Creatividad y Sociedad

Creatividad en imagen, cine, TV y medios interactivos

nº extraordinario · mayo 2019

Creatividad en el lenguaje musical: Transportación de las coordenadas cromáticas procedentes de la luz y su traducción en sonido

Creativity on musical language: Chromatic points from Light into Sound translation transportation

Sergio Gómez Ortiga

Investigador predoctoral

Dpto. Comunicación Audiovisual, Publicidad y RR.PP.

Facultad de Ciencias de la Información

Universidad Complutense de Madrid

Recibido: 15 de marzo de 2019

Aceptado: 25 de mayo de 2019

Para citar este artículo: Gómez-Ortiga, S. (2019). Creatividad en el lenguaje musical: Transportación de las coordenadas cromáticas procedentes de la luz y su traducción en sonido. *Creatividad y Sociedad* (extraordinario) 349-371

Recuperado de: http://creatividadysociedad.com/articulos/31/ 11. Creatividad en el lenguaje musical: transportación de las coordenadas cromáticas procedentes de la luz y su traducción en sonido.pdf

Resumen

Gracias a la naturaleza compatible entre Luz y Sonido, su comportamiento físico como ondas sinodales, es posible realizar una conversión de las coordenadas cromáticas de cada color de la Luz en Sonido y compararlas con las frecuencias de las notas musicales. Mediante esta técnica, no sólo podemos analizar desde un punto de vista creativo la coloratura de una partitura, sino también disponer de nuevas herramientas encaminadas a la futura composición musical que tenga por fin último un objetivo artístico ligado al intimista propósito de la creación de un paisaje o cuadro sonoro abstracto. Este método también podría ayudar desde el punto de vista docente, al estudio musical de la tímbrica y a sus infinitas posibilidades según la intención cromática que se busque.

Palabras clave

Luz · sonido · conversión · colores · notas musicales · frecuencia

Abstract

Thanks the compatible nature between Light and Sound, its physical behavior as sine waves, it is possible establishing a conversion of chromatic points per each color from Light into Sound, so that they can be compared with musical note frequencies. By means of this technique, not only we can analyze from a creative point of view the color faculty per each score, but as well as getting new tools in order to allow a future musical composition it has as a final aim, an artistic objective together with intimist sound abstract landscape or canvas purpose of creation. This method can also help from docent sight of view with the musical study of timbre and its endless faculties depending on the chromatic intention it be desirable.

Key words

Light · sound · conversion · colors · musical notes · frequency

1. Introducción

Durante mucho tiempo se ha especulado sobre la relación entre Luz y Sonido. En diferentes áreas, los artistas han tratado de traer a su campo de estudio e investigación aspectos formales propios de otra disciplina perteneciente a otra dimensión. Desde el panorama plástico, artistas como Kandinsky, Klee y Kupka han procurado en sus obras hacer una traducción musical de los colores. Paralelamente en el ámbito de la música, compositores como Liszt comprendían la forma de tocar de los instrumentistas con tonalidades cromáticas o Debussy que tradujo el cuadro: *La Gran Ola de Kanagawa* del artista japonés Hokusai en música a través de su obra sinfónica: *El Mar*. Contemporáneos como John Cage, que procuró la realización de experimentos sonoros relacionados con el silencio (lo que sería un negro para sonido) con su obra: *4'33*". Y en 2003 y 2005, el artista monocromático y primer ciborg: Neil Harbisson creó las *Escalas Sonocromática Musical y Sonocromática Pura* en las que se relacionan notas musicales y frecuencias audibles con colores del espectro visible, respectivamente.

2. Estado de la cuestión

Como enunciábamos anteriormente, ha habido grandes artistas que procuraron vincular la dimensión del arte plástico y musical a un mismo campo, unificándolo en uno propio. Este término que ha sido utilizado a lo largo de la historia es: "*Arte Sonoro*".

En tiempos del Romanticismo, a fines del siglo XVII, existieron escritores, poetas y artistas como Ludwig Tieck, Heinrich Heine y Philipp Otto Runge, respectivamente, que empezaron a especular la significativa relevancia de la música a la hora de llevar a cabo un proceso artístico. No obstante; para Runge, el papel de la música era indispensable, considerando a ésta como la fuente esencial de todas las vertientes creativas.

La aportación de Runge es importante hoy en día debido a su forma de entender el arte, adelantada a su tiempo.

> Sus obras; a las que él mismo denominaba 'poemas con coro abstracto y pictórico fantástico-musical'; eran en sí mismas composiciones en todas las artes. Un conjunto en el que una única arquitectura alzaba a todas ellas en una misma edificación (Honour, 2018, p.17).

Siguiendo esta línea, el compositor alemán Richard Wagner influyó con su música a escritores y ensayistas de la época, que hablaban por primera vez de fusionar música y arte. En concreto, Charles Baudelaire en su obra: "*Teoría de las Correspondencias*" y Stephane Mallarmé: "*Ensoñación de un Poeta Francés*". Además, desde el punto de vista pictórico, Paul Gauguin empezó a establecer teorías que entrelazaban conceptos de música y color: El color es el lenguaje del ojo que escucha con sus cualidades sugestivas, es en definitiva la música de la pintura (Larson, 2018, p.192). No obstante; aparte de Gauguin, otros artistas coetáneos a éste como Gustav Klimt, establecieron puentes entre obra plástica y sensaciones sonoras.

A continuación, el pintor ruso Wassily Kandinsky, quizá el autor más importante en cuanto a la contribución del "*Arte Sonoro*" establecería diversos tratados sobre el color y la música durante su estancia en la "*Escuela de la Bauhaus*", junto a otros artistas e investigadores del color como Paul Klee.

Adölf Holzel tomó de referencia las composiciones del músico y pintor Arnold Schönberg; del que también se inspiraría Kandinsky para sus estudios del color; y en base a esto, tradujo el concepto de harmonía en sus cuadros. Poco a poco, los conceptos musicales se fueron introduciendo en mayor medida en el ámbito de la pintura, así, František Kupka representó la idea de ritmo partiendo de composiciones musicales como la polifonía o la fuga.

Finalmente, los Futuristas consiguieron traer a sus obras artísticas la sensación de movimiento y dinamismo. Los Cubistas, por su parte, el concepto de fondo y de

perspectiva y profundidad.

En contraparte, el panorama musical tardó más tiempo en tratar de adelantar los conceptos de pintura a sonido:

Franz Liszt ya demostraba sus grandes dotes musicales desde pronta edad; no obstante, empezó a asociar tonalidades sonoras con colores, y en ciertas ocasiones, esto le produjo algunas dificultades a la hora de entenderse con los instrumentistas de la orquesta.

A principios del siglo XX, compositores contemporáneos como Claude Debussy tradujeron a sonido cuadros pictóricos como en el caso de su obra "*El Mar*", a partir de un lienzo del artista japonés Hokusai: "*La Gran Ola de Kanagawa*". Por último, Debussy llevó a cabo una forma distintiva de tocar las teclas del piano de una forma punteada de acuerdo a consideraciones impresionistas. Por otra parte, el compositor Igor Stravisnky estableció el sentido de la dimensión de acuerdo con la técnica pictórica que llevaron a cabo Georges Bracques, Juan Gris y Pablo Picasso.

A partir de este momento, se empieza a considerar el sonido como un arte en sí mismo, sin la necesidad de ser entendido a partir de otra forma de expresión artística.

Durante mediados del siglo XX, los nuevos artistas sonoros se centran en la experimentación propia del sonido, coloreándolo y moldeándole, confiriéndole así una forma concreta. Durante estos comienzos de la nueva era, destacan John Cage, partícipe del nuevo concepto de "Arte Sonoro" y Morton Feldman, creador de la música gráfica.

De Lio (1996) nos ayuda a entender el pensamiento de Feldman a través de su cita directa:

> Y en palabras del propio Feldman: …había una deidad en mi vida, y ésta era el sonido. Todo lo demás fue después del hecho…El proceso fue

> después del hecho. …vivo en una realidad muy acústica. Para mí, no hay nada como una realidad compuesta (p.67).

Las dinámicas sonoras de mediados y finales del siglo XX vienen acompañadas de artistas sonoros que combinan imagen y sonido. Se hacen llamar artistas audio-visuales debido a la dualidad de ambos soportes con los que exponen sus obras de arte en directo. Dentro de este grupo de artistas destacan: Max Eastley, Janek Schaefer, Knut Aufermann, Vicki Bennett y Simon Emmerson.

> En una entrevista que le concedieron, Vicki Bennet habla sobre su trabajo en materia de sonido. Según ella, es difícil categorizarlo con un término específico. Ha definido su actividad artística desde conceptos más generales como arte sonoro y arte sónico hasta más específicos: arte collage, plunderfonía, arte digital, música vanguardista, música contemporánea, cortometrajes,… (Gibbs, 2007, p. 43).

En el nuevo milenio, el artista sonocromático Neil Harbisson, a causa de sufrir acromatopsia (percepción de la realidad en escala de grises), estableció la primera relación evidente entre música y color con su "*Escala Sonocromática Musical*" (2003), y posteriormente con las frecuencias sonoras: "*Escala Sonocromática Pura"* (2005).

Para terminar, entre los años 2011 y 2018 ha surgido una generación de músicos y productores de sonido electrónico que ha cambiado la forma de entender la relación entre música, sonido e imagen fusionados en un mismo espectáculo. Entre ellos, destacan: Tim Bergling (Avicii) y Kyrre Gørvell-Dahll (Kygo).

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Investigar la conversión de la realidad visual en realidad sonora. Comprobar la transformación de los patrones que intervienen en el proceso de la luz en sonido.

3.2. Objetivos Específicos

- Estudiar las condiciones empíricas de la luz y el sonido que permiten traducir las frecuencias del espectro visible en frecuencias del espectro audible.
- Describir las coordenadas cromáticas de cada región del espectro visible, aplicando la variable de la velocidad del sonido para obtener los parámetros correspondientes en sonido.
- Correlacionar las notas musicales con las coordenadas cromáticas para cada zona del espectro visible de la luz.
- Definir en qué zona del espectro visible de la Luz se encuentra cada frecuencia acústica asociada a cada nota musical perteneciente a una escala musical en concreto.
- Determinar qué es blanco y qué es negro en sonido, considerando el concepto de luz.
- Establecer una unión entre luz y sonido que permita aunar los conceptos de color y música en un todo.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis Generales

Es posible convertir parámetros de la luz asociados a los estímulos cromáticos en sonido y de esta forma, estudiar el comportamiento del fenómeno lumínico en la dimensión sonora.

4.1.1. Hipótesis Específicas

Si convertimos parámetros propios de la luz asociados a colores, en sonido, conseguiremos establecer un vínculo entre espectro lumínico y música.

Cada color dispone de unas coordenadas cromáticas expresadas en frecuencias y longitudes de onda, ergo, si tomamos estas frecuencias y las transformamos a

condiciones acústicas humanas, obtendremos una relación entre estímulo cromático de luz y notación musical.

Al hablar de transformación y creación de una vinculación entre colores luz y notación musical, podremos, entonces, dar conocimiento de esta relación en obras pictóricas y musicales.

Si se consigue obtener una relación entre colores y notas musicales, se podría hacer un estudio cromático de composiciones musicales para ver su espectro lumínico, asimismo, una herramienta más a la hora de crear futuras melodías, atendiendo a esta última apreciación.

5. Metodología

Para obtener una vinculación entre luz y sonido es necesario considerar de ambas su naturaleza de onda. De esta forma, teniendo en cuenta este aspecto como punto de partida, realizaremos un estudio de los colores o áreas del espectro visible que nuestros estímulos visuales entienden en siete colores (colores del arcoíris) y sus intervalos, expresados en coordenadas cromáticas.

Cuando hablamos de coordenadas cromáticas, nos referimos a la localización de cada uno de los colores del arcoíris en el espectro visible de la luz. Esta ubicación se expresa en cantidades y valores numéricos de frecuencia de onda y de longitud de onda. Por ello, mediante el programa WolframAlpha podremos recabar la información procedente de las ondas de la luz para conocer el límite en cuanto a valores de cada uno de los colores que conforman el espectro visible de la luz sin necesidad de volver a experimentar y cuantificar estos espectros en un laboratorio.

Tras la obtención de estos datos, procederemos a conseguir una manera de convertir esos patrones cromáticos de la luz en sonido aplicando estas variables de longitud y frecuencia de onda para así obtener unos valores que también se encuen-

tren en la dimensión sonora. Es decir, lo que nos permitirá obtener unos estímulos cromáticos de luz en sonido será la existencia de estas variables o parámetros de localización de las ondas. No obstante; estos parámetros difieren en medida dependiendo de si es luz o sonido. Nuestra forma de ver y de escuchar también comprenden espectros diferentes, por lo que, será importante considerar también esta variable. Una vez que conocemos la diferencia en espectros humanos correspondientes a los sentidos de la vista y del oído, procederemos a ajustar los siguientes valores en sonido. Por ejemplo, si el espectro visible de la luz que perciben nuestros ojos se halla en TeraHertzios (THz), y nuestro espectro auditivo del sonido se halla en Hertzios (Hz), la diferencia de unidades será en valor de 1 THz es a 1.000.000.000.000 Hz. Asumiendo esta diferencia de unidades de medida, tomaremos como referencia el valor numérico de los intervalos que comprenden cada una de las áreas de la luz (rojo, por ejemplo) y las aplicaremos en Hz. Una vez hecho esto, llevaremos a cabo una conversión de la variable en cuanto a la velocidad, ya que, hasta este punto obtendremos las coordenadas cromáticas de la luz reducidas a valores audibles, pero aún no comprenderían la adaptación total a sonido. Para este cambio, utilizaremos como referencia el estándar de la velocidad de la luz y de la del sonido teniendo como medio el aire a una temperatura de 20ºC, aproximadamente.

Cuando ya obtengamos los valores correspondientes de cada color de la luz en sonido con su correspondiente velocidad atendiendo a la nueva dimensión, tomaremos los valores de frecuencia de onda de las notas musicales y compararemos estos últimos con los de cada color sonoro para determinar así la colorimetría de la notación musical.

6. Luz

La Luz es un fenómeno dual producido por la transmisión de fotones, cuando ésta se comporta como partícula; y de ondas radioeléctricas que no necesitan de un medio para propagarse. Desde el punto de vista de la luz como onda, ésta es de

tipo sinodal y su forma de transmisión es de tipo electromagnética (no necesita un medio), así como su manera transversal de viajar por el Espacio (arriba y abajo con respecto al eje de acción). La luz entendida como fenómeno electromagnético que comprende el espectro visible, tiene unidades de medida en TeraHertzios en cuanto a frecuencia y en nanómetros, como valores en longitudes de onda. Como considera R. Baierlain (1992) "podemos estar seguros de que la luz tiene el comportamiento de una onda" (p.77).

Luz Visible = 400 ≈ 789 THz // 750 ≈ 380 nm

Por último, la velocidad de la luz es constante. Viaja por el tejido del espacio-tiempo.

Velocidad de la Luz= 299.792.458 m/s

7. Sonido

El sonido, a diferencia de la luz, sí depende de los distintos medios y su velocidad de propagación es variable debido a esta razón. Siendo más rápido en cuerpos sólidos que en gaseosos debido a la proximidad de sus moléculas. Como ondas mecánicas que son, éstas se transmiten mediante los cambios de presión producidos en el medio, en forma de contracciones y repulsiones. Los valores para el sonido pueden variar, aunque por lo general, sus frecuencias audibles suelen comprender los Hertzios (20 ≈ 20.000 Hz). A continuación, mostraremos una tabla con las diferentes velocidades de propagación que tiene el sonido en distintos medios.

Tabla 1. Velocidad del Sonido en los diferentes medios

Elemento	Velocidad
Aire	0.343 m/s
Oro	3.240 m/s
Cobre	3560 m/s
Madera	3.700 m/s
Hormigón	4.000 m/s
Bronce	4.700 m/s
Aluminio	5.400 m/s
Acero	6.100 m/s

Fuente: Elaboración propia.

8. Conversión y colores

Para realizar una interfaz entre la dimensión de la luz y el sonido es necesario entender las diferencias y unificar las similitudes. Habiendo entrado en la naturaleza de cada una de las dos realidades, procederemos ahora a comentar las similitudes y en base a ello, aplicaremos los procedimientos correspondientes.

- En primer lugar, la luz y el sonido se comportan como ondas sinodales, y, aunque el sonido se transmite en su mayoría de forma longitudinal, también, transversal. Por ejemplo, al vibrar una cuerda o filamento.
- En segundo lugar, tanto la luz como el sonido realizan un cometido de transporte de energía en forma de fotones o de moléculas presentes en el medio, respectivamente.
- En tercer lugar, como ondas, ambas utilizan los mismos sistemas dimensionales de medición de frecuencia y de longitud de onda, aunque en magnitudes diferentes.
- En cuarto lugar, el sonido puede utilizarse para mostrar superficies o visionar espacios, como si fuera luz.

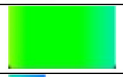
  Funcionamiento de un sónar. La luz, por su parte, puede ayudarnos a entender cómo funciona el sonido (algo que no percibimos de manera manifiesta con el sentido de la vista). 'sonificación' de las ondas gravitacionales.
- Por último, tanto luz como sonido, por su naturaleza física de ondas o perturbaciones de energía, éstas pueden anularse (contrafase), aumentar y/o disminuir su amplitud o rebotar e interactuar con la materia.

Tras haber enunciado las similitudes, a continuación, llevaremos a cabo el protocolo de actuación. El procedimiento para convertir colores luz en sonido es el siguiente. Para empezar, acotaremos cada franja o "color" espectral dentro del visible mediante coordenadas o valores de longitudes y frecuencias de onda.

Para llevar a cabo éste y los posteriores procedimientos, ha sido preciso con-

sultar y recabar la información proporcionada por el sitio web: *WolframAlpha* en cuanto a coordenadas cromáticas de los colores y ondas de la luz.

Tabla 2. Coordenadas cromáticas para cada color del espectro visible de la luz

Color	Longitud de Onda (nm)	Frecuencia de Onda (THz)	Apariencia en el Espectro
Rojo	750 ≈ 620	400 ≈ 484	
Naranja	620 ≈ 585	484 ≈ 512	
Amarillo	585 ≈ 560	512 ≈ 535	
Verde	560 ≈ 500	535 ≈ 600	
Cian	500 ≈ 480	600 ≈ 625	
Azul	480 ≈ 450	625 ≈ 666	
Violeta	450 ≈ 380	666 ≈ 789	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, llevaremos a cabo una reducción que se ajuste a nuestra franja espectral auditiva (20 ≈ 20.000 Hz). Para ello, los valores de frecuencia originales para las zonas cromáticas del espectro de la luz han de transportarse a una escala que permita "audificar" los mismos. También, se habrá de tener en cuenta el cambio de velocidad entre luz y sonido. La siguiente tabla expone los cambios en frecuencia derivados del proceso: luz-sonido.

Tabla 3. Escalas de medida frecuencias de ondas y percepción según su dimensión

Valor Literal	Abreviatura	Equivalencia Numérica	Notación Científica	Luz // Sonido
TeraHertz	THz	1.000.000.000.000	1×10^{12}	Visible
MegaHertz	MHz	1.000.000	1×10^{6}	No Visible // No Audible
KiloHertz	KHz	1.000	1×10^{3}	Audible hasta 20×10^{3}
Hertz	Hz	1	1×10^{0}	Audible

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, la equivalencia entre luz y sonido es a partir de 1 = 1012 para, así, obtener un valor que pueda ser oído por parte del

que escucha. La equivalencia, es, entonces de THz-Hz. Seguidamente, procederemos a adaptar esas coordenadas en THz a Hz y los valores obtenidos a su respectiva correspondencia según la variable de la velocidad para el sonido teniendo por medio el más común de todos: "el aire".

Tabla 4. Conversión frecuencias de la luz en sonido aplicando variable de velocidad

Coordenadas Cromáticas Iniciales (luz)	Coordenadas Cromáticas en Hz	Velocidad del sonido (Aire)	Coordenadas Cromáticas Finales (sonido)
400 ≈ 484 THz	400 ≈ 484 Hz	343 m/s	454 ≈ 549 Hz
484 ≈ 512 THz	484 ≈ 512 Hz	343 m/s	549 ≈ 582 Hz
512 ≈ 535 THz	512 ≈ 535 Hz	343 m/s	582 ≈ 608 Hz
535 ≈ 600 THz	535 ≈ 600 Hz	343 m/s	608 ≈ 681 Hz
600 ≈ 625 THz	600 ≈ 625 Hz	343 m/s	681 ≈ 709 Hz
625 ≈ 666 THz	625 ≈ 666 Hz	343 m/s	709 ≈ 756 Hz
666 ≈ 789 THz	666 ≈ 789 Hz	343 m/s	756 ≈ 895 Hz

Fuente: Elaboración propia.

El compositor y pianista ruso Aleksandr Skriabin fue un ejemplo precursor a la hora de proponer la unificación entre el mundo de la luz y del sonido. A continuación se expone la siguiente afirmación sobre el autor y su obra: '*Prometeo*'.

> La referencia de 'Prometeo' con respecto al mito, su meticulosa coordinación de sonido, color y luz, y la famosa estructura armónica no triádica nos anima a visualizarla como un experimento proto-Misterioso, un estudio de composición preliminar para el último trabajo que traería la desmaterialización del mundo y la reunificación espiritual universal (Gawboy, 2010, p.6).

9. Notas musicales

Las notas musicales corresponden con determinadas frecuencias de sonido, es por ello que, comparando sus frecuencias con las coordenadas cromáticas para cada color del espectro de la luz visible ya convertido en la dimensión del sonido, podremos determinar su localización dentro del mismo.

A continuación, se expone una tabla en la que se muestra cada nota musical con su respectiva localización dentro del espectro visible.

Tabla 5. Localización de las notas musicales en el espectro visible de la luz

Notas Musicales	Frecuencias Correspondientes (Hz)	Notas Musicales (THz)	Frecuencias Correspondientes
La^3	440	387,67	Fuera del Espectro Visible (Zona del Infrarrojo Alto)
$La^3 Sostenido$	466,164	410,78	Infrarrojo Cercano ≈ Extremo Visible del Rojo
Si^3	493,88	435,14	Extremo Visible del Rojo
Do^4	523,251	461,01	Rojo
$Do^4 Sostenido$	554,365	488,43	Rojo Anaranjado
Re^4	587,33	517,47	Amarillo
$Re^4 Sostenido$	622,254	548,24	Verde
Mi^4	659,255	580,84	Verde
Fa^4	698,456	615,38	Cian
$Fa^4 Sostenido$	739,989	651,97	Azul
Sol^4	783,991	690,74	Principio del Violeta
$Sol^4 Sostenido$	830,609	731,81	Violeta
La^4	880	775,33	Extremo Visible del Violeta ≈ Ultravioleta Cercano
$La^4 Sostenido$	932,328	821,43	Ultravioleta Cercano

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la tabla anterior, cada nota musical pertenecería a un color o coordenada cromática concreta del espectro visible de la luz. En la tabla que mostramos abajo, establecemos ese criterio.

No obstante; las comparaciones entre luz y sonido también pudieron haber sido supuestas por grandes genios de la música como Franz Liszt, de quien sabemos, comunicó a sus instrumentistas; a través de la obra de R. E. Cytowic, D. M. Eagleman (2009); durante un concierto en Kapelmeister de Weilmar en 1842, lo siguiente: "Oh por favor, caballeros, un poco más azul, ¡si son tan amables! Este tipo de tono lo requiere… Eso es un violeta profundo, por favor, ¡depende de ello! ¡No tan rosa!" (p. 93). Además, célebres pintores como Wassily Kandinsky también estaban de acuerdo con esta teoría. Conocemos su postura a través de H. Düchting (1866-

1944): "La relación entre colores y sonido, entre música y pintura, no era sólo teoría para Kandinsky, realmente existía" (p.10). El propio Kandinsky comparaba, de hecho, colores con música, no tanto con las propias notas musicales, sino con la tímbrica de los diferentes instrumentos. Véase su afirmativa vinculación entre el estímulo cromático y su respectiva representación musical para Kandinsky: "Un amarillo potenciado de tal modo suena como una trompeta tocada con toda la fuerza, o como el tono de un clarín" (Kandinsky, 2016, p. 80)

Tabla 6. Notas musicales y su representación cromática en el espectro visible de la Luz

Nota Musical	Muestra Gráfica Coordenada Cromática del Espectro Visible (Aprox.)
La^3	
$La^3Sostenido$	
Si^3	
Do^4	
$Do^4Sostenido$	
Re^4	
$Re^4Sostenido$	
Mi^4	
Fa^4	
$Fa^4Sostenido$	
Sol^4	
$Sol^4Sostenido$	
La^4	
$La^4Sostenido$	

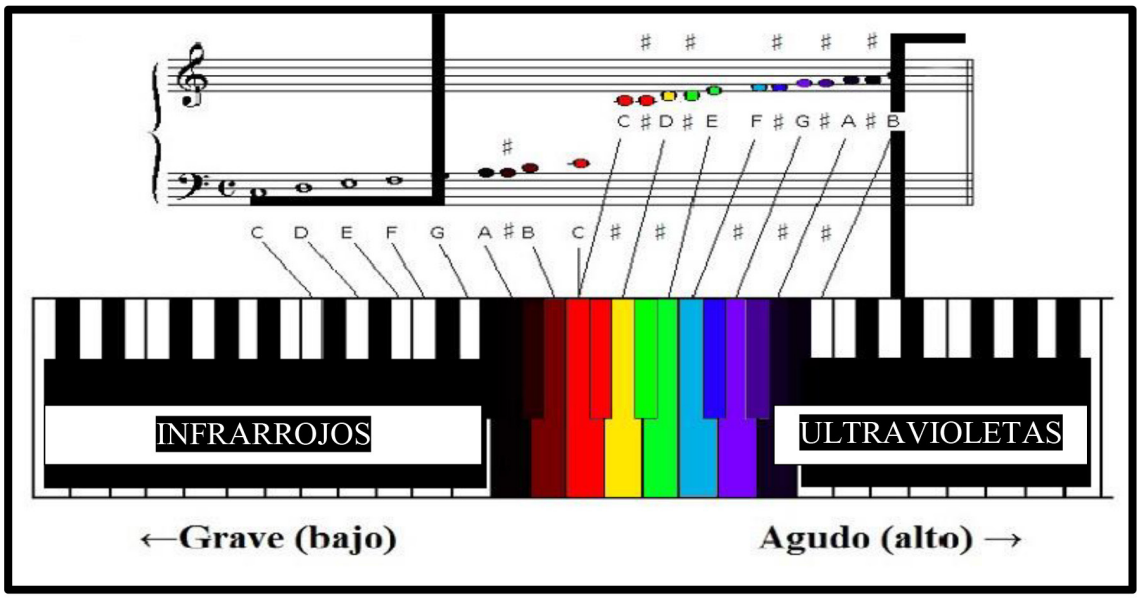
Fuente: Elaboración propia.

10. Análisis cromático de una partitura musical

Teniendo la posibilidad de asociar las diferentes notas musicales con los colores o las coordenadas equivalentes al espectro visible de la luz, es posible analizar

una partitura musical y determinar los colores de la misma, a partir de las notas musicales que lo conforman.

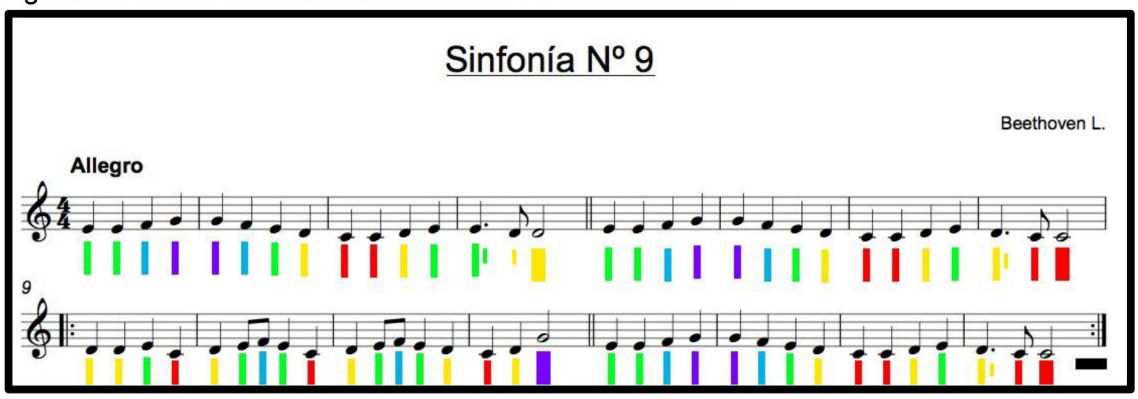
Figura 1. Teclado de piano y escritura musical del espectro visible de la Luz



Fuente: Elaboración cromática propia a partir de plantilla predeterminada.

No obstante; debido al poco rango de frecuencias que ocupa el espectro visible con respecto a la cantidad de notas musicales existentes (ocho octavas), podremos concluir que sólo una franja pequeña ocupará esta dimensión. El resto de notas musicales o de frecuencias tanto por encima como por debajo del espectro visible de la luz en su transformación a sonido, comprenderán las zonas del ultravioleta y del infrarrojo sonoro, respectivamente. Veamos un ejemplo de esto analizando la siguiente partitura para comprender las variedades cromáticas que comprende.

Figura 2. Análisis cromático de Sinfonía Nº9 de Beethoven



Fuente: Elaboración propia a partir de plantilla predeterminada.

11. Negro y blanco en música

Aunque tradicionalmente para sonido un blanco sea entiendo como la ausencia repentina de señal y el negro, total o silencio absoluto; desde el punto de vista de la luz, este sentido es ciertamente diferente:

En el mundo de la luz, el blanco es la suma de todas las frecuencias y longitudes de onda (coordenadas cromáticas) que se localizan entre los puntos del espectro visible, mientras que el negro es la ausencia de señal perceptible por nuestros ojos. Esto quiere decir que si no hay una fuente de radiación electromagnética o si ésta existe, pero por debajo o por encima de los límites del espectro visible de la luz, tendremos como consecuencia la nulidad en cuanto a información lumínica o lo que es lo mismo, un negro para nuestros ojos ya que estos están adaptados sólo para percibir una pequeña franja de radicación del espectro electromagnético total. Frente a este debate, el artista del sonido J. Cage (1965), comenta lo siguiente: "Oír estaría siempre ahí y ver también, si tienes tus ojos abiertos." (p.50).

Lo que entendemos por negro en la dimensión de la luz es la no captación por parte de nuestros ojos de radiación electromagnética visible.

No obstante; sí existen dos tipos de negros capaces de responder a esta definición clásica (negro como ausencia determinada u oscurecimiento de luz), las coordenadas cromáticas visibles representantes de los límites o fronteras entre lo visible e invisible. Siendo así, pues:

- El negro cálido (750 nm ≈ 400 THz): O las coordenadas cromáticas para el extremo visible de la luz en la zona de los rojos. Éste representa la antesala de los infrarrojos.
- El negro frío (380 nm ≈ 789 THz): O las coordenadas cromáticas para el extremo visible de la luz en la zona de los violetas. Éste representa el comienzo de los ultravioletas.

Si estos puntos o coordenadas cromáticas los trasladamos a sonido, tendremos que para el negro cálido, la frecuencia en sonido será de: 454 Hz, mientras que para el negro frío: 895 Hz.

Por último, estos puntos o límites de la luz tendrán su correlación por el valor numérico de la frecuencia con una nota musical determinada. Para el negro cálido, la nota correspondiente sería $La3$, y para el negro frío $La4\#$.

A continuación se muestran los diferentes valores para cada tipo de negro y la dimensión en la que se encuentran.

Para terminar, en cuanto al color blanco, para su consecución podríamos obtenerlo musicalmente si consiguiéramos que todos los instrumentos tocasen todas las frecuencias sonoras que al ser transportadas a la Luz comprendiesen exactamente

Tabla 7. Tipos de negro en el espectro visible de la luz y su correspondencia musical

Color	Luz	Sonido (Frecuencia Pura)	Música – Nota (Frecuencia Aproximada)
Negro Cálido	750 nm ≈ 400 THz	454 Hz	La^3 = 440 Hz
Negro Frío	380 nm ≈ 789 THz	895 Hz	La^4Sostenido = 932,328 Hz

Fuente: Elaboración propia.

con aquellos puntos o coordenadas cromáticas que resultasen dentro de los límites del espectro visible. No obstante; esto sería imposible debido a los infinitos valores que existen para cada coordenada. Incluso obteniendo tantos instrumentos tocando tantas frecuencias o coordenadas cromáticas del espectro de la Luz visible, nunca obtendríamos ese blanco puro perfecto fruto de la suma de todas sus frecuencias, ya que, aunque los instrumentos tocasen su armónico fundamental en dichas frecuencias, el resto de armónicos (tímbrica) aparecerían interfiriendo o empañando (añadiendo más colores) a la mezcla perfecta. Es por esta razón que la única forma posible que tendríamos de recrear un blanco perfecto sería limitando un ruido blanco a las frecuencias o coordenadas cromáticas comprendidas dentro del espectro visi-

ble de la luz para sonido; mediante el uso de un filtro de paso alto, bajo, o de banda en su defecto; resultando entonces, un tono correspondiente a la luz blanca.

12. Futuras Aplicaciones

La posibilidad de crear música a partir de los colores luz (aspecto visual en sonoro) y la contraparte de esto: generar cuadros con determinados colores a partir del sonido resultante deseado (aspecto sonoro en visual) permitirá la unificación y bidireccionalidad para los mundos de la luz y del sonido, aplicable en el arte.

- Puente de comunicación para el mundo de músicos y artistas plásticos. Esto conllevaría una corriente contemporánea de expresión que ligara los sentidos de la vista y del oído. Posibilitando entonces, una multiexperiencia sensorial basada en la sensibilidad artística.
- Mayor posibilidad de interpretación a la hora transmitir sensaciones y experiencias artísticas y la derivada de una facultad expresiva. Versatilidad poética para comprender y desarrollar la realidad escrituralmente y de los sentimientos. Entendimiento de estos últimos al añadir el aspecto sónico.
- Introducción de diferentes formas de comunicar.

Ex gratia: "*Me gustaría pintar mi habitación de un verde* ***Mi4****. ¡Sí, sí!, con un toque intermedio, ni muy grave ni muy agudo. Una frecuencia media. Sin muchos lúmenes ni decibelios sonando. Quiero que cuando lo vea, sienta esa nota como fundamental y su color, pero en la tímbrica de la luz en la madera fulgurando, de instrumentación pianística, o mejor dicho, violinista. Con ese toque de armónicos propio del viento. Es decir, ciertamente como el verde 'tiene' la hierba iluminada por el Sol en la mañana.*"

- Herramienta o facultad para el aprendizaje y facilidad en el entrenamiento del oído musical en personas tanto invidentes como videntes al relacionar colores y frecuencias. Además, visualización de colores en el ámbito orquestal y/o instrumental sin ahondar en conceptos sinestésicos.

- Creación de una convención luz-sonido que evolucione hacia un sistema comunicativo basado en las directrices del sonido.

13. Conclusión

Sería posible establecer una unión entre luz y sonido. Aun presentando diferencias en esencia, luz y sonido comparten más similitudes de lo esperado. El hecho de comportarse como frecuencias ofrece una facultad para permitir una interfaz posible que dé lugar al intercambio dimensional entre ambos universos. Se ha tratado de unificar los conceptos de color y música desde sus orígenes. Este estudio permitiría, pues, desligarse del concepto de sinestesia y acercarse más al área de las ciencias experimentales. Con lo que sería fruto de una unión entre color y música; por tanto, es laudable el desarrollo de un criterio distinto a la hora de componer una melodía: mediante un juego de colores y sus matices cromáticos. Desde el punto de vista del arte plástico y pictórico, los artistas podrían determinar cómo se escucharían los sonidos de sus obras, cuadros o composiciones de una forma objetiva y fiel a su concepto físico (tal y como hubiese estimado Kandinsky). Será en este punto cuando hablemos de composición sonora-cromática ciertamente, sin consideraciones previas subjetivas. Al encontrar un nexo de unión basado en la lógica, la física y la matemática, podemos permitir hablar de creación de una vía basada en la unificación de dos mundos, aparentemente dispares entre sí. Así, luz y color, sonido y música se manifiestan en un único estado expresivo.

Bibliografía

Baierlein, R. (1992). *Newton to Einstein: the trail of light: an excursion to the wave-particle duality and the special theory of relativity.* Nueva York. E.E.U.U: Cambridge University Press.

Cage, J., Kirby, M., y Schechner, R. (1965). An interview with John Cage. *The tulane drama review, 10* (2), p. 50.

Cytowic, R. E., & Eagleman, D. M. (2011). *Wednesday is indigo blue: Discovering the brain of synesthesia.* Londres, Reino Unido: The MIT Press.

DeLio, T. (Ed.). (1996). *The Music of Morton Feldman.* Nueva York, E.E.U.U.: Excelsior Music Publishing Company.

Düchting, H., & Kandinsky, W. (2000). *Wassily Kandinsky, 1866-1944: A Revolution in Painting.* Colonia, Alemania: Taschen.

Fernández-Cid, P. (2013). *Hispasonic: Consonancia y disonancia: física y cultura en las raíces de la música.* Barcelona, España.: Sonic Network S.L. Recuperado de: https://www.hispasonic.com/tutoriales/consonancia-disonancia-fisica-cultura-raicesmusica/38282

Fernández Morales, J. I. (17 de diciembre de 2013). El fenómeno físico-armónico 90 Disonancias. *Investigación* (s.n.), p. 2.

Gawboy, A. (2010). *Alexander Scriabin's theurgy in blue: Esotericism and the analysis of "Prometheus: Poem of Fire" op.60* (Disertación). Recuperado en ProQuest. (Nº de orden de acceso 3415197).

Gibbs, T. (2007). *The fundamentals of sonic art & sound design*. New York, E.E.U.U.: Ava.

Honour, H. (2018). *Romanticism*. Nueva York, E.E.U.U.: Routledge.

Kandinsky, W. (1997). *De lo espiritual en el arte.* Barcelona, España: Paidós.

Braude, N. (Ed.). (2018). *Gauguin's Challenge: New Perspectives After Postmodernism.* Nueva York, E.E.U.U.: Bloomsbury

Salgado, C. (2016). *Imagui: Teclados y pianos para dibujar.* (s.l.). Recuperado en: http://www.imagui.com/a/teclados-pianos-para-dibujar-cG6rGqAgj

(S.a.). (2019). *Convert Units - Measurement Unit Converter: Convert Hertz to TeraHertz.* (S.l). Recuperado de https://www.convertunits.com/from/hertz/to/terahertz

(S.a.). (2019). *Sounds Market: Los tres "must" de Netflix que todo DJ debería ver.* Barcelona, España. Recuperado de https://soundsmarket.com/documentales-dj-netflix-avicii-kygo-martin-garrix-carl-cox/

TED. [TED]. (20 de julio de 2012). *Neil Harbisson: I listen to color* [Archivo de vídeo]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=ygRNoieAnzI

Wolfram, S. (2009). *WolframAlpha: Visible Light*. Champagne, E.E.U.U. Recuperado de https://www.wolframalpha.com/input/?i=visible+light