentamos, es cuando se generan los entramados neuronales de las zonas de integración neurofuncional –preferentemente en el lóbulo frontal (corteza prefrontal)-. Por el contrario, los profesionales evaluados en este trabajo, han iniciado su entrenamiento en música contemporánea en la mayoría de los casos después de finalizados sus estudios del conservatorio y por tanto ya en un periodo post-adolescente. Es por ello que si tenemos en cuentas estas consideraciones, es de esperar que las

respuestas cerebrales a la interpretación de *sara* sean más homogéneas entre el conjunto de instrumentistas, pues su cerebro ha sido entrenado más homogéneamente. Por tanto, el promedio de las imágenes fMRI en *sara*, presentan una menor variabilidad y exhiben en consecuencia mayor número de zonas de respuesta comunes, y por consiguiente un mayor número de vóxeles con activación mayor que en *sincro*. No ocurre así en la interpretación de *sincro*, esta pieza y su técnica no ha sido entrenada con el mismo tiempo, ni durante el mismo periodo que *sara*, y lo que es peor, su adiestramiento se ha efectuado en un periodo de menor conectividad sináptica. Esto hace que la respuesta cerebral a la interpretación de *sincro* sea más heterogénea entre los instrumentistas, y ello de como resultado una menor cantidad de zonas comunes de activación cerebral, por lo que el promedio de imágenes fMRI muestra solo un pequeño número de vóxeles con activación significativamente mayor que durante *sara* y aquellos procederán obviamente de zonas cerebrales de menor activación durante la interpretación de *sara*.

Entramos ahora a analizar las áreas concretas activadas en la interpretación en cada una de las piezas en comparación con la otra. Debemos en primer lugar comentar que en las comparaciones *sara*>*sincro* o *sincro*> *sara*, no se trata de cuantificar que áreas cerebrales se activan separadamente en cada situación sino comparar del total de áreas activada en ambas situaciones cuales tienen una activación mayor en *sara* con respecto a *sincro* y viceversa. Comenzamos analizando la situación en la que la activación las áreas cerebrales durante *sara* es mayor que durante *sincro* (contraste *sara*>*sincro*). Para una mayor claridad analizamos separadamente las zonas activadas en los distintos tipos de cortezas cerebrales y zonas no corticales:

Corteza sensorial: en la corteza sensorial primaria aparece activada la BA3 del hemisferio derecho en el giro poscentral del lóbulo parietal, la cual se encarga de recibir las sensaciones táctiles del lado contralateral del cuerpo, en nuestro caso la de los dedos de la mano izquierda de los chelistas, lo que parece concordante. Por otro lado, existe una participación/activación importante de la corteza sensorial secundaria como la BA 22 relacionada con la interpretación de los sonidos (Rauschecker y Scott, 2009) y las de la BA18 y 19 (occipitales-temporales), que relacionan la información visual recibida por el área visual primaria con experiencias visuales pasadas y por lo tanto, también concordante con la interpretación de memoria llevada a cabo por nuestros expertos

chelistas que han de actualizar/recuperar conceptos de su memoria antigua de largo plazo.

Corteza motora: la corteza motora primaria BA4 que controla los movimientos de la musculatura voluntaria del lado contralateral del cuerpo, tiene en nuestros expertos, una mayor activación en el hemisferio derecho que en el hemisferio izquierdo (en el giro precentral y poscentral del lóbulo frontal) quizás debido a que el control de los dedos (nuestros expertos eran todos diestros) en el violonchelo, se realiza con la mano izquierda. Por otro lado el área BA6, junto al área motora suplementaria, la corteza premotora y el giro frontal medial y cuya función es almacenar programas de actividad motora que resultan de la experiencia pasada y que se la asocia con la organización/planificación de los movimientos en los que intervienen estímulos auditivos, nuestros resultados muestran una importante activación tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, aunque en este en menor proporción. Su desarrollo y su tamaño están en relación con el aprendizaje motor temprano (Penhune y Doyon, 2002; Doyon et al., 2002) y por lo tanto, en consonancia con los resultados en nuestros chelistas que comenzaron su aprendizaje desde los 7 años. Tanto la BA4 como la BA6 han sido asociadas, en estudios de fMRI, con aquellos movimientos que requieren una gran precisión y variedad de acciones motoras complejas de gran destreza (Peretz y Coltheart, 2003) y en la programación de los movimientos, como ocurre en la coordinación de las dos manos (Gerloff, 1997; Schubotz, 2000) y quizás en nuestra opinión, podemos incluir el movimiento de la cabeza coordinado con el de las manos producido por nuestros chelistas en la interpretación, ya que los resultados apoyan estas consideraciones. También se ha encontrado que la interpretación del piano también activa estas áreas (Meister et al., 2004). En relación con las zonas analizadas debemos añadir que en nuestros expertos chelistas se produce además una activación del giro temporal superior (la BA41), la ya nombrada BA22, el giro supramarginal y también como hemos señalado de las áreas motora y premotora suplementarias; la activación de todas estas áreas también ha sido demostrada a través de fMRI durante la interpretación musical de pianistas con una sola mano (Bamger et al., 2006).

Corteza sensitivo-motora y cerebelo: En relación con las áreas sensoriales y motoras activadas en nuestro chelistas, debemos comentar que algunas concuerdan con las descritas en la interpretación y la ejecución de movimientos de expertos violinistas

versus amateurs (Lozte et al., 2003). En ese estudio se describe también la activación de áreas de la corteza sensorio-motora primaria, de los lóbulos parietales superiores (que nuestro estudio aparece activado esencialmente en la interpretación de *sincro*) y del hemisferio cerebeloso. Con respecto a esta parte del cerebro, se conoce que el cerebelo es un órgano integrador de la actividad sensitiva y motora para la coordinación de movimientos. Aparece en nuestro chelistas (en zonas tales como, el culmen, el declive, el caudado y el giro lingual) con una importante actividad en ambos lados del hemisferio cerebeloso durante *sara>sincro* y por tanto, en coincidencia también con lo reportado en los violinistas expertos.

Otras áreas involucradas en la interpretación de nuestros expertos chelistas han sido: la BA37, que es una parte de la corteza temporal próxima a la occipital y se la relaciona con asociaciones léxico-semánticas. Se activa en la interpretación pianística con lectura de las notas (Meister et al., 2003), lo cual no ocurre en nuestro paradigma por lo que no encontramos en nuestro estudio una justificación de su activación. Igualmente la activación de la BA 31 (zona dorsal cingular posterior) que aparece activada en nuestro estudio en *sara>sincro*, no aparece consignada en los estudios ni de interpretación ni imaginación musical consultados.

Finalmente otras de las áreas intracorticales que resultaron muy activadas durante *sara>sincro* fueron: la ínsula - BA43 y la BA13 (parte posterior de la ínsula) y las áreas límbicas y paralímbicas (amígdala, hipocampo, tálamo y cuerpo caloso), alguna de ellas se las ha relacionado con la empatía y las situaciones emocionales del músico instrumentista (Clarka et al., 2014); situaciones claramente asociadas a la interpretación de los clásicos, por lo que nos parece concordante con las activaciones encontradas por nosotros en estas zonas.

En relación con la interpretación de *sincro* cuando comparamos las áreas que se activan en la condición *sincro> sara*, el área que en mayor medida aparece activada es la BA7 del hemisferio izquierdo, correspondiente al área sensorial secundaria (en el lóbulo parietal, área denominada precuneus en el lóbulo parietal inferior). Esta área es más pequeña que el área sensorial primaria, y se sabe que trabaja en conjunto con el área sensorial primaria, también que juega un papel en la coordinación visual-motora, aspectos de la localización del tacto y de la exploración manual activa (Mesulam, 2000).

Es evidente que la interpretación contemporánea tiene algo que ver con dichos aspectos sobre todo en relación con el movimiento del arco y su posicionamiento, el cual resulta más complicado y menos estructurado que en la técnica tradicional, además de ser menos predecible. Tal como observamos en el enfoque musicológico, en muchas de las obras contemporáneas analizadas aparecían muy a menudo transiciones que comportaban movimientos de coordinación complejos, por ejemplo en mano derecha: arco → *pizzicato*; o en mano izquierda: digitado ordinario → percusión batidor. En definitiva, los movimientos resultan diferentes a los de la dinámica corporal de la técnica tradicional y comportan una coordinación precisa que busca como fin último no influir negativamente en la fluidez de la interpretación e idea musical de la interpretación y una correcta acción.

Otras áreas que aparecen activadas en *sincro>sara* son las BA10 y en menor proporción la BA9 del hemisferio izquierdo en la corteza prefrontal, que como se sabe es una corteza muy desarrollada en el hombre y se la relaciona con procesos mentales superiores entre los que destaca el juicio, el razonamiento y la voluntad. Pensamos que la interpretación contemporánea exige un mayor esfuerzo mental que la tradicional por varias razones: en primer lugar, hay que tener en cuenta que el cerebro musical de nuestros chelistas (y en general los de la mayoría de la población mundial aficionada a la música) se configura escuchando/aprendiendo música tonal o modal, y sólo a partir de cierta edad se escucha o interpreta música contemporánea, por lo que los intérpretes no desarrollan la misma capacidad de automatizar el procesamiento de esa música, es decir, los intérpretes no son "bilingües" armónicamente hablando, por eso la música contemporánea exige un esfuerzo más consciente a la hora de procesarla y en consonancia una intensificación de los procesos mentales superiores (juicio, voluntad, razonamiento). Tiene también algo que ver con las activaciones de la BA9 y BA10 con lo ya comentado al principio relativo a la menor experiencia de largo plazo que reciben nuestros chelistas en los conservatorios con respecto a la técnica contemporánea. En segundo lugar, la obra contemporánea comporta además procesos complejos de composición. En la introducción nombramos resumidamente algunas técnicas de composición como la serial, aleatoria, etc. Las cuales son utilizadas por los compositores y que plasman en sus obras. Estas incluyen la impredecibilidad tonal, la atonalidad, efectos sonoros discordantes y otros elementos que necesitan de un esfuerzo

mental adicional pues el instrumentista tiene que descifrar lo escrito en la partitura y luego interpretarlo y, su experiencia cerebral subyacente en este campo, no alcanza para facilitarle la interpretación consciente de estas cualidades sonoras nuevas. Finalmente, aparecen activadas de forma importante áreas zonas del lóbulo parietal concretamente del giro parietal superior posiblemente justificadas por la ejecución de movimientos complejos como ocurre en los expertos violinistas en la interpretación con ambas manos (Lozte et al., 2003).

Imaginería musical

En cuanto a los experimentos de interpretación imaginada los resultados en relación con el nº de clusters activados en el contraste *sara* > *sincro* muestran que dicho número (alrededor de 1.000) es menor que en el contraste *sincro* > *sara* (alrededor de 16.000), justo lo opuesto a lo que ocurría en dichos contrastes durante la tarea de interpretación. Y además en *sara* > *sincro*, es el hemisferio derecho el que predomina (mayor nº de clusters) igual que ocurría en interpretación; sin embargo, en *sincro* > *sara* ambos hemisferios presentan un nº de clusters activados grande pero similar entre ellos. No encontramos en la literatura estudios similares para comparar estos resultados, no obstante una explicación de estos efectos podría estar en considerar que la imaginación de la interpretación de *sara* no requiere de un gran esfuerzo de activación cerebral pues las redes neuronales están suficientemente entrenadas para el uso de la técnica tradicional. En efecto, se sabe que el entrenamiento musical modifica las zonas de activación cerebral para distintas tareas musicales de audición e interpretación pues remodela la conectividad entre redes entre otros efectos (Gaser y Schlaug, 2003; Seung et al., 2005) y es claro, como ya hemos comentado, que el entrenamiento integral de nuestros chelistas ha sido más duradero para *sara* que para *sincro*. Por tanto, la imaginación de la interpretación de *sara* no requiere una intensificación de las zonas cerebrales requeridas para ello, al menos con la intensidad con la que tuvieron que desarrollar cuando tuvieron que interpretarla de forma real.

La cuestión a resolver es ¿porqué en la imaginería musical las áreas activadas durante *sincro* es mayor que durante *sara*?. A ello responderíamos de acuerdo con lo comentado en el análisis de la interpretación, y es que la imaginación de la interpretación de *sincro*

requiere el planeamiento de mayor nº de áreas sensoriales, motoras y de la memoria para aproximarse mentalmente a su interpretación; cuestión que no es necesaria en la imaginación de la interpretación de *sara*, pues la técnica tradicional está más incorporada en la estructura y funcionalidad de las redes neuronales de los expertos chelistas. En el trabajo de los violinistas de Lotze et al., 2003 encontraron que en la imaginación de la interpretación de una pieza de Mozart los amateurs tuvieron una mayor extensión de áreas de activación que los profesionales, los autores concluyen que una prolongada formación musical (o motora) se asocia con una mayor eficiencia, menor esfuerzo, y un aumento de la espontaneidad y la flexibilidad en la transferencia de habilidades, con respecto a los diferentes entornos y demandas de la tarea. En nuestro estudio la respuesta cerebral por nuestros chelistas a la imaginación de *sincro* sería por tanto equivalente a las de los amateurs inexpertos imaginando tocar la obra de Mozart. En resumen el cerebro de nuestros chelistas se comporta como “amateur” en la interpretación imaginada de *sincro* y por ello la activación de sus áreas cerebrales es mayor en nº e intensidad de activación que en *sara*.

Si pasamos ahora el análisis pormenorizado de cada situación y empezando por la *sara* imaginada, vemos que durante esta tarea aparecen activadas más que en *sincro*, las siguientes áreas/zonas cerebrales:

a) El área BA39 (en el giro temporal superior y medial del lóbulo temporal –corteza asociativa auditiva- y en la zona del hemisferio izquierdo), está relacionada con la conexión entre centros de lenguaje y corteza visual, lo cual parece concordante con la actividad de nuestros chelistas en esta situación, pues la técnica expresiva de movimiento de arco, esto es, la psicomotricidad fina (afinación vibrato) la deben recordar visual y estructuralmente de forma más pormenorizada que en *sincro* para seguir/interpretar el ritmo y las relaciones secuenciales de la obra, cualidades propias del hemisferio izquierdo como hemos comentado. Por otro lado, ya mencionamos en la introducción que las regiones cinturón y peri-cinturón de la corteza auditiva donde se encuentra ubicada esta área parecen ser reclutadas de manera consistente cuando las personas realizan tareas específicas de imaginación interpretativa (Zatorre y Halpern, 2005; Herholz 2008).

b) El área BA10 con parecida extensión e intensidad en ambos hemisferios (su significado ya fue comentada en la interpretación de *sincro*) justificada aquí quizás por el esfuerzo mental que deben realizar los chelistas para una interpretación de mayor exactitud en *sincronía* y ritmo que la *sincro*.

c) El área frontal BA8 (justo anterior del área premotora BA6) aparece claramente activada. Esta zona se la ha relacionado con la incertidumbre o la expectativa por la incertidumbre (Chew and Ho, 1994) y en nuestro estudio se podría justificar por el hecho de que en la interpretación imaginada al no tener el chelista ni partitura que ver ni instrumento que tocar, ello podría desencadenar efectivamente un nivel importante de incertidumbre quizás superior que en *sincro* obra de más libertad interpretativa y por tanto comparativamente de menor exigencia formal.

Durante la imaginación de *sincro* son numerosas las zonas que aparecen significativamente activadas con mayor extensión e intensidad que durante la imaginación de *sara*. Una gran cantidad de ellas son análogas a la activadas en la interpretación real de *sara*, y ello es así debido a la inexperiencia con respecto a la técnica contemporánea, esto es, el chelista al imaginar *sincro* debe activar su cerebro como si se tratara de realizar una tarea más próxima a la interpretación real que cuando imagina interpretar *sara* pues esta obra está muy asentada en sus redes/circuitos cerebrales y por tanto le es más fácilmente reconocible por lo que necesita menor esfuerzo cognitivo. Esta interpretación la justificamos porque, como se observa en los resultados, en la imaginación de *sincro* varias áreas activadas son coincidentes con las activada en la interpretación real de *sincro* (BA7, BA9 y BA10), otras con la interpretación real de *sara* como lo son las áreas BA3, BA4, BA6, BA18, BA19, BA6, BA9, BA22 y la parte izquierda del lóbulo cerebeloso y finalmente otras son comunes con la imaginación de *sara*>*sincro* (BA39, BA10, BA8) posiblemente por estar en hemisferios distintos. Aparecen alguna áreas nuevas como la BA2 de la corteza sensorial primaria posiblemente asociada a la sensibilidad correspondiente a las manos-dedos, la BA32 subcortical de función no muy conocida y, la BA44 en el giro cingulado e hipocampal posiblemente relacionada con el sistema límbico y por tanto justificable su activación por su componente emocional.

De los análisis anteriores se desprende que la imaginación y la interpretación motora activan algunas estructuras neuronales similares lo que apoya investigaciones anteriores a este respecto (Jeannerod, 1995). En efecto tanto durante la interpretación de *sara* como durante la imaginación de *sincro* se activan las áreas motoras BA4, BA6 y BA7, el área motora suplementaria, la corteza premotora y el cerebelo en concordancia con estudios de fMRI previos (Lotze et al., 1999; Langheim et al., 2002) aunque la participación de la corteza motora primaria difieren según los estudios (Porro, 1996; Lotze, 1999), en nuestro estudio también durante interpretación e imaginación se activan áreas sensitivo-motoras como la BA2, BA3 y BA7 en desacuerdo con otros autores (Langheim et al., 2002). Además, nosotros solo encontramos activación del área asociativa auditiva BA40 durante la imaginación de *sincro* en desacuerdo con otros autores (Meister et al., 2004) que también la encontraron durante interpretación de otras obras. Debemos decir que estas comparaciones hay que analizarlas con cautela porque si bien ciertas áreas sensoriales y motoras pueden ser comunes en la interpretación con instrumentos distintos también hay que considerar que analizamos obras diferentes ejecutadas con distintos instrumentos lo que puede añadir complejidad a las comparaciones.

En conclusión el cerebro de los expertos chelistas responde de diferente manera en la interpretación de la obra tradicional *sara* que en la obra contemporánea *sincro*. Lo mismo ocurre durante la interpretación imaginada de ambas obra. Así, mientras la interpretación real de *sara* el número de áreas activadas es mayor que en la interpretación de *sincro*, en la interpretación de *sincro* solo unas pocas áreas del conjunto tienen mayor actividad que en *sara*. Durante la interpretación imaginada ocurre prácticamente lo contrario aunque no todas las áreas activadas son coincidentes. Hemos justificado en cada tarea las activaciones de las áreas concretas en función de su funcionalidad neurofisiológica y neuropsicológica atribuida por la literatura y su relación con las cualidades de la obra, la actividad sensorial, motora, ejecutiva y memorística que se supone debe desarrollar el chelista en cada obra y con su experiencia alcanzada a lo largo del tiempo en la técnica tradicional y contemporánea.

II. Del análisis electroencefalográfico.

A. De la *sincronización* de fase

Mientras durante la interpretación de *sara* la *sincronización* entre las distintas áreas corticales no se diferencia de la existente en los registros de reposo, durante la interpretación de *sincro* se produce una modificación de la *sincronización* alfa y ello ocurre en dos casos: a) para la *sincronización* existente entre el área frontopolar (Fp1) con el resto de zonas corticales en la que la actividad alfa de Fp1 está adelantada con respecto a la actividad alfa del resto de las áreas, además este efecto es especialmente significativo para la *sincronización* fronto-occipital (Fp1-O1, Fp1-O2); b) para la *sincronización* existente entre el área occipital (tanto de O1 como de O2) con el resto de zonas corticales y en la que la actividad alfa de O1/O2 está retrasada con respecto a la actividad alfa del resto de las áreas; aquí aparece destacable la *sincronización* de O2 con Fp1 y O2 con F8. En definitiva, los efectos más importantes ocurren entre las áreas frontales y occipitales. Dado que no existen estudios de este tipo en la literatura con los que contrastar estos resultados, solo podemos comparar estos resultados con los obtenidos de fMRI durante la interpretación *sincro*; en esta condición encontramos una activación importante de las áreas frontales 9 y 10 (áreas relacionadas con los procesos mentales superiores) por lo que podríamos atribuir a la intensificación del esfuerzo mental durante la interpretación de *sincro* la que esté debajo de las modificaciones de la *sincronización* alfa fronto-occipital.

B. De la *sincronización* generalizada

En este caso, los resultados muestran que es durante la interpretación de *sara* cuando únicamente encontramos una diferencia (con respecto a la situación de reposo) en la asimetría de la *sincronización* alfa del área temporo-occipital derecha T6 con el resto de las áreas corticales. Tampoco aquí podemos comparar este resultado pues no existen trabajos con esta técnica. Con respecto a fMRI las áreas próximas a T6, BA37 y BA19 tienen efectivamente una activación importante durante la interpretación pero desconocemos una posible relación entre la funcionalidad de estas áreas con la *sincronización* alfa.

C. De la coherencia espectral

Aquí el principal resultado fue un incremento con respecto a reposo en todas las parejas de canales de la coherencia alfa tanto durante la interpretación de *sara* como de la de *sincro*. Tampoco existen trabajos de interpretación musical en los que se cuantifique la coherencia en banda alfa. En audición musical si se han descrito cambios en la coherencia alfa en determinadas zonas corticales (Petsche, 1995) pero no son comparable a los encontrados por nosotros.

CONCLUSIONES

1. Durante la interpretación musical con un violonchelo preparado de la obra tradicional encontramos que el número de agrupamientos o clúster cerebrales activados significativamente fue superior al que se obtuvieron durante la interpretación de la pieza contemporánea. Además en la obra tradicional hubo una predominancia en vóxeles significativamente activados del hemisferio derecho mientras que durante la contemporánea el hemisferio predominante fue el izquierdo. Consideramos estos hallazgos asociados al mayor entrenamiento musical dedicado en los conservatorios a la técnica tradicional que a la técnica contemporánea
2. Durante la interpretación de la obra tradicional las áreas más activadas que en la contemporánea fueron:
 - a) las áreas sensoriales BA3 del hemisferio derecho justificada por la sensibilidad táctil de los dedos de la mano, la BA22 por la interpretación sonora y las BA18 y 19 por la memorización visual de la partitura.
 - b) las activaciones motoras BA4 preferentemente izquierda justificada por los movimiento de dedos, brazos y cabeza, la BA6, el área motora suplementaria, la premotora y el giro frontal medial, por la organización y planificación de los movimientos motores necesarios para la interpretación
 - c) importante zonas de los hemisferios cerebrosos justificadaa por la coordinación sensitivo-motora de los movimientos.

- d) en la ínsula la BA43 y la BA13 (parte posterior de la ínsula) y varias áreas límbicas justificadas por las situaciones emocionales que acompañas preferentemente la interpretación de los clásico
3. En la interpretación de la obra contemporánea las áreas más activadas que en la tradicional fueron:
- a) La sensorial BA7 justificada por la coordinación visual-motora, aspectos de la localización del tacto y de la exploración manual activa
 - b) Las BA9 y BA10 en corteza prefrontal por las exigencias mentales para la interpretación y el giro parietal superior por la ejecución de movimientos complejos con ambas manos
4. Mientras en la interpretación tradicional se activan áreas ligadas a la actividad emocional en la interpretación de la contemporánea predominan las áreas asociadas más a la actividad mental superior
5. En la interpretación imaginada de la obra contemporánea encontramos que el número de agrupamientos o clúster cerebrales activados significativamente fue superior al que se obtuvieron durante la interpretación de la pieza tradicional. Achacamos este resultado al mayor esfuerzo sensitivo-motor y emocional que se debe desplegar en la imaginación de la obra contemporánea pues la tradicional está más integrada cerebralmente tal como consideramos en la conclusión 1
6. La conectividad funcional estimada por sincronización de fase electroencefalográfica en la banda alfa se modificó (con respecto a la tradicional y el reposo) entre las zonas fronto-occipitales durante la interpretación de la obra contemporánea, mientras que la interpretación de la tradicional no modificó este índice con respecto al reposo.
7. La conectividad funcional estimada por la coherencia espectral en banda alfa entre todas las áreas corticales fue superior con respecto al reposo tanto durante la interpretación de la obra tradicional como de la contemporánea; entre estas no se encontraros diferencias.

8. La interpretación imaginada no arrojó modificaciones detectables de los índices de conectividad funcional electroencefalográfica computados en la banda alfa.

❖ Bibliografía enfoque Musicológico

Libros y artículos

- Bosanquet, RC. (1996). *The Secret Life of Cello Strings (Harmonics for Cellists)*. Cambridge: SJ Music.
- Dick, R. (1975). *The Other Flute, a Performance Manual of Contemporary Techniques*. New York: Oxford University Press.
- Dona, M. (2008). *Filosofía de la Música*. Barcelona: Global Rhythm Press.
- Fallowfield, E. (2010). *Cello Map, a handbook of cello technique for performer and composers*. □ Ph.D. thesis, University of Birmingham.
- Gardner, H. (2003). *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Gauldin, R. (2009). *La práctica armónica en la música tonal*. Madrid: Ediciones Akal S.A.
- Le Guin, E. (2006). *Boccherini's Body: An Essay in Carnal Musicology*. Berkeley: University California Press.
- Harvey, J. (2008). *Música e inspiración*. Barcelona: Global Rhythm Press.
- Marco, T. (2002). *El pensamiento musical y siglo XX*. Madrid: Fundación Autor, Sociedad General de Autores y Editores.
- Meyer, LR. (2005). *Emoción y el significado en la música*. Madrid: Alianza Editorial.
- Nonken, V. (2002). *The spectral piano*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nonken, M. (2002). Never Standing Stil. *Contemporary Music Review*, Vol.21, No.1, 87-95.
- Salzedo, C. (1921). *Modern Study of the Harp*. Milwaukee: Schirmer.

Turetzky, B. (1974). *The Contemporary Contrabass*. Berkley: University of California Press.

Strange, P. y Strange, A. (2001). *The Contemporary Violin: Extended Performance Techniques*. California: University of California Press.

Read, G. (1978). *Music Notation: A Manual of Modern Practice*. London: Gollancz.

Walden, V. (1998). *One Hundred Years of Violoncello*. Cambridge: University Press.

Fuentes electrónicas

Rink, J. (2002). *Musical Performance*. [Online]. Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado el 16 de Febrero de 2015, de [<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511811739>](http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511811739) .

Rusell, R. *Modern cello techniques*. Recuperado el 7 de 2013, de [<http://www.moderncello techniques.com>](http://www.moderncello techniques.com) .

Partituras

Haydn, R. (1982). *Concierto para violonchelo, Re Mayor, Hob. VIIb/2 (Op.101)*. B.Schotts Sohne, Mainz.

Gubaidulina, S. (1974). *Ten Preludes for cello solo*. Ed. Sikorski Musikverlage, Hamburg.

Yun, I. (1993). *Siete estudios para violonchelo solo*. Ed. Bote & Bock, Berlin.

Zimmermann, B.A. (1972). *Four Short Studies*. Cologne: Ed. Musikverlag Hans Gerig.

❖ Bibliografía enfoque Neurofisiológico

- Amunts, K., Schlaug, G., Jancke, L., Steinmetz, H., Schleicher, A., Dabringhaus, A., Zilles, K. (1997). *Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain*. *Human Brain Mapping*, 5 (3), 206–215.
- Ashburner, J., y Friston, K. J. (1999). *Nonlinear spatial normalization using basis functions*. *Human Brain Mapping*, 7(4), 254-266.
- Bangert, M., Haeusler, U., Altenmüller, E. (2001). *On practice: how the brain connects piano keys and piano sounds*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 425–428.
- Bangert, M., Peschel, T., Schlaug, G., Rotte, M., Drescher, D., Hinrichs, H., Heinze, H.J., Altenmüller, E. (2006). *Shared networks for auditory and motor processing in professional pianists: evidence from fMRI conjunction*. *NeuroImage*, 30, 917–926.
- Baumann, S., Koeneke, S., Schmidt, C.F., Meyer, M., Lutz, K., Jäncke, L.A. (2007). *A network for audio-motor coordination in skilled pianists and non-musicians*. *Brain Research*, 1161: 65-78.
- Bengtsson, S.L., Nagy, Z., Skare, S., Forsman, L., Forssberg, H., Ullen, F. (2005). *Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development*. *Nature Neuroscience*, 8(9):1148–1150.
- Bever, T.G. y Chiarello, R.J. (1974). *Cerebral Dominance in Musicians and Nonmusicians*. *Science*, 185: 537-539.
- Berridge, K. C., y Robinson, T. E. (2003). *Parsing reward*. *Trends in Neurosciences*, 26(9), 507-513.
- Bhattacharya, J. y Petsche, H. (2001). *Universality in the brain while listening to music*. *Proceeding of the Royal Society London Series, B*, 268 2423–2433.
- Bhattacharya, J., Petsche, H., Pereda, E. (2001). *Long-range synchrony in the gamma band: role in music perception*. *Journal of Neuroscience*, 21 6329–6337.

- Blood, A. J., Zatorre, R.J., Bermudez, P., Evans, A.C. (1999). *Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions*. *Nature Neuroscience*, 2:382–387.
- Bogan, J.E. y Gordon, H.W. (1971). *Musical Tests of Functional Lateralization with Intracarotid Amobarbital*. *Nature*, 230 (1971) 524-525.
- Breitling, D., Guenther, W., Rondot, P. (1987). Auditory perception of music measured by brain electrical activity mapping. *Neuropsychologia*, 25 (5), 765–774.
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A. (2004). *Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related fMRI study*. *Neuron*, 42:323–34.
- Chapin, H., Jantzen, K. J., Kelso, J. A. S., Steinberg, F., Large, E. W. (2010). *Dynamic emotional and neural responses to music depend on performance expression and listener experience*. *PLoS ONE* 5:e13812 10.1371/journal.pone.0013812.
- Chen, J.L., Rae, C., Watkins, K.E. (2012). *Learning to play a melody: an fMRI study examining the formation of auditory-motor associations*. *NeuroImage*, 59 (2):1200–1208.
- Chew and Ho, Hope. (1994). An Empirical Study of Attitude toward the Timing of Uncertainty Resolution, *J Risk and Uncertainty* 8(3):267-288.
- Clark. C.N., Downey, L.E., Warren JD. (2014). *Music biology: all this useful beauty*. *Current Biology*, 24:R234–7.
- Cohen-Kadosh, R., Cohen-Kadosh, K., Kaas, A., Henik, A., Goebel, R., (2007). *Notationdependent and independent representations of numbers in the parietal lobes*. *Neuron*, 53 (2), 307–314.
- Collignon, A., Maes, F., Delaere, D., Vandermeulen, D., Suetens, P., and Marchal, G. (1995). *Automated multi-modality image registration based on information theory*. In *Proceedings of Information Processing in Medical Imaging* (Y. Bizais et al., Ed.), Kluwer Academic Publishers.
- Conway, A.R., Cowan, N., Bunting, M.F. (2001). *The cocktail party phenomenon revisited: the importance of working memory capacity*. *Psychon Bull Rev* 8 (2): 331–335.

- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., Cohen, L. (1998). *Abstract representations of numbers in the animal and human brain*. Trends Neuroscience, 21 (8), 355–361.
- Dorony, R. y Parot, F. Diccionario Akal de Psicología, Ediciones Akal S.A., 2008.
- Doyon, J., Song, A.W., Karni, A., Lalonde, F., Adams, M.M., Ungerleider L.G. (2002). *Experience-dependent changes in cerebellar contributions to motor sequence learning*. Proceedings of the National Academy of Science USA, 99, 1017–1022.
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., Taub, E. (1995) *Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players*. Science, 270:305–307.
- Ellis RJ, Norton A, Overy K, Winner E, Alsop D, Schlaug G. (2013). *Differentiating maturational and training influences on fMRI activation during music processing*. NeuroImage, 75:97–107.
- Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V., Pavesi, G. (1999). *Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study*. Neuropsychologia, 37 147–158.
- Fanning, C. M. (1983). *A study of the relative effectiveness of reading level, IQ, sex, handedness and he ispheric in the prediction of reading achievement*. Dissertation Abstracts International, 44 (5-A), 1398- 1399.
- Friston, K.J., Frith, C.D., Liddle, P.F., Frackowiak RSJ. (1993). *Functional connectivity: the principal-component analysis of large (PET) data sets*. Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism, 13(1):5–14.
- Flores-Gutiérrez, E.O., Díaz, J.L., Barrios, F.A., Guevara, M.A., Del Río-Portilla, Y., Corsi-Cabrera, M., Del Flores-Gutiérrez, E.O. (2009). *Differential alpha coherence hemispheric patterns in men and women during pleasant and unpleasant musical emotions*. International Journal of Psychophysiology, 71 43–49.
- Foster, N. E., Zatorre R. J. (2010a). *Cortical structure predicts success in performing musical transformation judgments*. NeuroImage, 53, 26–36 10.1016/j.neuroimage.2010.06.042.
- Foster N. E., Zatorre R. J. (2010b). *A role for the intraparietal sulcus in transforming musical pitch information*. Cerebral Cortex, 20, 1350–1359 10.1093/cercor/bhp199.

- Gaab, N., Gaser, C., Zaehle, T., Jancke L., Schlaug, G. (2003). *Functional anatomy of pitch memory—an fMRI study with sparse temporal sampling*. *Neuroimagen*, 19(4): 1417–1426.
- Gates, A., Bradshaw, J.L. (1977). *The Role of the Cerebral Hemispheres in Music*. *Brain and Language*, 4: 403-431.
- Gaser, C. y G. Schlaug. (2003). *Gray matter differences between musicians and nonmusicians*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999: 514–517.
- Gauldin, R. (2009). *La práctica armónica en la música tonal*. Ediciones Akal, Madrid.
- Gerloff, C., Corwell, B., Chen, R., Hallett, M., Cohen, L.G. S(1997). *Stimulation over the human supplementary motor area interferes with the organization of future elements in complex motor sequences*. *Brain*, 120 1587–1602.
- Gómez-Guardado, B. (2013). *Lateralidad Cerebral y Zurdaría: Desarrollo y Neuro-Rehabilitación*. Palibrio LLC, Bloomington, IN47403.
- González, J.J., Méndez, L.D., Mañas, S., Duque, M.R., Pereda, E., De Vera, L. (2013). *Performance analysis of univariate and multivariate EEG measurements in the diagnosis of ADHD*. *Clinical Neurophysiology*, 124:1139–1150.
- Griffiths, T.D. y Warren, J.D. (2002). *The planum temporale as a computational hub*. *Trends Neuroscience*, 25: 348–353.
- Halpern, A. R. (1988). *Mental scanning in auditory imagery for songs*. *J. Exp. Psychol Learn Memory Cognition*, 14(3): 434–443.
- Halwani, G.F., Loui, P., Ruber, T., Schlaug, G. (2011). *Effects of practice and experience on the arcuate fasciculus: comparing singers, instrumentalists, and non-musicians*. *Frontiers in Psychology*, 2:156.
- Herholz, S. C., Lappe, C., Knief, A., Pantev, C. (2008). *Neural basis of music imagery and the effect of musical expertise*. *European Journal Neuroscience*, 28(11): 2352–2360.
- Herholz, S. C., Halpern, A. R., Zatorre, R. J. (2012). *Neuronal correlates of perception, imagery, and memory for familiar tunes*. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(6): 1382–1397.

- Hyde, K. L., Peretz, I., Zatorre, R. J. (2008). *Evidence for the role of the right auditory cortex in fine pitch resolution*. *Neuropsychologia*, 46(2): 632–639.
- Hyde, K.L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A.C., et al. (2009). *Musical training shapes structural brain development*. *Journal of Neuroscience*, 29 (10), 3019–3025.
- Huettel, S., Song, A., McCarthy, G. (2008). *Functional magnetic resonance imaging*. 2 Ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Publishers.
- Hund-Georgiadis, M. y Von Cramon, D.Y. (1999). *Motor learning related changes in piano players and non-musicians revealed by functional magnetic-resonance imaging*. *Experimental Brain Research*, 125, 417–425.
- Hutchinson, S., Lee, L.H.L., Gaab, N., Schlaug, G. (2003). *Cerebellar volume of musicians*. *Cerebral Cortex*, 13: 943-949.
- Huttenlocher, P. R. (2002). *Neural plasticity: The effects of environment on the development of the cerebral cortex*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Imfeld, A., Oechslin, M.S., Meyer M., Loenneker T., Jancke L. (2009). *White matter plasticity in the corticospinal tract of musicians: a diffusion tensor imaging study*. *NeuroImage*, 46 (3):600–607.
- Jakobson, L.S., Cuddy, L.L., Kilgour, A.R. (2003). *Time tagging: A key to musician's superior memory*. *Music Perception*, 20(3), 307-313.
- Janata, P. (2012). *Acuity of mental representations of pitch*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1): 214–221.
- Jancke, L., Shah, N.J., Peters M. (2000). *Cortical activations in primary and secondary motor areas for complex bimanual movements in professional pianists*, *Cognition Brain Research*, 10 177–183.
- Jeannerod, M. (1995). *Mental imagery in the motor context*. *Neuropsychologia*, 33, 1419–1433.
- Klein, M.E. y Zatorre, R.J. (2011). *A role for the right superior temporal sulcus in categorical perception of musical chords*, *Neuropsychologia*, 49(5): 878–887.

- Koelsch, S., Fritz T.V., Cramon, D.Y., Muller, K., Friederici, A.D. (2006). *Investigating emotion with music: An fMRI study*. Hum Brain Mapping, 27(3): 239–250.
- Koelsch, S., Gunter, T. C., Friederici, A. D., Schröger, E. (2000). *Brain indices of music processing: “Non-musicians” are musical*. Journal of Cognition and Neuroscience, 12(3): 520–541.
- Koelsch, S. (2010). *Towards a neural basis of music-evoked emotions*. Trends in Cognitive Science (Regul. Ed.), 14, 131–137.
- Koelsch S. (2011). *Towards a neural basis of processing musical semantics*. Physic of Life Reviews, 8(2): 89-105.
- Koelsch, S., Gunter, T. C., von Cramon, D.Y., Zysset, S., Lohmann, G., Friederici, A.D. (2002). *Bach speaks: a cortical “language-network” serves the processing of music*. NeuroImage, 17, 956–966. [10.1006/nimg.2002.1154](https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1154)
- Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D., Schlaug, G. (2005a). *Adults and children processing music: an fMRI study*. NeuroImage, 25, 1068–1076 .
- Koelsch, S., Gunter, T., Wittfoth, M., Sammler, D. (2005b). *Interaction between syntax processing in language and in music: an ERP study*. Journal of Cognition and Neuroscience 17, 1565–1577.
- Kleber, B., Veit, R., Birbaumer, N., Gruzelier, J., Lotze, M. (2010). *The brain of opera singers: experience-dependent changes in functional activation*. Cereb Cortex, 20 (5):1144–1152.
- Knutson, B., Adams, C.M., Fong, G.W., Hommer, D. (2001). *Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens*. Journal of Neuroscience, 21(16), art. no.-RC159.
- Kraus, N., Slater, J., Thompson, E., Hornickel, J., Strait, D.L., Nicol, T., White-Schwoch, T., (2014). *Music enrichment programs improve the neural encoding of speech in at-risk children*. Journal of Neuroscience, 34, 11913–11918.

- Lahav, A., Saltzman, E., Schlaug, G. (2007). *Action representation of sound: audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions*. *Journal of Neuroscience*, 27(2):308–314.
- Lang, E.W., Tomé, A.M., Keck, I.R., Górriz-Sáez, J.M., Puntonet, C.G. (2012). *Brain connectivity analysis: a short survey*. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2012:1–21.
- Langheim, F.J.P., Callicott, J.H., Matthey, V.S., Duyn, J.H., Weinberger, D.R. (2002). *Cortical systems associated with covert musical rehearsal*. *NeuroImage*, 16, 901–908.
- Leman, M. (2007). *Embodied music Cognition and Mediation Technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lee, D.J., Chen, Y., Schlaug, G. (2003). *Corpus callosum: musician and gender effects*. *Neuroreport*, 14, 205–209.
- Lieberman, M. D., y Cunningham, W. A. (2009). *Type I and Type II error concerns in fMRI research: re-balancing the scale*. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4(4), 423-428.
- Loui, P., Li, H.C., Hohmann, A., Schlaug, G., (2010). *Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity*. *Journal of Cognition and Neuroscience* 23, 1015–1026.
- Lotze, M., Montoya, P., Erb, M., Huelsmann, E., Flor, H., Klose, U., Birbaumer, N., Grodd, W. (1999). *Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study*. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 491–501.
- Lotze, M., Scheler, G., Tan, H.R.M., Braun, C., Birbaumer, N. (2003). *The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery*. *NeuroImage*, Nov;20(3):1817-29.
- Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C., Friederici, A. D. (2001). *Musical syntax is processed in the area of Broca: an MEG-study*. *Nature Neuroscience*, 4, 540–545

- Meister, I.G., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., Müller, M., Töpper, R. (2004). *Playing piano in the mind—an fMRI study on music imagery and performance in pianists*. Cognitive Brain Research, 19(3):219–228.
- Mesulam M.-Marsel. Principles of Behavioral and Cognitive Neurology. 2000 Edition. Oxford University Press
- Meyer, M., Elmer, S., Jäncke, L. (2012). *Musical expertise induces neuroplasticity of the planum temporale*. Annals of the New York Academy of Sciences, 1252, 116-123.
- Mitchell, J.P. (2009). *Inferences about mental states*. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 364(1521):1309-16.
- Munte, T.F., Altenmüller, E., Jancke, L. (2002). *The musician's brain as a model of neuroplasticity*. Nature Reviews Neuroscience, 3 473–478.
- Nirkko, A.C., Baader, A.P., Loevblad, K.O., Milani, P., Wiesendanger, M., (2001). *Cortical representation of music production in violin players: behavioral assessment and functional imaging of finger sequencing, bimanual coordination and music specific brain activation*. NeuroImage, 11(5, Supplement 1), S 106.
- Nolte, G., Ziehe, A., Nikulin, V.V., Schlögl, A., Krämer, N., Brismar, T., Müller, K.R. (2008). *Robustly estimating the flow direction of information in complex physical systems*. Physical Review Letters, 00(23): 234101.
- Nunez, P.L., Srinivasan, R., Fields, R.D. (2015). *EEG functional connectivity, axon delays and white matter disease*. Clinical Neurophysiology, 126:110–120.
- Oztürk, A.H., Tascioglu, B., Aktekin, M., Kurtoglu, Z., Erden, I., (2002). *Morphometric comparison of the human corpus callosum in professional musicians and non-musicians by using in vivo magnetic resonance imaging*. Journal of Neuroradiology, 29, 29–34.
- Ozdemir, E., Norton A., Schlaug, G. (2006). *Shared and distinct neural correlates of singing and speaking*. NeuroImage, 33(2): 628–635.
- Patterson, R.D., Uppenkamp, S., Johnsrude, I.S., Griffiths, T.D. (2002). *The processing of temporal pitch and melody information in auditory cortex*. Neuron, 36(4): 767–776.

- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L.E., Hoke, M. (1998). *Increased auditory representation in musicians*. *Nature*, 392:811–814.
- Patel, A., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M., Holcomb, P. (1998). *Processing syntactic relations in language and music: an event-related potential study*. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 717–733.
- Phan, K.L., Wager, T., Taylor, S.F., Liberzon, I. (2002). *Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI*. *NeuroImage* 16(2):331-48.
- Penagos, H., Melcher, J.R., Oxenham A.J. (2004). *A neural representation of pitch salience in non primary human auditory cortex revealed with functional magnetic resonance imaging*. *Journal of Neuroscience*, 24(30): 6810–6815.
- Penhune, V.B., Doyon, J. (2002). *Dynamic cortical and subcortical Networks in learning and delayed recall of timed motor sequences*. *Neuroscience*, 22, 1397–1406.
- Peretz, I. y Zatorre, R. (2005). *Brain organization for music processing*. *Annual Review of Psychology*, vol. 56, pp. 89-114.
- Peretz, I. y Coltheart, M. (2003). *Modularity of music processing*. *Nature Neuroscience*, 6(7): 688–691.
- Peretz, I., Brattico, E., Järvenpää, M., Tervaniemi, M. (2009). *The amusic brain: in tune, out of key, and unaware*. *Brain*, 132, 1277.
- Petsche, H., Richter, P., Von Stein, A., Etlinger, S.C. and Filz, O. (1993). *EEG coherence and musical thinking*. *Music Perception*, 11 117-152.
- Petsche, H., von Stein, A., Filz, O. (1996). *EEG aspects of mentally playing an instrument*. *Cognition Brain Research*, 3, 115–123.
- Piazza, M., Pinel, P., Le Bihan, D., Dehaene, S. (2007). *A magnitude code common to numerosities and number symbols in human intraparietal cortex*. *Neuron*, 53 (2), 293–305.

- Pinel, P., Piazza, M., Le Bihan, D., Dehaene, S. (2004). *Distributed and overlapping cerebral representations of number, size, and luminance during comparative judgments*. *Neuron*, 41 (6), 983–993.
- Platel, H., Price, C., Baron, J., Wise, R., Lambert, J., Frackowiack, R.S.J., Lechavelier, B., Eustache, F. (1997). The structural components of music perception: a functional anatomy study. *Brain*, 120, 229–243.
- Poepfel, D. (2003). *The analysis of speech in different temporal integration windows: cerebral lateralization as ‘asymmetric sampling in time’*. *Speech Communication*, 41: 245–255.
- Popescu, M., Otsuka, A., Ioannides, A.A. (2004). *Dynamics of brain activity in motor and frontal cortical areas during music listening: a magnetoencephalographic study*. *NeuroImage*, 21 1622– 1638
- Porro, C.A., Francescato, M.P., Cettolo, V., Diamond, M.E., Baraldi, P., Zuiani, C., Bazzocchi, M., di Prampero, P.E. (1996). *Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study*. *Journal of Neuroscience*, 16 7688– 7698.
- Pulvermuller, F. (2005). *Brain mechanisms linking language and action*. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7):576–582.
- Sakai, K., Hikosaka, O., Miyauchi, S., Takino, R., Tamada, T., Iwata, N.K., Nielsen, M. (1999). *Neural representation of a rhythm depends on its interval ratio*. *Journal of Neuroscience*, 19 10074–10081.
- Sammler, D., Koelsch, S., Ball, T., Brandt, A., Elger, C.E., Friederici, A.D. (2009). *Overlap of musical and linguistic syntax processing: Intracranial ERP evidence*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169: 494e498
- Sammler, D., Koelsch, S., Friederici, A.D. (2011). *Are left fronto-temporal brain areas a prerequisite for normal music-syntactic processing?*. *Cortex*, 47(6): 659e673,
- Segalowitz, S.J. (1983). *Two Sides of the Brain*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

- Schön, D., Anton, J.L., Roth, M., Besson, M. (2002). *A fMRI study of music sight-reading*. NeuroReport, 13 2285–2289.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Steinmetz, H., (1995a). *In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians*. Science, 267 (5198), 699–701.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y.X., Staiger, J.F., Steinmetz, H. (1995b). *Increased corpus callosum size in musicians*. Neuropsychologia, 33 (8), 1047–1055.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Steinmetz, H. (1995). *In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians*. Science, 267: 699–701.
- Schlaug, G. (2001). *The brain of musicians: a model for functional and structural adaptation*. Annals of the New York Academy of Sciences, 930, 281–299.
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., Winner, E. (2005). *Effects of music training on brain and cognitive development*. Annals of the New York Academy of Sciences, 1060, 219–230.
- Schlaug, G. (2015). *Musicians and music making as a model*. Progress in Brain Research, Volume 217.
- Seung, Y., Kyong, J., Woo, S., Lee, B., Lee, K. (2005). *Brain activation during music listening in individuals with or without prior music training*. Neuroscience Research, 52, 323–329.
- Schaefer, R. S., Vlek, R. J., Desain, P. (2011). *Music perception and imagery in EEG: alpha band effects of task and stimulus*. International Journal of Psychophysiology, 82(3): 254–259.
- Sirigu, L., Cohen, J.R., Duhamel, B., Pillon, B., Dubois, Y., Agid, C., Pierrot-Deseilligny, (1995). *Congruent unilateral impairments for real and imagined hand movements*. NeuroReport, 6 997– 1001.
- Schneider, P. (2005a). *Structural, functional and perceptual differences in Heschl's gyrus and musical instrument preference*. Annals of the New York Academy of Science, 1060, 387–394.
- Schneider, P., Sluming, V., Roberts, N., Scherg, M., Goebel, R., Specht, H.J., Dosch, H.G., Bleeck, S., Stippich, C., Rupp, A. (2005b). *Structural and functional asymmetry of*

lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. Nature Neuroscience, 8, 1241–1247.

Schmithorst, V.J. y Wilke, M. (2002). *Differences in white matter architecture between musicians and non-musicians: a diffusion tensor imaging study.* Neuroscience Letters, 321(1–2):57–60.

Schulte-Ruther, M., Markowitsch, H.J., Fink, G.R., Piefke, M., (2007). *Mirror neuron and theory of mind mechanisms involved in face-to-face interactions: a functional magnetic resonance imaging approach to empathy.* Journal of Cognitive Neuroscience, 19, 1354–1372.

Springer, S.P. y Deutsch, G. *Left Brain, Right Brain.* 3rd Ed. New York: W.H. Freeman and Company.

Schubotz, R.I., Friederici, A.D., von Cramon, D.Y. (2000). *Time perception and motor timing: a common cortical and subcortical basis revealed by fMRI.* NeuroImage, 11 1– 12.

Schönwiesner, M. y Zatorre, R.J. (2008). *Depth electrode recordings show double dissociation between pitch processing in lateral Heschl's gyrus and sound onset processing in medial Heschl's gyrus.* Experimental Brain Research, 187:97– 105.

Shamay-Tsoory, S.G., Aharon-Peretz, J., Perry, D. (2009). *Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions.* Brain, 132, 617–627.

Sluming, V., Barrick, T., Howard, M., Cezayirli, E., Mayes, A., Roberts, N. (2002). *Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's area in male symphony orchestra musicians.* NeuroImage, 17: 1613-1622.

Ramos, F. (2013). *La música del siglo XX. Una guía completa.* Editorial Turner.

Rauschecker, J.P. y Scott, S.K. (2009). *Maps and streams in the auditory cortex: non-human primates illuminate human speech processing.* Nature Neuroscience, 12(6): 718–724.

Ruiz, M. Herrojo, Koelsch, S., Bhattacharya, J. (2009). *Decrease in early right alpha band phase synchronization and late gamma band oscillations in processing syntax in music.* Human Brain Mapping, 30, 1207–1225.

- Rüber, T., Lindenberg, R., Schlaug, G. (2013). *Differential adaptation of descending motor pathways in musicians*. *Cerebral Cortex*, 25(6):1490-8.
- Tillmann, B., Janata, P., Bharucha, J.J. (2003). *Activation of the inferior frontal cortex in musical priming*. *Cognition Brain Research*, 16(2):145–161.
- Vogt, S., Buccino, G., Wohlschläger, A.M., Canessa, N., Shah, N.J., Zilles, K., Eickhoff, S.B., Freund, H.J., Rizzolatti, G., Fink, G.R. (2007). *Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: effects of practice and expertise*. *NeuroImage*, 37, 1371–1383
10.1016.
- Wan, C.Y. y Schlaug, G. (2010). *Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span*. *Neuroscientist*, 16 (5), 566–577.
- Ward, J. (2010). *The student's guide to cognitive neuroscience (2nd ed.)*. Hove, United Kingdom: Psychology Press.
- Warren, J.E., Wise, R.J., Warren, J.D. (2005). *Sounds do-able: auditory-motor transformations and the posterior temporal plane*. *Trends in Neuroscience*, 28(12):636–643.
- Woods, R. P., Mazziotta, J.C., Cherry, S.R. (1993). *MRI–PET registration with automated algorithm*. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 17:536–546.
- Wua, J., Zhanga, J., Liu, C., Liu, D., Ding, X., Zhou, C. (2012). *Graph theoretical analysis of EEG functional connectivity during music perception*. *Brain Research*, 5 1483 71–81.
- Zatorre, R.J. y Salimpoor N.V. (2013). *De la Percepción al Placer: La Música y sus Sustratos Neuronales*. *Ludus Vitalis*, vol. XXI, num. 40, 2013, pp. 293-317.
- Zatorre, R.J., Evans, A.C., Meyer, E. (1994). *Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch*. *Journal of Neuroscience*, 14(4): 1908–1919.
- Zatorre, R.J. (1988). *Pitch perception of complex tones and human temporal lobe function*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84(2): 566–572.
- Zatorre, R.J., Halpern, A.R., Bouffard, M. (2010). *Mental reversal of imagined melodies: a role for the posterior parietal cortex*. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 775–789
10.1162/jocn.2009.21239.

Zatorre, R.J. y Gandour, J.T. (2008). *Neural specializations for speech and pitch: Moving beyond the dichotomies*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1493): 1087–1104.

Zatorre, R.J., Belin, P., Penhune, V.B. (2002). *Structure and function of auditory cortex: Music and speech*. Trends in Cognitive Sciences, 6(1): 37–46.

Zatorre, R.J. y Halpern A.R. (2005). *Mental concerts: Musical imagery and auditory cortex*. Neuron, 47(1): 9–12.

Fuentes electrónicas

Brett, M. (1999). Recuperado el 10 de Agosto de 2015 [file://localhost/<http://imaging.mrc-cbu.cam.ac.uk/imaging:MniTalairach >](file://localhost/<http://imaging.mrc-cbu.cam.ac.uk/imaging/MniTalairach>)

❖ **Anexo I**

Tablas con los elementos y recursos utilizados en las obras españolas analizadas y discutidas en el Capítulo II y que resultan más característicos de la música contemporánea, divididos según la parte del cuerpo ejecutora o estilo.

Que cet ardent sanglot, Félix Ibarrodo (1980)

TABLA I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
TÉCNICAS	<i>Glissando</i>
	Pizzicato
	Armónicos naturales/artificiales

TABLA 2

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
T	Acordes direccionales
É	
C	<i>Detachè</i>
N	<i>Tremolo</i>
I	
C	<i>Con legno battuto</i>
A	
S	<i>Sul ponte</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario
	Acorde pizzicato direccional
	Pizzicato <i>Bartók</i>

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
T	Inexistencia de tipo de compás pero con indicación de
É	tempo
C	Escritura en dos pentagramas
N	Indicaciones estilísticas: libre, inmóvil, nervioso,
I	fugitivo
C	Comas entre secciones
A	Libre elección de arco o pizzicato
S	

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
T	Libre elección de arco o pizzicato
É	Indicaciones estilísticas: <i>libre, inmóvil, nervioso,</i>
C	<i>fugitivo</i>
N	Pizzicato acordes direccionales (arpeggio asc/desc)
I	Cambio bruscos de tesitura
C	Calderones con indicación de tempo en segundos o <i>très</i>
A	<i>long</i>
S	

***Ofrenda*, Luis de Pablo (1982)**

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
TÉCNICAS	Trino
	Pizzicato
	Armónicos naturales/artificiales
	<i>Vibrato non troppo/senza</i>

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
T	<i>Spicatto</i>
É	
C	<i>Con legno frappé</i>
N	<i>Tremolo</i>
I	
C	Acorde arpegiado ascendente
A	<i>Sul ponte</i>
S	Nota pedal

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario
	Pizzicato arpegiado ascendente/descendente
	Pizzicato <i>secco</i> (<i>stacatto</i>)

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
T	Arco y pizzicato mano izquierda al mismo tiempo
É	
C	
N	
I	
C	Sordina
A	Indicaciones estilísticas
S	Indicaciones de tiempo

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
TÉCNICAS	Arco y pizzicato mano izquierda al mismo tiempo

De Amore para Violonchelo solo, Mauricio Sotelo (1995)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
TÉCNICAS	<i>Glissando casi escala de armónicos</i>
	Pizzicato
	Transición percusión mano izquierda → arco
	Armónicos naturales/artificiales
	Microintervalos 1/4 y 1/8
	Multifónicos

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
TÉCNICAS	<i>Saltato al talón</i>
	Presión intermitente a lo largo de la cuerda
	<i>Staccatto virtuoso</i>
	Transición percusión m. izquierda → arco

	<i>Sul ponte</i>
--	------------------

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario
	Pizzicato uña

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
TÉCNICAS	Inexistencia de tipo de compás pero tempo definido
	Escritura en dos pentagramas
	Indicaciones estilísticas: imitación del latido cardiaco
	Comas entre secciones

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
T	Multifónico
É	<i>Saltato</i> al talón
C	Presión intermitente a lo largo de la cuerda
N	<i>Staccato</i> virtuoso
I	Calderon con transición <i>saltato</i> al talón → <i>staccatto</i>
C	virtuoso
A	Transición percusión mano izquierda → arco
S	

Deploratio, J.M. Sánchez-Verdú (1997)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
T	<i>Glissando</i>
É	Pizzicatos: Pizzicato percutido con la yema de los
C	dedo, un dedo o alternados.
N	Microtono
I	Nota pedal

C	Armónicos naturales/artificiales
A	
S	Percusión sobre la cuerda/batidor

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
TÉCNICAS	<i>Legatissimo</i>
	<i>Spicatto</i>
	<i>Gallato</i>
	<i>Sul ponte</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Percusión con el dedo sobre el batidor

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
	Espacios indefinidos temporalmente
	Las indicaciones de dinámicas mano izquierda indican la cantidad de esfuerzo no la dinámica final del arco

TÉCNICAS	Indicaciones estilísticas: esfuerzo mano izquierda
	Comas entre secciones

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
T	Indicaciones sobre cómo pasar el arco
É	Separación visual entre las células de la obra
C	Transición percusión mano izquierda percusión →
N	mano derecha
I	Transición percusión mano izquierda → arco
C	
A	<i>Lasaiare l'arco</i> (dejar el arco)
S	

Partita Piatti, Tomás Marco (1999)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
	<i>Glissando</i>

TÉCNICAS	Diferentes tipos de vibrato: vibrato rápido/lento
-----------------	---

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
TÉCNICAS	<i>Spicatto</i>
	<i>Tremolo</i>
	<i>Sul ponte/tasto</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
	Grupetos de diferente número de notas

TÉCNICAS	Indicaciones estilísticas: frases y palabras descriptivas de las partes y movimientos
-----------------	---

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
TÉCNICAS	Repetición de célula como una maquina
	Frases y palabras descriptivas de las partes y movimientos

Tytlak para violoncello solo, Laura Vega (2007)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
T	<i>Glissando</i> sin nota de llegada definida con arco y pizzicato
É	
C	<i>Glissando</i> notas naturales y armónicos

N I C A S	Pizzicato
	Armónicos naturales/artificiales
	Diferentes tipos de vibrato: vibrato rápido/lento

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
TÉCNICAS	Tremolo rápido/lento
	<i>Sul ponte/tasto</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
--	-----------------------------------

	Diversos elementos corporales y estilísticos
T	Nota pedal con arco y pizzicato
É	
C	Indicaciones de dinámicas muy explícitas precisas
N	Sordina (ponerla o quitarla sin interrupción pasando el arco)
I	
C	
A	Comas entre secciones: espera en segundos
S	

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
TÉCNICAS	Nota pedal con pizzicato y con arco más armónicos
	<i>Glissando</i> sin nota de parada con arco y en

Chelo Prieto y Lachrymae, Tomás Marco (2006)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda

TÉCNICAS	<i>Glissando</i>
	Pizzicato
	Diferentes tipos de vibrato: <i>senza - molto vibrato- vibratissimo</i>

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
T	Tocar detrás del puente
É	
C	<i>Spicatto</i>
N	<i>Tremolo</i>
I	
C	<i>Con legno battuto</i>
A	
S	<i>Sul ponte/tasto</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario
	Pizzicato arpegiando ascendente/descendente
	Pizzicato detrás del puente

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
TÉCNICAS	Tocar detrás del puente: arco/pizzicato
	Las indicaciones de dinámicas explícitas
	Escritura en dos pentagramas

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
	Tocar detrás del puente arco/pizzicato

TÉCNICAS	Pizzicato con cambio de dirección (arpegiado)
	Transición pizzicato → arco

Tres Soliloquis, Joaquim Homs (2007)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
TÉCNICAS	Armónicos naturales/artificiales
	<i>Glissando</i>
	Diferentes tipos de vibrato
	Cambios bruscos de tesitura en el batidor

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
T	<i>Con legno</i>
É	
C	<i>Sul tasto/Sul ponticello</i>
N	<i>Tremolo</i>

I C A S	Diferentes tipos de acentos: ordinario/ <i>Sforzando</i>
	Ataque con fuerza → Diminuir sonido
	Apoyo en la nota

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
TÉCNICAS	Indicaciones estilísticas de estados de ánimo
	Las indicaciones de dinámicas explícitas

	Indicaciones de <i>apoyo</i> en la nota
--	---

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
TÉCNICAS	Cambio bruscos de tesitura y vibrato
	Intercala arco → pizzicato

Quasi una sonata, Taberna Bech (2011)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
TÉCNICAS	<i>Trino glissando</i>
	Diferentes vibratos
	Armónicos naturales/artificiales
	Dobles cuerdas

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
	<i>Flautato</i>
	<i>Con legno battuto</i>

TÉCNICAS	
-----------------	--

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario
	Pizzicato en acordes: dos y tres cuerdas

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
TÉCNICAS	Sordina
	Búsqueda de sonoridades: posiciones lejanas

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal

TÉCNICAS	Arco y pizzicato mano izquierda al mismo tiempo
	Búsqueda de sonoridades: posiciones lejanas

Ausencia de Ángel, Enrique Muñoz (2011)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
T	<i>Glissando</i>
É	
C	Trino ordinario/armónicos
N	Armónicos naturales/artificiales
I	
C	Microtonos 1/4
A	
S	Diferentes vibratos

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
--	--------------------------

	Mano derecha: arco
TÉCNICAS	Nota pedal
	<i>Sul ponte/tasto</i>
	<i>Tremolo</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
TÉCNICAS	Sordina
	Indicaciones de dinámicas explícitas

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
TÉCNICAS	<i>Sul ponticello / tasto conectados</i>
	Armónicos artificiales/naturales en <i>glissando</i>

Spell, Voro García (2014)

Tabla I

	PARTES EJECUTORAS
	Mano izquierda
T	<i>Glissando scordatura</i>
É	Multifónico
C	Armónicos naturales/artificiales
N	Percusión mano izquierda
I	Media presión
C	Microtono
A	Trinos naturales/multifónicos
S	

Tabla II

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: arco
TÉCNICAS	<i>Esforzandos repetitivos sFFz</i>
	Tremolo
	<i>Arco leggero</i>
	<i>Sul ponte (poco/molto) y sul tasto</i>

Tabla III

	PARTES EJECUTORAS
	Mano derecha: sin arco
TÉCNICAS	Pizzicato ordinario
	Pizzicato <i>Bartók</i>
	Pizzicato <i>Jazz</i>

Tabla IV

	PARTES EJECUTORAS Y ESTILO
	Diversos elementos corporales y estilísticos
TÉCNICAS	<i>Scordatura</i>
	Las indicaciones de dinámicas explícitas
	Clavijas especiales

Tabla V

	PARTES EJECUTORAS
	Intervención global corporal
T	Transición arco → pizzicato
É	Preparación mutifónico
C	
N	<i>Glissando scordatura</i>
I	<i>Mezza pressione mano sinistra</i>
C	
A	Indicaciones descriptivas de estilo mediante nombres y adjetivos: íntimo, libero.
S	