



Octavio de Juan

Ayala

Concertista. Profesor de viola del Conservatorio Profesional de Alicante. Licenciado y Doctor en Historia del Arte. Neurocientífico
picki16@gmail.com

NeuroBeethoven: el concierto de las neuronas. La Pictomusicadelfia y el potencial neuroexperimental de la Música

| NeuroBeethoven: concert neurons. The Pictomusicadelfia and potential neuroexperimental Music

Resumen

¿Puede un Cuarteto de cuerdas de Beethoven ayudarnos a comprender un poco mejor el funcionamiento de nuestro cerebro? Sí...y mucho más. Sin ninguna duda, la más moderna Ciencia neurológica (nosotros y el Cuarteto Almus también) ha apostado decididamente por el "sí" y por el "mucho más". El Arte se presenta bajo una asombrosa diversidad de estilos y culturas, pero ¿es posible que existan principios universales que trasciendan las fronteras culturales? ¿Es posible hablar de una "ciencia del Arte"? Y por y para ello, creemos que la Pictomusicadelfia, como instrumento de interrelación entre la Música y la Pintura a través del análisis de los medios técnicos y expresivos quizás pueda ayudarnos a abrir una nueva vía personal de pensamiento y

de exploración del mundo perceptual y emocional que nos rodea que nos puede proporcionar, tanto un mayor goce y fruición de los fenómenos estéticos que lo perceptivo y lo emocional conllevan intrínsecamente, como un conocimiento de las bases neuronales y psicológicas a través de exploración cerebral con EEG (electroencefalografía) (Proyecto Artyciencia) y fMRI (resonancia magnética funcional), entre otras herramientas electrofisiológicas y de neuroimagen, de una realidad que nos individualiza como seres humanos y que nos hace, precisamente, *humanos*, y que puede llevarnos también, quizás, a la apertura de nuevas facetas terapéuticas y clínicas que contribuyan a mejorar nuestra salud física, mental y espiritual.

Palabras clave

Pictomusicadelfia · EEG (electroencefalografía) · Cuarteto de cuerdas · Cuarteto Almus · Beethoven · Neuroestética · Artyciencia

Abstract

Can a Beethoven's String Quartet help us to understand a little better how our brain works? Yes... and more. Without any doubt, the most modern neurological Science (we and the Almus Quartet too) have strongly backed the "yes" and the "much more". The Art is presented in an amazing diversity of styles and cultures, but is it possible that there are universal principles that transcend cultural boundaries? Is it possible to speak of a "Science of Art"? And by and for this, we believe that Pictomusicadelfia as instrument interplay between Music and Painting through the analysis of the technical and expressive means could help us open a new personal way of thinking and exploration of perceptual and emotional world around us, we can provide both greater joy and enjoyment of aesthetic phenomena perceptual and emotional involve intrinsically as a knowledge of the neural and psychological bases through brain scanning with EEG (electroencephalogram) (Artyciencia Project) and fMRI (functional magnetic) resonance, including electrophysiological and neuroimaging tools, a reality that individualizes us as human beings and that makes us precisely human, and can also lead, perhaps, to the opening of new therapeutic and clinical aspects that contribute to improve our physical, mental and spiritual health.

Keywords

Pictomusicadelfia · EEG(electroencephalography) · String quartet · Almus Quartet · Beethoven · Neuroaesthetics · Artyciencia



1. Introducción

“Tocar un instrumento musical de cuerda frotada como el violín, por ejemplo, es, a nivel cerebral, la actividad que puede realizar el ser humano que más implica, simultáneamente, a las cortezas motora, somatosensorial, auditiva y visual, además del sistema límbico, o sea la estructura emocional del cerebro” (Prof. Niels Birbaumer)¹.

El aprendizaje de un instrumento musical de cuerda como el violín, por ejemplo, obliga a la mayor conexión neuronal simultánea de todas las actividades humanas. Eso ya lo sabían los griegos y los mesopotámicos pero sólo ahora se puede demostrar con aparatos electrofisiológicos y de neuroimagen.

Cuando unos padres deciden que su hijo estudie Música están posibilitando mucho más todavía que el espíritu, la belleza y la sensibilidad del legado de un Mozart o de un Beethoven invada plácida e inexorablemente su hogar. Sí, **todavía** mucho más.

Porque la música activa tiene más poder que la música pasiva, al igual que la diferencia entre la actividad producida por el brazo normal en comparación con cuando ese brazo es movido pasiva y mecánicamente.

Porque es vehículo excepcional para la formación integral a nivel cultural, humano, disciplinar y pedagógico representado a lo largo de los siglos.

Porque es la mejor herramienta intelectual, no sólo para optimizar el rendimiento educacional, artístico, de relaciones sociales y de sensibilidad, sino también para el cultivo práctico y diario de conceptos tan necesarios y actuales en nuestra sociedad, tan abocada al materialismo, como son los de solidaridad, democracia, respeto y flexibilidad en el trabajo o en las relaciones personales y emocionales.

Pero no sólo es eso, sino que esa misma tecnología médica ha demostrado, y sigue haciéndolo cada vez más, que el aprendizaje de un instrumento musical es la mejor terapia preventiva y efectiva, si llegase el probable momento de enfrentarse, al, posiblemente, mayor enemigo vital y de nuestra salud que tiene actualmente nuestra sociedad: las enfermedades neurodegenerativas, abanderadas por ese paladín de la infelicidad que es la enfermedad de Alzheimer y otros trastornos similares. Pero la contemplación y el disfrute de obras maestras de un Goya, Van Gogh o Velázquez puede que no le anden a la zaga...

Y por todo ello, creemos que la *Pictomusicadelfia*² (<http://pictomusicadelfia.com/community>), como instrumento de interrelación entre la Música y la Pintura a través del análisis de los medios técnicos y expresivos quizás pueda ayudarnos a abrir una nueva vía personal de pensamiento y de exploración del mundo perceptual y emocional que nos rodea, que nos puede proporcionar, tanto un mayor goce y fruición de los fenómenos estéticos que lo perceptivo y lo emocional conllevan intrínsecamente, como un conocimiento de las bases neuronales y psicológicas de una realidad que nos individualiza como seres humanos y que nos hace, precisamente, *humanos*, y que puede llevarnos también, quizás, a la apertura de nuevas facetas terapéuticas y clínicas que contribuyan a mejorar nuestra salud física, mental y espiritual.

2. La *Pictomusicadelfia*

La idea de que el Arte posee un significado y que éste, a su vez, provoca emociones, no ha sido puesta en duda desde los orígenes de la civilización y de la filosofía occidental. Recordemos que ya en la antigua Grecia, Platón o Aristóteles se refirieron a ello^{3,4}.

También, el cuidado y control con que en las distintas civilizaciones se habían reglamentado las normas concernientes a la representación o a su prohibición. La prohibición de la representación de la iconografía divina en el arte iconoclasta

bizantino o la reflexión filosófica de Platón sobre la poca idoneidad moral de algunos de los modos de la Música griega en la democracia ateniense, son sólo una pequeña pincelada sobre esta problemática tan antigua y, a la vez, tan actual.

El componente emocional del hombre, denostado, reprobado y tenido bajo sospecha de corresponder a ese sustrato irracional fuera del control directo del utilaje intelectual y gnóstico⁵, para lo bueno y para lo malo, se ha erigido como el soberano indiscutible de nuestras vidas.

A través de conceptos como el de la *inteligencia emocional* de Goleman⁶, o de los avances en el tratamiento de enfermedades y desequilibrios de tipo psíquico, el sistema límbico y el hemisferio derecho cerebral se han alzado, cuanto menos, a un nivel de necesario y complementario equilibrio con el intelectual y gnóstico hemisferio izquierdo. Sin el necesario balance entre los dos, tanto a nivel fisiológico como filosófico, social o moral, la vida actual y futura tendría los goznes puestos al otro lado de la realidad (y de la felicidad)...^{7,8}.

La ciencia neurológica, a través de los siglos, ha ido evolucionando desde una óptica encasilladora, estática, aisladora y compartimentadora de las funciones cerebrales⁹ a una concepción holística¹⁰, interrelacionadora e integradora de las funciones y funcionamiento de los diferentes lóbulos y estructuras cerebrales, en donde se habla de áreas cerebrales

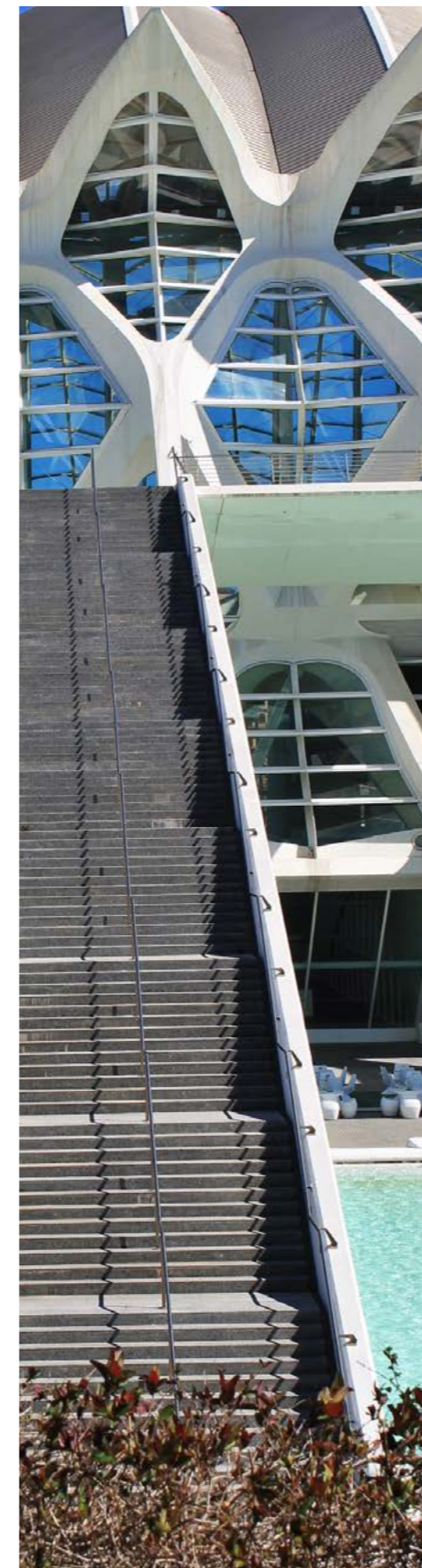
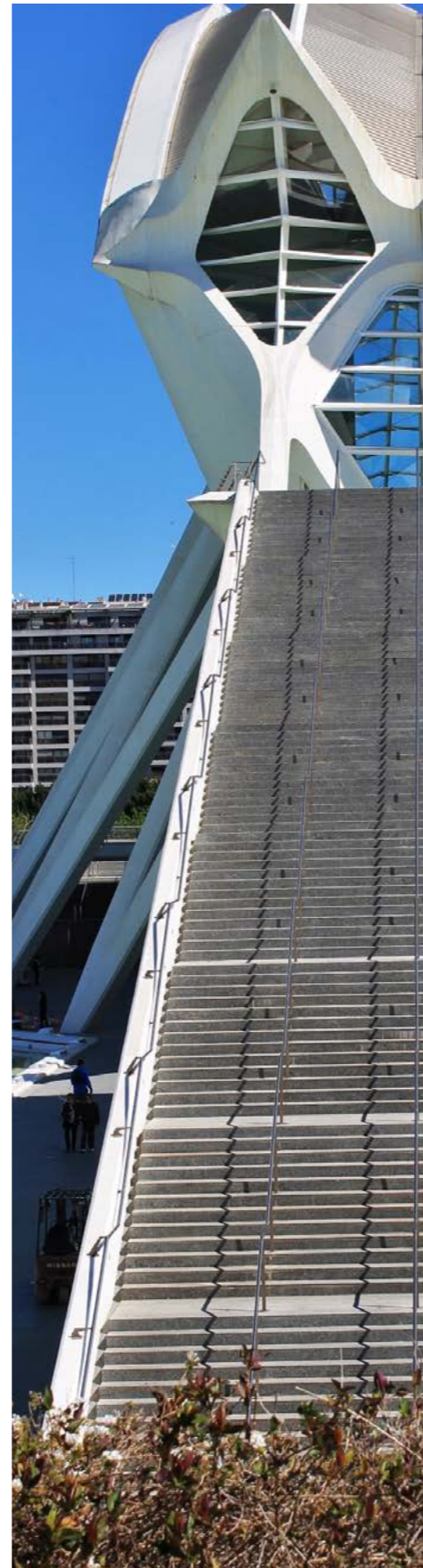


asociativas y predominantes, con una plasticidad neuronal y cerebral, que ya nos anticipaba Ramón y Cajal¹⁰, sirviendo de germen y puente de unión con modernísimos conceptos tales como el del *cross-modal plasticity*¹¹ o los innumerables experimentos en torno a la capacidad regenerativa y funcional de nuestro cerebro ante lesiones o trastornos, que convierten a nuestras estructuras neuronales en verdaderos comodines en la adaptación a diferentes nuevas funciones, y en el aprendizaje y reaprendizaje parasinestésico, basado en la capacidad asociativa y de interrelación polifuncional, de ese increíble ordenador central colmado de materia gris.

La tríada Música-Pintura-Emoción no es ajena a este afán humano de integración, asimilación e interrelación de la realidad perceptual, fisiológica, vital y estética que nos rodea, y que constituye el alimento sensorial, sensitivo y sensual del que mana nuestro quehacer cotidiano.

Es bien conocido que la expresión del Arte en forma de Pintura o Música, ésta última, a la que Ernest Gombrich denominaba como "el arte del *patterning tonal*"¹², puede provocar una reacción emocional en los espectadores.

El primer hito de nuestras tesis lo constituyó la otrora llamada Tesina, y hoy Trabajo de Investigación del Diploma de Estudios Avanzados o DEA, titulada *Goya y Beethoven: vidas paralelas* (en un velado paralelismo plutarquiano)¹³, (Facultad de Música y Ciencias de la Música, Universidad Autónoma de Madrid). El segundo fue nuestra Tesis Doctoral con Mención Europea (en idioma alemán) en Historia del Arte por la Universidad de Murcia titulada *La interrelación Música-Pintura: un análisis comparativo actualizado de sus principales fundamentos técnicos y expresivos*¹⁴.



Pues bien. Retomando el hilo de aquella Tesis debemos decir que la idea fundamental en la que se asientan nuestras propuestas teóricas que, a su vez, sirven de base para la preselección y elección de los estímulos y, por ende, son el sustrato de todas nuestras experimentaciones posteriores, es que, **cada acorde, cada sonido, cada pincelada o cada pintura, tienen explícitos elementos y/ o componentes que, a su vez, forman conceptos tales como velocidad, dinámica, densidad, aceleración, tesitura, ritmo, etc. Analizar estos componentes y establecer un paralelismo pictóricomusical común es, pues, la vía principal de nuestra investigación e ideas.**

Tres son las grandes incógnitas o preguntas que se plantean: la primera es **si existe un correlato neuronal musicopictórico determinado**, es decir, un itinerario o camino de encendido neuronal específico cuando vemos pintura y escuchamos música simultáneamente; la segunda, **si existen unos universales en la Música y en la Pintura**, es decir, unos elementos, componentes o conceptos que, por sí solos, aislados o en unión con otros, puedan provocar los mismos efectos emocionales en las personas, con independencia de razas, continentes o religiones.

El tercer gran interrogante sería **si estaría justificado**, desde el **punto de vista fisiológico**, el **posible fenómeno de la evocación entre la Música y la Pintura**.

Queramos o no la Pintura y la Música están compuestas por una serie de componentes, parámetros, elementos o "ingredientes". Al igual que en la construcción de un edificio, la elección de un determinado material constructivo hace variar las características intrínsecas de éste. Por tanto, la utilización de



unos determinados materiales y técnicas de construcción hace variar la percepción y, como consecuencia, su resultado afectivo en los espectadores, sean oyentes, videntes o “degustantes”.

Ahora bien, lo que se pretende investigar es ante *qué* tipo de condiciones, estímulos, circunstancias o propiedades se ponen en marcha *qué* tipo de mecanismos de *qué* tipo de resortes de *qué* tipo de emoción. Es decir, qué tiene que aparecer para generar un determinado tipo de evocación pictoricomusical a través de su consiguiente nexos emocional.

Es inevitable que unos determinados elementos constitutivos provoquen unas determinadas sensaciones emocionales en su sistema límbico y otras estructuras cerebrales, claro está. Lo que proponemos es que usted pudiera establecer una relación entre esos elementos constitutivos y su efecto emocional en su persona, de tal manera que, al final, se pudiera establecer qué elementos o combinación de éstos tienen que aparecer para generar un determinado tipo de evocación pictoricomusical a través de su congruente nexos emocional.

Y precisamente eso mismo sería lo que, a nuestro entender, podría ocurrir en el fenómeno de la evocación musicopictórica, es decir, cuando a usted, al escuchar una determinada música, le evoque una determinada pintura o viceversa.

Para el análisis y manejo de estos componentes hemos seguido el siguiente **modus operandi**. En primer lugar, hacer una suerte de **inventario** de recursos y procedimientos técnicos musicopictóricos.

En segundo, realizar una **disección de las estructuras** musicopictóricas. Por último, una **discriminación** de los componentes, parámetros, elementos e “ingredientes” por el método de aislamiento y comparación con el “**metodo minus / plus one**”, determinando el **valor emocional** bien **de un** determinado **parámetro**, bien **de la interacción** de varios de ellos.

Dos variables decisivas acechan a la potencial universalidad de los estímulos. Por un lado, la Cultura. Para evaluar el posible influjo de ésta hemos creado el concepto denominado **gradiente antropológico**. Éste designa la posible influencia de la Cultura en la evaluación emocional del estímulo, ora pictórico, ora musical. Para ello hemos propuesto una estimación personal calibrada en alta, media y baja, según consideremos la mencionada posible influencia cultural. Así pues, utilizaremos las denominaciones de **gradiente antropológico alto, medio o bajo** según sea el caso.

La segunda variable sería la de la experiencia personal de los espectadores, de cada uno de nosotros. De igual manera, hemos denominado a esta complejísima variable **gradiente autobiográfico**,

que podrá ser **bajo, medio** o **alto**, dependiendo de si se conocen las circunstancias personales del sujeto o que sea el mismo sujeto el que las reconozca o no. Hay que reseñar que el reconocimiento explícito de estas circunstancias es algo contingente y que no variará la influencia de éstas en la respuesta afectiva del sujeto, aunque sí, naturalmente, su explicación y fundamento. Es obvio que las circunstancias relativas a la raza, religión, continente, nivel social, edad, formación cultural, sexo, personalidad, estado afectivo o, incluso, el estado emocional momentáneo, pueden afectar a nuestra percepción emocional del objeto artístico, de igual manera que lo hacen en cualquiera de las facetas de la vida. Incluso nuestra propia reacción emocional ante un objeto, persona o información, no es la misma si ésta se produce en el instante siguiente a una llamada telefónica, en la que nos comunican el fallecimiento de un ser querido, como si, en esta misma llamada, lo comunicado fuese que hemos sido agraciados con un generoso primer premio en la lotería.

Quisiéramos hacer mención también a la **contextualización** en la que se percibe un determinado objeto. Pongamos un caso suficientemente explícito. No es lo mismo que veamos una foto de una persona ataviada con un capirote blanco, contextualizado en el Domingo de Resurrección de una población española cualquiera, con una esbelta torre de una catedral gótica al fondo, que veamos ese capirote, exactamente idéntico en forma

y color, en otra fotografía en la que aparece, en el fondo también, en la loma de un monte, una gran cruz ardiendo... Con ello pretendemos mostrar palmariamente que la reacción emocional a un mismo estímulo puede variar según el contexto en el que éste se encuentre.

El hecho de objetivizar la subjetividad a través del Arte no menoscaba en absoluto el poder y el valor del Arte. Como dice el Prof. Semir Zeki en su libro *La visión interior*:

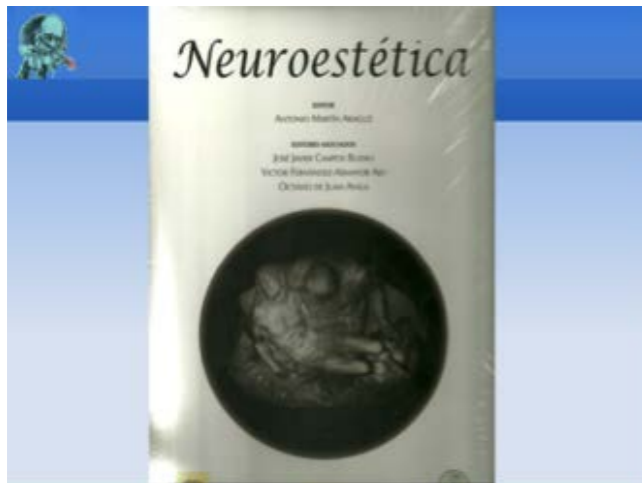
“Finalmente, espero que nadie crea que el conocimiento de lo que ocurre en el cerebro cuando contemplamos obras de arte desmitifica y vulgariza al Arte, reduciéndole a una fórmula y, por tanto, degradando la experiencia estética. El cerebro es un órgano muy bello, cuyo funcionamiento y formidables hazañas son, sin duda, uno de los grandes logros del lento proceso de la evolución. El conocimiento de sus operaciones y resultados, incluyendo a las obras de Arte que han enriquecido nuestra cultura y que tanto admiramos, no hace sino realzar el sentimiento de deseo y belleza, *porque entonces, no sólo comenzamos a admirar el resultado, sino también al órgano que es capaz de producirlo*” (la cursiva es nuestra)¹⁵.

Así pues, a modo de clarificación un tanto simple, podríamos decir que la búsqueda de *universales*, teniendo como origen la fisiología y la neurología básica tal y como la aborda Zeki, consistiría en una



experimentación a nivel de actividad casi monocelular ante mínimos cambios (color, orientación, forma, movimiento o dirección), mientras que nuestro planteamiento, en esa misma búsqueda de *universales* desde el punto de vista de la percepción emocional, promueve una experimentación a nivel de respuesta general emocional, analizando qué zonas perceptivas y qué zonas límbicas o frontales relacionadas con la emoción se activan cuando son expuestas a estímulos más complejos, como son los artísticos, de tal guisa que legitimen la interrelación emocional pictoricomusical¹⁴.

De hecho, la *Pictomusicadelfia* entronca de lleno con la *Neuroestética*, (*Neuroesthetics* o *neuroaesthetics* en lengua inglesa), es decir, el estudio cerebral de la belleza, término acuñado por Semir Zeki en 2002 como el estudio científico de las bases neurales de la contemplación y la creación de una obra de arte.



Creemos también oportuno traer a colación aquí lo que Nietzsche denominaba la *intangibilidad* de la Música, de su necesidad existencial. Quede patente aquí nuestra admiración por él y por Schopenhauer.

Quisiéramos aclarar que la **originalidad** de nuestro trabajo ha radicado, a nivel experimental, en la confrontación de obra de arte pictórica y obra de arte musical con su respuesta emocional.

Hasta ahora se había trabajado confrontando estímulos visuales y sonoros puros o, todo lo más, obra de arte visual o pictórica con estímulo puro, pero nunca siendo los dos estímulos obras de arte, con la complejidad del propio estímulo y de su interacción que ello implica (nuestros experimentos comenzaron a diseñarse en 2006).

La idea de la convicción y de la especificidad en la elección de la pincelada o el medio técnico pictórico o musical queda paradigmáticamente reflejado, creemos, en el ejemplo que referimos a continuación y cuyos bocetos aparecen en la imagen de arriba. Beethoven, en los últimos dos compases del cuarto movimiento, antes de atacar el brioso 5º movimiento, *Presto*, del *Cuarteto de cuerdas op. 131 en Do sostenido menor*, (como nos recuerda Romain Rolland en su impagable obra sobre la vida y obra del genio de Bonn¹⁶), realizó hasta un total de ¡15 esbozos! hasta decantarse por la solución definitiva, lo que nos invita a reflexionar sobre que estos grandes genios eran plenamente conscientes del valor estético y emocional intrínseco de cada una de las

elecciones de los medios técnicos e instrumentales elegidos en cada momento.

Parece igualmente oportuna y esclarecedora la profunda y sugestiva reflexión de Charles Nicholl cuando, hablando de la ejecución de la *Última Cena*, en su señera biografía sobre Leonardo da Vinci, escribe “la vasta narración visual que cubre los muros de la Grazie es el fruto de miles de pinceladas diminutas, de *millares de decisiones microscópicas* (la cursiva es nuestra). La familiaridad con que contemplamos una obra de Arte mundialmente famosa hace que nos parezca algo inevitable -¿acaso podría haber sido de otra manera?-, pero lo cierto es que cada milímetro de ella sólo ha sido posible tras un arduo combate”¹⁷.

Y es en esta línea de investigación donde nace en el 2007 el concepto de la *Pictomusicadelfia*.

Este término fue acuñado por el autor del presente artículo en su Tesis Doctoral con Mención Europea (en idioma alemán) leída en la Universidad de Murcia el 25 de Octubre de 2010, para designar el *hermanamiento o interrelación entre la Música y la Pintura a través del análisis de los recursos técnicos y expresivos*¹⁸. Fue concebida como herramienta metodológica y conceptual en la búsqueda de tres interrogantes, como recordamos ahora: la posible existencia de un correlato neuronal musicopictórico determinado, es decir, un itinerario o camino de encendido neuronal específico cuando vemos



pintura y escuchamos música simultáneamente; la segunda, si existen unos universales en la Música y en la Pintura, es decir, unos elementos, componentes o conceptos que, por sí solos, aislados o en unión con otros, puedan provocar los mismos efectos emocionales en las personas, con independencia de razas, continentes o religiones.

El tercer gran interrogante sería si estaría justificado, desde el punto de vista fisiológico, el posible fenómeno de la evocación entre la Música y la Pintura.

Los nuevos enfoques y datos han sido elaborados a través de estudios experimentales conductuales, electrofisiológicos con electroencefalografía (EEG) y de neuroimagen, con resonancia magnética funcional (fMRI) llevados a cabo hasta la fecha en la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de las Illes Balears de Palma de Mallorca y en el Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie de la Universidad de Tübingen (Alemania), donde, y respectivamente, han tenido una participación decisiva, además del autor, su Grupo de Trabajo, formado por el Profesor Javier Campos Bueno (Universidad Complutense de Madrid) y el Profesor Pedro Montoya



(Universidad de las Illes Balears de Palma de Mallorca), con la supervisión del eminente Profesor Niels Birbaumer (Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie de la Universidad de Tübingen (Alemania)).

El vocablo *Pictomusicadelfía* (picto-music-adelfía) contiene, amén de las cinco primeras letras de cada uno de los adjetivos pictórico y musical respectivamente, y por ese orden, lo que puede resultar una obviedad, el término de nueva creación *adelfía*, que proviene del sustantivo del griego moderno αδελφός, ού, que significa “hermano”. Este sustantivo resulta de la derivación del sustantivo de igual significado del griego clásico αδερφός, ού verificándose un proceso de palatalización de la letra r por la letra l, con lo que la fonética gana en suavidad. Y esa fue la razón por la que adoptamos la versión moderna y no la clásica para la fonética del sustantivo griego y, por ende, de nuestro término completo.

Así pues, la definición parcial del término sería la de “hermanamiento a través de la Pintura y de la Música” o “hermanamiento músico pictórico”. La traducción original de la palabra hermanamiento al griego moderno es αδελφοποίηση, pero la hemos rechazado tanto por su longitud como por su dificultad de pronunciación, al menos, para un desconocedor de la lengua griega moderna.

Las razones antes aludidas a la conveniencia de esta denominación son las siguientes:

1) la sinergia que resulta de la fundición de 8 palabras y 38 letras (la interrelación entre la Música y la Pintura) en una sola palabra de 17 letras.

2) aunque su valor denotativo sólo abarque 8 palabras (la interrelación entre la Música y la Pintura), su valor connotativo y, creemos, más específico, concreto y original, engloba a otras 10 más (a través del análisis de los recursos técnicos y expresivos) o sea, en total, 18 palabras y 88 letras fundidas en una sola de 17. Y es ésta la razón fundamental por la que estamos convencidos se justifica esta nueva denominación, si somos coherentes con lo que se ha expuesto en los párrafos precedentes.

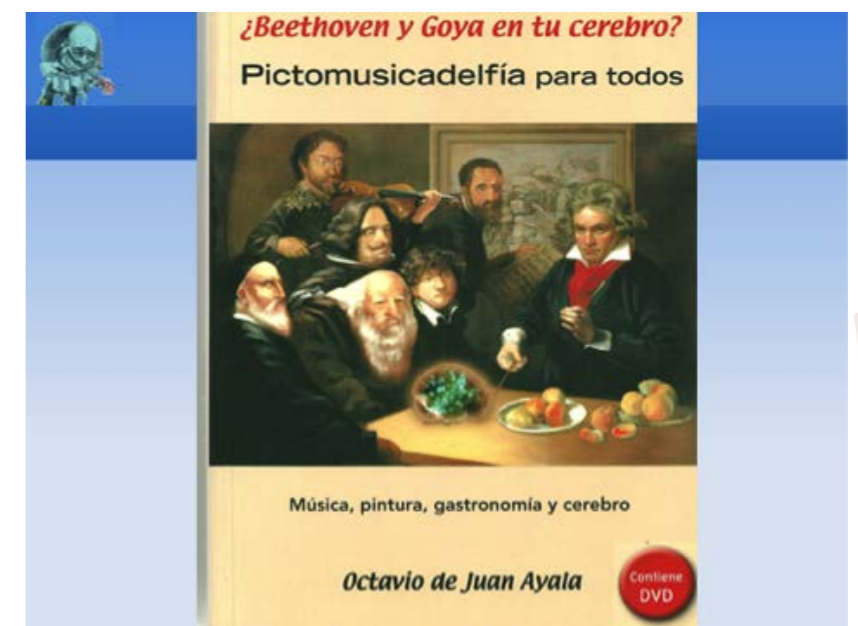
Son muchas y variadas las aproximaciones teóricas y experimentales que se han producido entre la Música y la Pintura y su relación con el cerebro desde el punto de vista de la psicología experimental o de la neurología. También se han dado pasos en la interrelación entre la Música y la Pintura al mismo nivel. Pero lo que hasta ahora no se había propiciado era esta interrelación a través del utillaje proporcionado por el minucioso análisis de cada uno de sus componentes, de la interacción entre ellos y el enfoque de cómo éstos provocan, a su vez, una determinada respuesta emocional.

Y por ello consideramos honestamente, que esta denominación *Pictomusicadelfía*, lejos de suponer un atrevimiento lingüístico, que lo es, nos puede proporcionar una herramienta semántica que pueda operar en pos de la concreción y definición de su significado y la evitación de malentendidos y ambigüedades. Es decir, que con ella tan sólo se pretende ofrecer una herramienta útil para explorar las emociones de nuestro cerebro.

El desarrollo de toda la conceptualización y experimentación relacionada con la *Pictomusicadelfía* puede ser encontrado en las páginas 24-40 de nuestro libro *¿Beethoven y Goya en tu cerebro? Pictomusicadelfía para todos. Música, pintura, gastronomía y cerebro*¹⁸.

Debido a la naturaleza de aquel trabajo, consideramos *imprescindible* adjuntar un DVD con los 99 ejemplos musicales y todas las imágenes a color que aparecen en este formato libro. Estos ficheros (los musicales) se pueden reproducir tanto como pista de audio en un lector de CD/DVD convencional o en formato MP3 en cualquier ordenador o reproductor de MP3. En ellos están incluidos los 52 ejemplos musicales utilizados para nuestro **Experimento 1**. De igual manera, el lector puede acceder en el DVD a los 32 estímulos en forma de vídeos con fragmentos musicales y cuadros utilizados en el **Experimento 2**, como referiremos en capítulos posteriores. Consideramos *muy recomendable* la audición de estos 99 Ejemplos musicales, sin cuya escucha la comprensión de nuestras ideas resultaría, cuanto menos, muy limitada.

¿Goya y Beethoven en tu cerebro? Pictomusicadelfía para todos no pretende cerrar o contestar repuestas, sino abrir o sugerir preguntas. Invita a cualquier persona, con independencia de su nivel cultural, artístico o científico a la reflexión personal y a enfrentarse a su propias emociones estéticas, a desarrollar la intuición personal y a aventurarse en el porqué de los mecanismos cerebrales y cognitivos que posibilitan el resultado de sus sensaciones delante de un cuadro o al escuchar una determinada música.





3. NeuroBeethoven: Artyciencia: Beethoven y la pintura en tu cerebro LIVE EXPERIENCE y del Artyciencia CYBER BRAIN: Beethoven y la pintura en tu cerebro o la exploración electrofisiológica del cerebro a través del Cuarteto de cuerdas op.131 de Beethoven (http://pictomusicadelfia.com/community/?page_id=51)

Artyciencia: Beethoven y la pintura en tu cerebro LIVE EXPERIENCE y del *Artyciencia CYBER BRAIN: Beethoven y la pintura en tu cerebro* han supuesto un novedoso concierto/experimento de *percepción musicopictórica en concierto en vivo*. La Dirección de los dos Proyectos ha corrido a cargo de quien esto escribe y el Prof. Javier Campos Bueno (Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid, en colaboración con esta Universidad y la Politécnica de Madrid, el CTB (Centro de Tecnología Biomédica) y el CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas de España), que en un futuro próximo será aplicado con herramientas electrofisiológicas y conductuales en concierto en directo a pacientes con *patologías neurológicas y oncológicas*.

ARTYCIENCIA CYBER BRAIN: Beethoven y la pintura en tu cerebro LIVE EXPERIENCE está concebido como la tercera fase del Proyecto ARTYCIENCIA, un proyecto muy novedoso que pretende vincular la expresión artística con sus aplicaciones prácticas. El Proyecto pretende aplicar los beneficios terapéuticos del arte a través de la modulación y regulación de las emociones de los pacientes hospitalarios de diversas patologías. Eventualmente podría suponer un punto de partida para la investigación de los procesos cerebrales relacionados con la expectativa, anticipación de futuro, asimilación del pasado y toma de decisiones cognitivas y conflictivas (emocionales) en los centros cognitivos superiores, en una tan complejísima actividad como la musical, tanto en la audición como la interpretación musical

La monitorización en vivo con registros de EEG (en cabeza) y micromovimientos (en cintura y hombros) pretende ser realizada en pacientes de patologías especialmente representativas de entre los diferentes tratamientos, como el de la Arteterapia, que pudieran llevarse a cabo eventualmente en un tipo de hospital como el Hospital de Denia dentro del Programa CUIDARTE, en estrecha colaboración con los respectivos jefes responsables de estos programas. El Proyecto sería igualmente extrapolable a otros hospitales e instituciones que, eventualmente, se pudiese determinar.

ARTYCIENCIA CYBER BRAIN, aparte de como mera e original actividad cultural abierta al público "sano" en general, que, por supuesto, también podría y debería tomar parte en el experimento como sujetos control, supone una absolutamente novedosa experimentación conductual y electrofisiológica en directo, dividida en varias fases.



so un muy innovador abordaje en la investigación de las emociones humanas frente a las obras de arte en vivo.

Pretendía investigar cómo determinados cambios parametrales y perceptuales constitutivos de las obras de arte musicales (en este caso concreto, la obra maestra, *Meisterwerk*, de Beethoven) y pictóricas (cuadros pintados *ad hoc* para el experimento) interpretadas/mostradas en vivo/directo y su interacción pueden hacer variar la emoción personal del sujeto, evaluada a través de métodos conductuales (Método SAM). Más detalles del *Proyecto Artyciencia*, pueden verse aquí: <http://www.youtube.com/watch?v=JQuRn-bN2BQ>. En el video puede verse una selección tanto del vídeo introductorio como imágenes grabadas en directo del estreno que se llevó a cabo el 31 de enero de 2012 en Centro Párraga de la ciudad de Murcia, en donde se podrá visualizar y escuchar mejor parte de los estímulos utilizados y el *modus operandi* de nuestro Proyecto.

Posteriormente, en su segunda fase, **ARTYCIENCIA CYBER BRAIN** representó rigurosamente el primer multiregistro electrofisiológico simultáneo hecho hasta la fecha (Junio 2013), de la activación cerebral de un cuarteto de cuerda (*Cuarteto Almus* y, semanas más tarde, otro cuarteto de alumnos formado *ad hoc*) llevado a cabo con cascos de registro encefalográfico (EEG) o electroencefalografía, que permitió observar la actividad cerebral (EEG o electroencefalograma) previamente en condiciones de laboratorio.

Su primera fase consistió, tras casi cinco años de preparación, en la *premiere* del Concierto/experimento que se llevó a cabo el 31 de enero de 2012 en Centro Párraga de la ciudad de Murcia, donde participó público "normal", sin patologías detectadas así como un grupo de cinco chicos de la Asociación Argadini con trastornos de Síndrome de Down expresamente venidos con sus cuidadores desde Madrid para tomar parte en la experimentación. Supu-



ARTYCIENCIA CYBER BRAIN: Beethoven y la pintura en tu cerebro LIVE EXPERIEN-CE, en su tercera fase, todavía en fase de desarrollo, tiene como objetivo investigar de la monitorización en vivo con registros de EEG (en cabeza) y micromovimientos (en cintura y hombros), así como con métodos conductuales de evaluación, cómo esa respuesta emocional puede cambiar entre el antes y el después de la aplicación de un determinado tratamiento terapéutico o farmacológico (se le calcula una diferencia de unos 6 meses de media) en pacientes de enfermedades neurodegenerativas u otras que afecten al comportamiento, y permitirles convivir mejor con sus emociones durante la enfermedad y ser capaces de experimentar con más intensidad los momentos de felicidad.

Para ello se realizarán también unos cuestionarios de felicidad general/optimismo/entendida felicidad/escala de satisfacción (Selington/Baron Cohen antes y después de cada concierto/experimento. Igualmente, y al margen de los grupos de pacientes seleccionados en cada una de las actuaciones, el concierto/experimento estará abierto a un público de individuos sanos, que actuarán de grupo control.

Un elemento clave de este Proyecto en todas sus fases es la actuación en directo del Cuarteto Almus interpretando el *Cuarteto op. 131* de Beethoven. Coincidiendo con pasajes claves de la obra Beethoven por su contenido emocional y parametrar los sujetos tendrán ocasión de ver proyectadas en una pantalla una veintena de imágenes pictóricas realizadas *ad hoc* por el pintor Juan Antonio Martínez Calero, Calero y José López Lara, Lara, utilizando en ellas una traducción procedimental pictórica de los recursos y medios expresivos musicales empleados por Beethoven, obtenida tras

un minucioso análisis de los recursos y medios expresivos a través de unas propuestas de paralelismo físico y perceptivoemocional. Estas estrategias se engloban dentro del concepto general por nosotros creado de la Pictomusicadelfia (www.pictomusicadelfia.com). Supuestamente esta estrategia debería contribuir a potenciar el valor emocional de la obra musical, aunque en este proyecto preliminar estos aspectos no se estudiarán en detalle.

ARTYCIENCIA CYBER BRAIN: Beethoven y la pintura en tu cerebro LIVE EXPERIEN-CE, ya en su tercera fase, no se limita a la realización de un concierto /experimento sino que pretende abordar el estudio de la utilidad de la terapia preventiva y aplicación de la arteterapia musical y visual, o en la percepción y emoción artística en la búsqueda de los posibles universales musicopictóricos relacionados con el fenómeno de la evocación musicopictórica y con la empatía entre los intérpretes y la obra y la capacidad de transmisión de estas emociones al público. Asimismo pretende investigar de manera empírica el curso temporal de la valoración de la emoción durante la audición de un concierto. Eventualmente podría suponer un punto de partida para la investigación de los procesos cerebrales relacionados con la expectativa, anticipación de futuro, asimilación del pasado y toma de decisiones cognitivas y conflictivas (emocionales) en los centros cognitivos superiores, en una tan complejísima actividad como la musical, tanto en la audición como la interpretación musical.

ARTYCIENCIA CYBER BRAIN aspira a convertirse en una herramienta útil, dinámica y efectiva para ayudar a investigar cómo los procesos perceptivos de la música y la pintura en vivo pueden hacernos entender la evaluación emocional de personas con diferentes patologías cerebrales o somáticas y cómo ello pueda servir a proporcionarles unas mayores dosis de felicidad en la relación con su entorno afectivo.

Por la otra, se han diseñado test específicos muy completos para medir la *valencia*, el *arousal* y sus emociones relacionadas (tristeza, alegría, felicidad, enfado, ira, miedo, sorpresa y ansiedad) a complementar durante el desarrollo del concierto/experimento por los sujetos de patologías seleccionadas *ad hoc* y otros sujetos control sanos y público en general.

Esta experiencia pretende legitimar el valor del arte pictórico-musical en la generación de estados emocionales y su valoración conductual mediante cuestionarios. También pretende abordar el estudio de posibles correlatos neuronales de pacientes y sujetos controles (a través de técnicas de EEG y fMRI) entre las valoraciones conductuales y emocionales y la actividad de diferentes regiones del cerebro.



Como se ha descrito en los párrafos anteriores, el cambio controlado de los parámetros musicales y pictóricos puede influir en la respuesta emocional que provocan. Sin embargo, no se conoce de manera empírica el curso temporal de la valoración de la emoción durante la audición de un concierto. Tanto el tratamiento terapéutico que habitualmente se realiza con pacientes de distintas patologías en los hospitales como la realización de una actividad extraordinaria, como es la participación activa en la audición del *Cuarteto op. 131* de Beethoven, deberían de contribuir a mejorar el bienestar de los pacientes. Aquí se propone medir el curso temporal de la respuesta emocional de los pacientes durante la audición de los dos conciertos programados, uno al comienzo del tratamiento y otro durante una fase avanzada del mismo (hacia los seis meses del comienzo).

Para ello se diseñarán test específicos para medir la *valencia* (agradabilidad), el *arousal* (activación) y sus emociones relacionadas (tristeza, alegría, felicidad, enfado, ira, miedo, sorpresa y ansiedad).

En resumen, la tercera fase de este Proyecto propone, con respecto a la primera originaria, fundamentalmente:

- a) El registro de la actividad cerebral in situ mientras se realizan los cuestionarios de evaluación conductuales por medio de un interfaz que incorpora EEG (electroencefalografía) varias aplicaciones informáticas.

- b) Mayor variedad y complejidad en la variedad y complejidad de los grupos patológicos/*de individuos con diferentes patologías* que puedan participar, en relación con la primera fase (recordemos que ésta sólo incluyó individuos sanos y cinco pacientes del espectro Down)
- c) Inclusión de test previos y posteriores al concierto/experimento relacionados con la actitud empática en la respuesta emocional del cuestionario con las dos dimensiones más importantes de la emoción (*valencia*, *agradabilidad* y *arousal*, activación, según la propuesta del Método SAM de Peter Lang.
- d) Medición del **curso temporal de la respuesta emocional de los pacientes durante la audición de los dos conciertos** programados por hospital o institución médica.
- e) Una estrecha colaboración específica con los profesionales, fundamentalmente, con los neurólogos y especialidades relacionadas con el comportamiento humano, de los hospitales y entidades médicas que puedan tomar parte en el Proyecto, que puedan adecuar Artyciencia, entendida como "herramienta investigadora", a la problemática y necesidades del Centro en cuestión y, por ende, redundar en la eficiencia específica y holística de la experimentación.

Los estudios previos de nuestro grupo de investigación estudiando el valor emocional de la música y la pintura han puesto de manifiesto que:

- 1) En primer lugar, la influencia de la música sobre el valor afectivo de una pintura. En particular mediante escalas conductuales adaptadas por nosotros se han podido estudiar emociones artísticas^{19,20}. Igualmente se ha encontrado que la música tiene un efecto más pronunciado sobre la *valencia* de las imágenes pictóricas, en particular sobre la *valencia* positiva y, sorprendentemente, una influencia emocionalmente negativa de la pintura sobre todas las categorías de *valencia* en la *valencia* positiva de la música²¹. Lo más interesante de este resultado, en relación con la parte terapéutica del Proyecto, es la constatación de que **a través de la música y la pintura es posible inducir estados emocionales que pueden ser medidos conductualmente** (Fig 1).

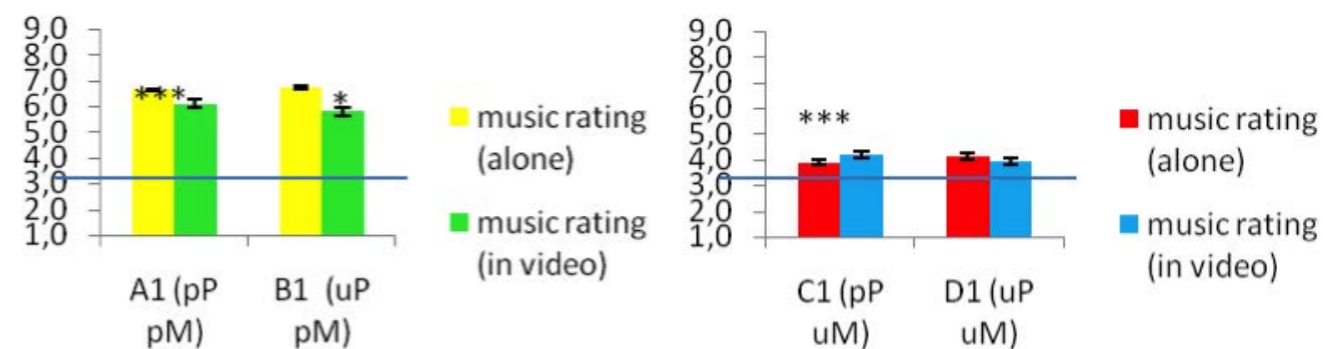


Figura 1. Influencia de la pintura sobre la valencia de la música

- 2) En segundo lugar, **es posible evaluar el curso temporal del estado afectivo que los sujetos pueden experimentar mientras escuchan una pieza musical**, acompañada o no de otros elementos artísticos, como pueda ser la contemplación de pinturas seleccionadas con la pretensión de contribuir a potenciar el valor emocional de la obra musical. Para ello los sujetos responden a lo largo de la audición a un cuestionario que permite valorar la *valencia* y el *arousal* de los estímulos (véase http://www.pictomusicadelfia.com/community/?page_id=51). Con estos datos conductuales es posible evaluar (véase Fig. 2) el curso temporal del estado afectivo y el **momento de mayor intensidad emocional de la obra artística**²².



Figura 2. Curso temporal del valor afectivo de la interpretación del *Cuarteto op. 131* de Beethoven

Artyciencia CYBER BRAIN no se limita a la realización de un concierto /experimento sino que pretende abordar el **estudio de la utilidad de la terapia preventiva y aplicación de la arteterapia musical y visual**, o en la percepción y emoción artística en la búsqueda de los **posibles universales músicopictóricos** relacionados con el fenómeno de la evocación musicopictórica y con la empatía entre los intérpretes y la obra y la capacidad de transmisión de estas emociones al público.

Eventualmente podría suponer un punto de partida para la investigación de los procesos cerebrales relacionados con la expectativa, anticipación de futuro, asimilación del pasado y toma de decisiones cognitivas y conflictivas (emocionales) en los centros cognitivos superiores, en una tan complejísima actividad como la musical, tanto en la audición como la interpretación musical.

Artyciencia CYBER BRAIN, pretende, a través del Arte y de la Ciencia, hacer feliz a los científicos y, sobre todo, a los pacientes.

4. El Concierto de las Neuronas (El canto de las neuronas)

o la investigación sobre el Alzheimer, a través de la sonificación de las espinas dendríticas (representación musical de la distribución de las espinas dendríticas)(http://pictomusicadelfia.com/community/?page_id=248)²³.

Las neuronas más típicas y abundantes de la corteza cerebral son unas bellas células de formas delicadas y elegantes, las células piramidales, a las que Santiago Ramón y Cajal llamó las "misteriosas mariposas del alma". Estas neuronas están constituidas por un cuerpo celular (soma) del que surgen varias prolongaciones de las cuales solamente una de ellas es el axón, siendo el resto dendritas. Estas dendritas poseen, a

su vez, unas pequeñas protrusiones que recuerdan a las espinas de los rosales; de ahí que estas tomen el nombre de espinas dendríticas.

Las espinas dendríticas se consideran la estructura básica en las funciones de la plasticidad, el aprendizaje y la memoria. Este hecho es la razón por la cual el estudio de la espina dendrítica es una cuestión de gran interés en la actualidad.

Nuestro estudio de la distribución y la morfología de las espinas dendríticas en el cerebro normal, y en los pacientes de la enfermedad de Alzheimer, se ha desarrollado recientemente como una herramienta de detección, utilizando notas musicales*.

Esta forma de análisis consiste en que las características morfológicas más relevantes de la estructura de la espina dendrítica, y su distribución espacial en una neurona determinada, se transforma en notas musicales sobre la base de los atributos que definen cómo el ser humano percibe los sonidos musicales: timbre, tono, amplitud y duración.

Para la representación de éstos, utilizamos el pentagrama musical habitual.

Así, hemos demostrado, que análisis de audio de las espinas dendríticas, aparentemente similares en morfología y distribución, puede "sonar" muy diferente, lo que permite la detección de diferencias estructurales, que podrían no aparecer mediante simple inspección visual.

Este método, la reproducción de las frases musicales obtenidas, proporciona una manera rápida y fácil para discriminar diferentes situaciones. Al mismo tiempo, una de las propiedades más interesantes de la herramienta es que, una traducción musical morfológica puede servir como guía para los análisis matemáticos de la estructura de las células piramidales.

Posteriormente, cuando se escucha el mapa musical de las dendritas, podemos averiguar sustratos anatómicos que no son obvios o bien han pasado desapercibidos en la simple inspección visual.

La música no es, de esta manera, sólo para el disfrute o una expresión artística simple. También nos permite explorar el interior del cerebro y aprender sus misterios a través del "canto de las neuronas"

¿Cómo sonarán las neuronas de diferentes áreas corticales en el cerebro humano o en de otras especies, o en de





otros humanos cuando el cerebro está enfermo? **¿Puede la Música ser la clave para desbloquear algunos de los secretos del bosque neuronal?**

¿Cuántos otros secretos pueden ser descubiertos por las notas de un Cuarteto de Beethoven*?

* **El Concierto de las Dendritas (o el Canto de las Neuronas)** supuso la presentación oficial de esta nueva herramienta neuroinformática. Este evento tuvo lugar el **29 de octubre de 2014** en la **Sede Central del CSIC** (Centro Superior de Investigaciones Científicas) en **Madrid** a las 7 de la tarde con la presencia de **Su Majestad la Reina Sofía**. El **Cuarteto Almus** sonidificó los ejemplos de las dendritas seleccionados pertenecientes a los pacientes de diferentes edades y en diferentes etapas de la enfermedad de Alzheimer. La presentación se llevó a cabo, por el prestigioso neurobiólogo Prof. **Javier de Felipe**, como jefe de este grupo nuestro de investigación.

The slide features a diagram of a neuron and text in Spanish: 'distribución sónica espacial de las espinas dendríticas', 'OÍDO VS. OJO', 'AND THE WINNER IS...', 'mínima expresión de nuestra "historia censora"', '= 20.000 espinas!!!', 'mínima unidad de información censoral', and 'sonido_visual_18_3_2011-1.ogv'. It also includes a URL and three images of dendrites labeled 'NEUROINFORMÁTICA'.

Three staves of musical notation for Piano, Trumpet, and Violin, showing a simple melodic line.

(a) Timbre. From top to bottom: piano, trumpet, violin.

A single staff of musical notation showing the notes of a diatonic scale.

(b) Pitch. From left to right: notes of the diatonic scale.

Musical notation with dynamic markings (pp, mf, f, ff) and three corresponding images of dendrites showing increasing volume.

(c) Amplitude. In this example, it represents spines' volume. From left to right: *pianissimo* (volume = $0.17\mu\text{m}^3$), *mezzo-forte* (volume = $0.24\mu\text{m}^3$), *forte* (volume = $0.57\mu\text{m}^3$), *fortissimo* (volume = $1.52\mu\text{m}^3$).

5. Conclusiones

A principios del pasado siglo XX, alguna mente lúcida dijo que "la hipótesis es un puente tendido entre la realidad y lo desconocido" (el prestigioso neurocientífico español Carlos Belmonte empleó, como miembro del Tribunal, la expresión "tendedor de puentes" para definir a quien esto escribe a la salida de su Tesis Doctoral). Ansiamos con todas nuestras fuerzas y esperanzas que este puente por nosotros tendido, en el que ondea la **Pictomusicadelfía**, a través de estas páginas, pueda resultar sólido y aguante las embestidas presentes y futuras del oleaje de ese mar embravecido que son las percepciones y emociones humanas. En cierta noche mediterránea un amigo sugirió que lo que hacía la **Pictomusicadelfía** era buscar la genética de la Música y la Pintura, su mapa genético. Quizás tuviese razón...

A pesar de que somos plenamente conscientes de que sólo se han andado los primeros pasos del camino, albergamos una honesta pero profunda convicción y confianza en que se puede estar abriendo una nueva vía de pensamiento y de exploración del mundo de los sentidos y de las emociones que nos rodea, que nos puede proporcionar, tanto un mayor goce y fruición de los fenómenos estéticos que lo perceptivo y lo emocional conllevan intrínsecamente, como un conocimiento de las bases neuronales y psicológicas de una realidad que nos individualiza como seres humanos y que

nos hace, precisamente, *humanos*, y que puede llevarnos también, quizás, a la apertura de nuevas facetas terapéuticas y clínicas que contribuyan a mejorar nuestra salud física, mental y espiritual.

Hemos visto, a lo largo de estas líneas, cómo actualmente se encuentran abiertas diferentes líneas de investigación con 1) *Experimentos conductuales utilizando electroencefalografía (EEG) y neuroimagen con fMRI (resonancia magnética funcional)*, 2) *en la enfermedad de Alzheimer, a través de la sonidificación de las espinas dendríticas (representación musical de la distribución de las espinas dendríticas)*, en la 3) *Sincronización cerebral al tocar un Cuarteto de cuerdas de Beethoven o en la 4) Percepción musicopictórica en concierto en vivo con los Proyectos Artyciencia y ARTYCIENCIA CYBER BRAIN: Beethoven y la pintura en tu cerebro LIVE EXPERIENCE.*

Pero también la Música, nos puede o podrá ayudar a abordar, a quien esto escribe y con diferentes grupos de trabajo, la problemática del 1) *Oído absoluto y visión absoluta: ¿sus fuentes genéticas?*. Instituto de Neurociencias, Alicante (España), (Profs. Miguel Valdeolmillos y Joaquín Ibáñez), el fascinante mundo de la 2) *Sinestesia: análisis y las relaciones entre la música, las artes y la literatura del siglo XX. Para una cosmología de los sentidos.* Ministerio de Cultura (España), proyecto de I + D + I HAR 2011-29305. Complutense Universidad de Madrid (Prof. Antonio



González) o el onírico 3) *Efecto de la música sobre el insomnio*. Hospital Central de la Defensa "Gómez Ulla", Madrid, (Prof. A. Martín Araguz)²³.

Porque la Música nos abre un abanico casi insondable de posibilidades exploratorias de nuestra esencia fisiológica, mental y espiritual de *Homo Sapiens*. Sí, el ARTE...y la EDUCACIÓN de nuestros niños, de nuestros jóvenes, de nuestros adultos, de nuestros CEREBROS...

Referencias bibliográficas

¹ DeJuan-Ayala, O. (2012). *¿Beethoven y Goya en tu cerebro? Pictomusicadelfía para todos. Música, pintura, gastronomía y cerebro*. Murcia: Ed. Compobell.

² DeJuan-Ayala, O. (2011). *Pictomusicadelfía: Música, Pintura y Cerebro...¿La Neurona (o)culta*. Saarbrücken: EAE.

³ Storr, A. (1992). *Music and the Mind*. London: HarpersCollins Publishers, (ed, española, *La Música y la mente*, Ed. Paidós, Barcelona, 2002, p.34.

⁴ Anthony Storr, *op.cit*, p.66.

⁵ Jankélévitch, V. (1961). *La Musique et l'Ineffable*. Trad. esp.: *La música y lo inefable*, Alpha-Decay, Barcelona 2005, p. 25.

⁶ Goleman, D. (1995). *Emotional intelligence*. New York: Bantam Books.

⁷ Hidalgo, M. (1979). *La rebelión de los personajes en Unamuno y Pirandello*, Alicante: Discurso de Ingreso en la Sociedad de Médicos Escritores, p 10.

⁸ d'Aquili, E. G. (1990). *Brain, symbol & experience : toward a neurophenomnology of human consciousness with Charles D. Laughlin and John McManus*. New York: New Science Library.

⁹ De Felipe, J. (2007). *Paisajes neuronales, Homenaje a Santiago Ramón y Cajal*, Madrid: CSIC, p.45, 97.

¹⁰ Cajal, SR. (1894b). Consideraciones cerebrales sobre la morfología de la célula nerviosa, *La Veterinaria Española*, 37 (números 1320- 1322): 257-260, 273-275,289-291

¹¹ Bavelier, D. J. Neville, H. (2002). Cross-modal plasticity: where and how?. *Nature reviews | Neuroscience*, volume 3 | June, p. 443.

¹² Gombrich, E.H. (2004). *The Sense of Order: a Study in the Psychology of Decorative Art*. Oxford: Phaidon 1979, (trad. esp. *El sentido del orden*, Barcelona: Editorial Debate, p. 285-306).

¹³ Plutarco. (1998) *Vidas paralelas*. Alcibiades-Coriolano; Sertorio-Eumenes, Madrid: Alianza Editorial.

¹⁴ DeJuan-Ayala, O (2010). *La interrelación música pintura: un análisis comparativo actualizado de sus principales fundamentos técnicos y expresivos*. Murcia: Tesis en Universidad de Murcia, TDR.

¹⁵ Zeki, S. (2005) *Inner Vision: an exploration of art and the brain*, Oxford: Oxford University Press (ed. en español, *Visión interior. Una investigación sobre el arte y el cerebro*. Madrid: Machado Libros, p.235.

¹⁶ Rolland, R, *op. cit*, p. 367.

¹⁷ Nicholls, C. (2005) *Leonardo da Vinci, Flights Of The Mind*. London: Penguin (Non-Classics), (trad. esp. *Leonardo, El vuelo de la mente*, Taurus, Madrid 2006, p.326.

¹⁸ DeJuan-Ayala, (2012) *op.cit*, p. 33.

¹⁹ Campos Bueno, J. J., DeJuan Ayala, O., Montoya Jiménez, P., (2009) *Emociones artísticas inducidas evaluadas me-*

diante escalas conductuales aplicadas en un Campus Virtual. En *Buenas prácticas e indicios de calidad*. Coord. Fernández-Valmayor Crespo A., Sanz Cabrerizo A. y Merino Granizo J., Madrid: pp. 209-212.

²⁰ Campos-Bueno, J. J., DeJuan-Ayala, O., Montoya, P., Birbaumer, N. (2015). *Emotional Dimensions of Music and Painting interactions*. Oxford: Oxford University Press. *The Spanish Journal of Psychology*, 18, E54 doi:10.1017/sjp.2015.53.

²¹ DeJuan Ayala, O. (2009) *Induced Emotion by the Music and Painting, Art and Science: exploring the limits of human perception*, Benasque. Spain. 12-Jul 17 2009, Org. Martínez, L. M., Martínez-Conde S., Nieto M.A., Wiesel T. N.

²² Koelstra, S., Mühl, C., Soleymani, M., Lee, J-S., Yazdani, A., Ebrahimi, T., Pun, T., Nijholt, A. & Patras, Y. (2012) *DEAP: A Database for Emotion Analysis Using Physiological Signals*. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 3: (1), 18-31.

²³ Toharia, P., Morales, J., DeJuan, O., Fer-naud, I., Rodríguez, A., DeFelipe, J. (2014) *Musical representation of dendritic spine distribution: A new exploratory tool*. *Neuroinformatics*. 2014 Apr; 12(2):341-353.

²⁴ Martín Araguz, A. (editor. princ). Campos Bueno, J. DeJuan Ayala, O. Fernández-Armayor, V. (editores asociados) (2010) *Neuroestética*. Madrid: Editorial Saned y Sociedad Española de Neurología. p. 235.◀

◻ Recibido: 12/11/2015
✓ Aceptado: 15/03/2016