

## Color y música: Relaciones físicas entre tonos de color y notas musicales

### Color and music: Physical relations among colors and musical notes

Joaquín Pérez<sup>(1,\*),</sup> Eduardo J. Gilabert<sup>(2,S)</sup>

1. Departamento de Ing. Gráfica, Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy, Spain.

2. Departamento de Ing. Textil y Papelera, Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy, Spain.

(\*) Email: jperez@dig.upv.es

S: miembro de SEDOPTICA / SEDOPTICA member

Recibido / Received: 16/07/2010. Versión revisada / revised versión: 27/12/2010. Aceptado / Accepted: 28/12/2010

#### RESUMEN:

Hace más de trescientos años que físicos, matemáticos, músicos y pintores han ido relacionando colores con notas musicales. Las relaciones entre color y música propuestas han consistido en comparar una sucesión de notas musicales con una sucesión de tonos de color. Sin embargo, ningún autor ha justificado científicamente cada relación propuesta. En este trabajo se consideró la correspondencia de las dimensiones físicas del color (tono, luminosidad y saturación) con las dimensiones físicas del sonido (altura, volumen y timbre). A diferencia de las relaciones propuestas por otros autores, en este trabajo se compararon entre sí la dimensión *tono de color* con la dimensión *altura de sonido* utilizando toda la franja de valores del espectro de luz visible frente a toda la franja de sonido musical audible. Bajo esa premisa se ha buscado una relación matemática entre ambos estímulos para tener una base científica de apoyo para el nuevo modelo propuesto. Tras varios ensayos consistentes en comparar valores de la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $f$ ) de los espectros de luz y sonido musical se ha obtenido una expresión matemática simple que relaciona el tono de color con la nota musical correspondiente. El resultado respalda la relación propuesta y abre nuevas líneas de investigación de análisis de las dimensiones físicas del color y la música y de sus efectos psicológicos.

**Palabras clave:** Color, Música.

#### ABSTRACT:

It is more than 300 years that physicists, mathematicians, musicians, and painters have related color to musical notes. The proposed relations are based on assigning different color to successive musical notes, but no author have presented a scientific justification for each proposal. In this work we consider a correspondence among the physical parameters of color (hue, luminosity and saturation), and the physical parameters of the sound (height, volume and timbre). In particular, and in opposition to other authors, we related the color hue and the sound height, by comparing the complete spectral visible range and the complete audible range. After different trials, a simple relation has been obtained among the color hue and the musical notes. The result opens new research lines in the analysis of the physics of color and music, and its psychological effects.

**Key words:** Color, Music.

#### REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] K. Peacock, "Instruments to perform color-music: Two centuries of technological experimentation", *Leonardo* **21**, 397-406 (1988).
- [2] Louis-Bertrand Castel, *L'Optique des Couleurs*, Buisson, Paris (1740).
- [3] A. Wallace, *Rimington's Colour-Music*, 1ª edición, Doylestown, Wildside (2004).
- [4] K. Peacock, "Synaesthetic perception: Alexander Scriabin's color hearing", *Music Perception* **2**, 483-505 (1985).

[5] M. D. Jorge Vanacloy, A. Giménez Pérez, A. Marín Sanchís, A. Sanchís Sabater, J. Romero Faus, S. Cerdá Jordá, “Sonido y percepción –La música y el color- correspondencias e interacciones”, XXXII Congreso Nacional de Acústica – Tecniaústica 2001, y Encuentro Ibérico de Acústica, Logroño, Spain (2001).  
 [6] E. J. Gilabert, *Medida del Color*, 4ª edición, Editorial de la Univ. Politécnica de Valencia, Valencia (2007).  
 [7] R. Alemany, R. Sabater, *Música*, 3ª edición, Editorial Teide, Barcelona (2001).  
 [8] O. Károlyi, *Introducción a la Música*, 12ª edición, Alianza Editorial, Madrid (2001).

### 1. Introducción

A lo largo de los siglos, muchos autores han sugerido la posibilidad de combinar la música y el color. Isaac Newton [1] fue el primero en relacionar los colores luminosos del prisma y las siete notas musicales que forman una escala (D, E, F, G, A, B, C), tal y como se indica en la Fig. 1 y en la Tabla I.

Louis Bertrand Castel [2], reconocido como uno de los más eminentes matemáticos de su tiempo, publica en 1720 “*la Musique en Couleurs*”; primero de sus escritos sobre música y color. Castel utilizó la serie de colores ROYGBIV empleados por Newton, haciendo coincidir la nota C con el color azul cian y asignando los colores a semitonos precisos. Alexander Wallace Rimington [3] desarrolló y patentó su órgano de color en 1894; el cual presentó en New York en 1895. Wallace asignó proporcionalmente la franja de luz visible entre la primera y última nota de una octava. La Tabla II muestra las respectivas asignaciones de Bertrand Castel y Wallace Rimington.

Alexander Scriabin [4] poseía el transtorno sensorio-perceptivo denominado sinestesia. En el caso de Scriabin la percepción del estímulo auditivo le provocaba simultáneamente el estímulo de la visión; los sonidos, las palabras o la música le

evocaban simultáneamente la visión de colores. Su sistema de colores, basado en el sistema que Isaac Newton, se ordena según el *círculo de quintas*.

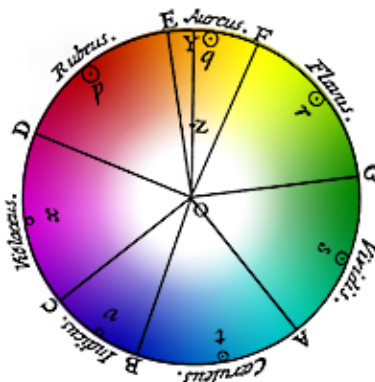


Fig. 1. Círculo de colores y notas musicales. Isaac Newton.

TABLA I

Relación entre colores y notas musicales. Isaac Newton.

Colores	Notas musicales
Red	D (Re)
Orange	E (Mi)
Yellow	F (Fa)
Green	G (Sol)
Blue	A (La)
Indigo	B (Si)
Violet	C (Do)

TABLA II.

Relación entre colores y notas musicales. Louis Bertrand Castel y Alexander Wallace

Louis Bertrand Castel	
Colores	Notas musicales
Blue	C (Do)
Celadon	C-sharp (Do #)
Green	D (Re)
Olive green	E-flat (Mib)
Yellow	E (Mi)
Apricot	F (Fa)
Orange	F-sharp (Fa#)
Red	G (Sol)
Crimson	A-flat (Lab)
Violet	A (La)
Agate	B-flat (Sib)
Indigo	B (Si)

Alexander Wallace Rimington	
Colores	Notas musicales
Deep red	C (Do)
Crimson	C-sharp (Do #)
Orange-crimson	D (Re)
Orange	E-flat (Mib)
Yellow	E (Mi)
Yellow-green	F (Fa)
Green	F-sharp (Fa#)
Bluish green	G (Sol)
Blue-green	A-flat (Lab)
Indigo	A (La)
Deep bue	B-flat (Sib)
Violet	B (Si)

TABLA III  
Relación entre colores y notas musicales. Alexander Scriabin y Roy de Maistre

Alexander Scriabin		Roy de Maistre	
Colores	Notas musicales	Colores	Notas musicales
Red	C (Do)	Red	A (La)
Orange	G (Sol)	Orange	B (Si)
Yellow	D (Re)	Yellow	C (Do)
Green	A (La)	Green	D (Re)
Cyan	E (Mi)	Cyan	E (Mi)
Indigo	B (Si)	Indigo	F (Fa)
Violet	F# (Fa#)	Violet	G (Sol)

TABLA IV  
Comparación de diferentes relaciones propuestas entre colores y notas musicales.

Notas musicales	Colores asignados				
	Newton	Castel	Wallace	Scriabin	De Maistre
C	Red	Blue	Red	Red	Yellow
C#	White	Green	Red	White	White
D	Red	Green	Orange	Yellow	Green
D#	White	Olive	Orange	White	White
E	Orange	Yellow	Yellow	Cyan	Blue
F	Yellow	Light Orange	Olive	White	Blue
F#	White	Orange	Green	Purple	White
G	Green	Red	Cyan	Orange	Purple
G#	White	Red	Cyan	White	White
A	Cyan	Pink	Purple	Green	Red
A#	White	Purple	Blue	White	White
B	Blue	Purple	Pink	Blue	Orange

Roy de Maistre (Músico y pintor australiano) le asignó a las siete notas blancas del teclado (A, B, C, D, E, F y G) los siete colores del arco iris, rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta (ROYGBIV). De Maistre asignó el color rojo a la nota A (nota más baja del teclado moderno). La Tabla III muestra las respectivas asignaciones de Scriabin y de Roy de Maistre. En la Tabla IV se exponen las relaciones entre colores y notas musicales propuestas por científicos, matemáticos, músicos y pintores desde la publicación de "Opticks" en 1704.

Las relaciones entre los tonos de color con las notas musicales propuestas por los autores descritos no se justificaron científicamente. Entonces, ¿Existe una relación científica entre los colores y las notas musicales? Esta cuestión es la que motiva la búsqueda de una relación científica entre el color y la música.

En el presente estudio se consideraron las siguientes premisas:

- Las ondas electromagnéticas transportan energía y cantidad de movimiento y, consecuentemente, ejercen una presión sobre cualquier superficie que encuentra a su paso. La percepción de las ondas electromagnéticas (luz) como la percepción de las ondas sonoras es en forma de presión. El ojo percibe las ondas luminosas, la piel las infrarrojas y ultravioletas y el oído las sonoras [5].
- Las percepciones del color o la música activan las sensaciones psicológicas del receptor. Podrían existir sensaciones psicológicas similares activadas por estímulos distintos como son la luz o el sonido; sin que ninguno de ellos active, por sinestesia, al otro.
- Las dimensiones físicas del color [6] y del sonido [7] se relacionan entre ellas según lo expuesto en la Tabla V.

TABLA V  
Relación entre las dimensiones físicas del color y del sonido.

COLOR	SONIDO
H (tono)	Altura
Q (luminosidad)	Volumen
S (saturación)	Timbre

El estudio comparativo entre el color y la música, en este trabajo, quedó fijado entre las dimensiones *tono* para el color y *altura* para el sonido. La *altura* en el sonido corresponde a notas musicales.

Se llevaron a cabo una serie de ensayos comparativos entre valores de frecuencias y longitudes de onda de color y sonido buscando una relación entre ambos estímulos. Tras varias propuestas comparativas se han encontrado una serie de valores que siguen la misma relación matemática en toda su gama; quedando relacionadas la dimensión *tono* de color con la dimensión *altura* de sonido musical.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materiales

Los recursos utilizados para la realización de los ensayos se han limitado a la utilización del programa informático Spectra para la obtención de datos de  $f$ ,  $\lambda$ , y/o RGB de los colores luz y la utilización de programa informático de cálculo Microsoft Office Excel para elaboración de tablas, gráficos y ecuaciones matemáticas.

### 2.2. Plan experimental

Se parte de la hipótesis de que deben existir sensaciones psicológicas similares activadas por estímulos distintos como son la luz o el sonido.

El método utilizado para obtener la relación entre las dimensión *tono* de color con la dimensión *altura* de sonido musical ha consistido en comparar valores físicos de las ondas electromagnéticas con valores físicos de las ondas sonoras, comprobar resultados obtenidos y corregir las series de valores hasta obtener una relación matemática constante en toda la franja de estímulos de color y música.

Se realizaron varios ensayos comparativos entre valores del espectro de luz y el espectro de sonido considerando toda la franja de luz visible con frecuencias entre 384 a 789 THz (longitudes de onda entre 780 a 380 nm). La secuencia de alturas

de sonido considerada fue la correspondiente a la franja de notas musicales posibles situadas entre 20 y 20000 Hz. El valor de las frecuencias de cada *nota* musical considerada es el correspondiente a la *escala cromática*.

## 3. Resultados

### 3.1. Primer ensayo: Relación entre tonos RGB de color y notas musicales del sonido

En un primer análisis el método utilizado consistió en comparar una distribución equitativa de los *tonos* del espectro de luz mediante valores RGB proporcionales con la serie de *notas* musicales existentes y posibles dentro del espectro de sonido y equitativamente distribuidas.

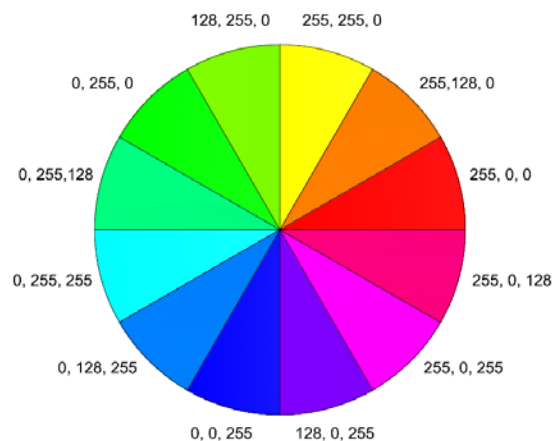


Fig. 3. Círculo de 12 colores luz y valores RGB correspondientes.

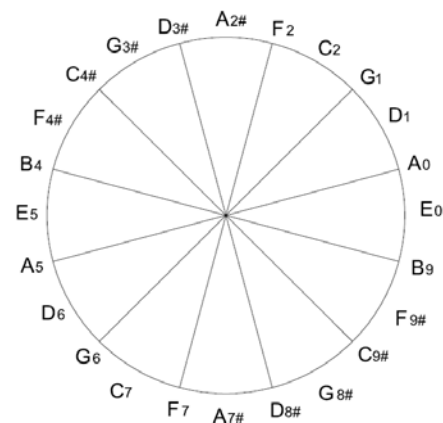


Fig. 4. Círculo de notas musicales. Los radios de la circunferencia señalan la nota correspondiente a la ubicación de cada sector circular de color del círculo de 12 colores luz.

Los datos utilizados fueron los expresados en la Tabla VI. En la zona de los colores púrpura el

programa informático Spectra no suministró ningún valor de  $f$ . De la comparación de los valores de las frecuencias de cada *nota* con cada *tono* de color se obtuvo el gráfico de la Fig. 5. La curva muestra una tendencia lineal entre la frecuencia del sonido expresada en escala logarítmica y la frecuencia de la luz, expresada en THz. No obstante, se observa una discontinuidad en la relación de los valores comparados; indicando que los valores considerados no tienen una relación continua lineal.

El resultado de este ensayo demostró que la distribución de colores según valores RGB de tonos puros no sigue una relación continua frente a una sucesión ordenada de valores como son el de las notas musicales.

TABLA VI

Datos de notas musicales y de tonos de color analizados.

Sonido		Color	
Nota	$f$ (Hz)	$f$ (THz) (Spectra)	R, G, B
A0	27,500	461	255,0,0
G1	48,999	485	255,128,0
F2	87,307	517	255,255,0
D3#	155,563	555	128,255,0
C4#	277,183	588	0,255,0
B4	493,883	597	0,255,128
A5	880,000	612	0,255,255
G6	1567,982	650	0,128,255
F7	2793,826	681	0,0,255
D8#	4978,032	720	128,0,255
C9#	8869,844	--	255,0,255
B9	15804,266	--	255,0,128

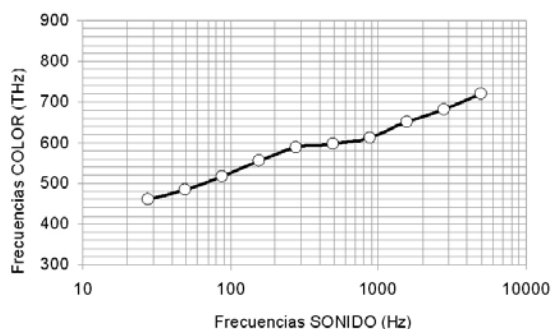


Fig. 5. Gráfico comparativo entre tonos RGB y notas musicales del sonido.

### 3.2. Segundo Ensayo: Relación entre espectro de color y espectro de sonido

En un segundo análisis se consideró una distribución equitativa de los *tonos* del espectro de luz mediante un ordenamiento equidistante en longitud de onda y se comparó con la serie de *notas*

musicales equivalentemente distribuidas dentro del espectro de sonido. Los *tonos* de color utilizados responden a un ordenamiento equidistante en longitud de onda (valores de 780 a 380 nm espaciados cada 50 nm). Las *alturas* de sonido escogidas responden a un ordenamiento espacialmente equidistante entre las frecuencias de 20 y 20000 Hz (para nueve valores entre 120 notas se tienen intervalos de 15 semitonos entre notas sucesivas). Se consideró una franja de sonidos audibles entre 20,601 y 19912,127 Hz correspondientes a las notas E0 y D10#. Los datos utilizados fueron los expresados en la Tabla VII. De la comparación de los valores de las frecuencias de cada *nota* con cada *tono* de color se obtuvo el gráfico de la Fig. 6. En este caso se observa que la curva se aleja de tener una relación lineal.

TABLA VII

Datos de notas musicales y de tonos de color analizados.

Color		Sonido	
$\lambda$ (nm)	$f$ (THz)	Nota	$f$ (Hz)
780	384	E0	20,601
730	411	G1	48,999
680	441	A2#	116,541
630	476	C4#	277,183
580	512	E5	659,255
530	566	F6#	1479,978
480	625	A7	3520
430	697	C9	8372,018
380	789	D10#	19912,127

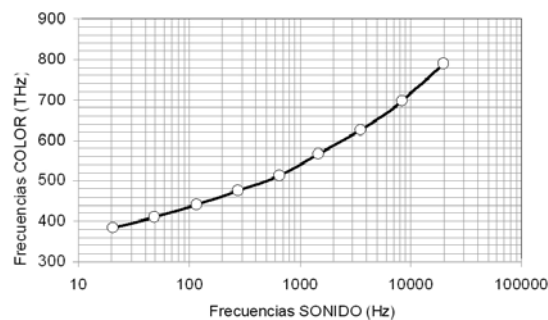


Fig. 6. Gráfico comparativo entre espectro de color y de sonido.

El resultado de este ensayo demostró que puede existir una relación entre el espectro de color y el espectro de sonido pero ésta no es lineal, y que existen valores considerados que se van desviando la relación entre ambos por lo que cabe ajustar las series de valores considerados.

### 3.3. Tercer ensayo : Relación entre color y música

En un tercer análisis se consideró una distribución equitativa de los *tonos* del espectro de luz mediante un ordenamiento equidistante en longitud de onda y se comparó con la serie de *notas* musicales equivalentemente distribuidas dentro del límite del espectro de sonido musical. Los *tonos* de color utilizados responden a un ordenamiento equidistante en longitud de onda, valores de 780 a 380 nm espaciados cada 25 nm. La franja de

sonidos audibles se limitó a la franja de sonidos audibles musicales generados entre 20,601 y 5273,856 Hz correspondientes a la notas E0 y E8 (Fig. 7). Los datos utilizados fueron los expresados en la Tabla VIII.

Un análisis de los valores considerados puso en relieve la comparativa a realizar entre notas musicales, cuya distribución de valores perceptivos siguen una progresión geométrica, y *tonos* de color, cuya distribución de valores perceptivos siguen una progresión aritmética a lo largo de su espectro.



Fig. 7. Franja de sonidos audibles musicales

Del ensayo comparativo entre valores de tonos de color con los valores de las notas de la franja de sonidos musicales, se obtuvo el gráfico de relación mostrado en la Fig. 8. La línea de tendencia del gráfico coincide con la línea de datos considerados para el color y la música; indicando que los valores considerados tienen una relación continua.

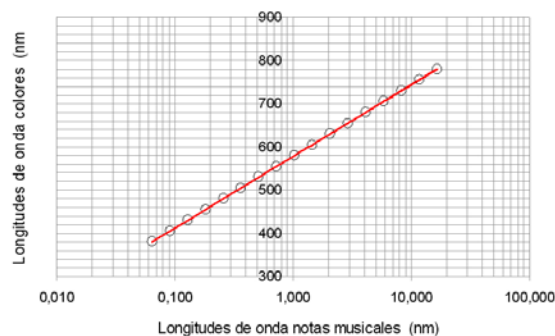


Fig. 8. Gráfico comparativo entre tonos de color visibles y notas musicales audibles (o—o curva de datos, — curva de ajuste)

TABLA VIII

Datos de notas musicales y de tonos de color analizados.

Sonido		Color		
$\lambda$ (nm)	Nota	$f$ (Hz)	$\lambda$ (nm)	$f$ (THz)
16,504	E0	20,601	780	384
11,670	A0#	29,134	755	397
8,252	E1	41,202	730	411
5,835	A1#	58,268	705	425
4,126	E2	82,404	680	441
2,918	A2#	116,537	655	458
2,063	E3	164,808	630	476
1,459	A3#	233,074	605	496
1,032	E4	329,616	580	517
0,729	A4#	466,147	555	540
0,516	E5	659,232	530	566
0,365	A5#	932,295	505	594
0,258	E6	1318,464	480	625
0,182	A6#	1864,590	455	659
0,129	E7	2636,928	430	697
0,091	A7#	3729,179	405	740
0,064	E8	5273,856	380	789

Se obtuvo así mismo, la relación matemática entre los valores de las longitudes de onda del espectro de color ( $\lambda_c$ ) con las del espectro de notas musicales ( $\lambda_m$ ):

$$\lambda_c = 72,135 \ln(\lambda_m) + 577,76. \quad (1)$$

Relacionando el espectro de color con las notas del pentagrama musical se construyó la Fig. 9. La figura muestra gráficamente el modelo de relación propuesto entre *tonos de color* y *notas musicales* [8]. Se puede observar la correspondencia entre todo el espectro de *tonos* de color y el de *notas* musicales. Con la misma relación considerada se construyó un “círculo cromático tonal-musical” (Fig. 10) con indicación de todas las notas musicales audibles de

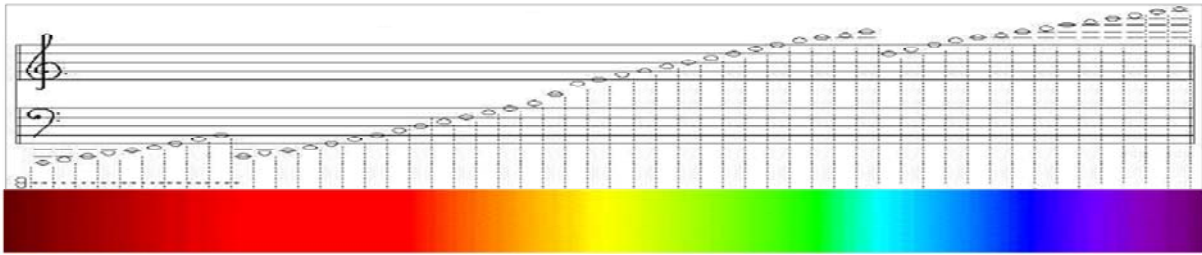


Fig. 9. Correspondencia entre la franja de luz visible y franja de tesituras de instrumentos musicales.

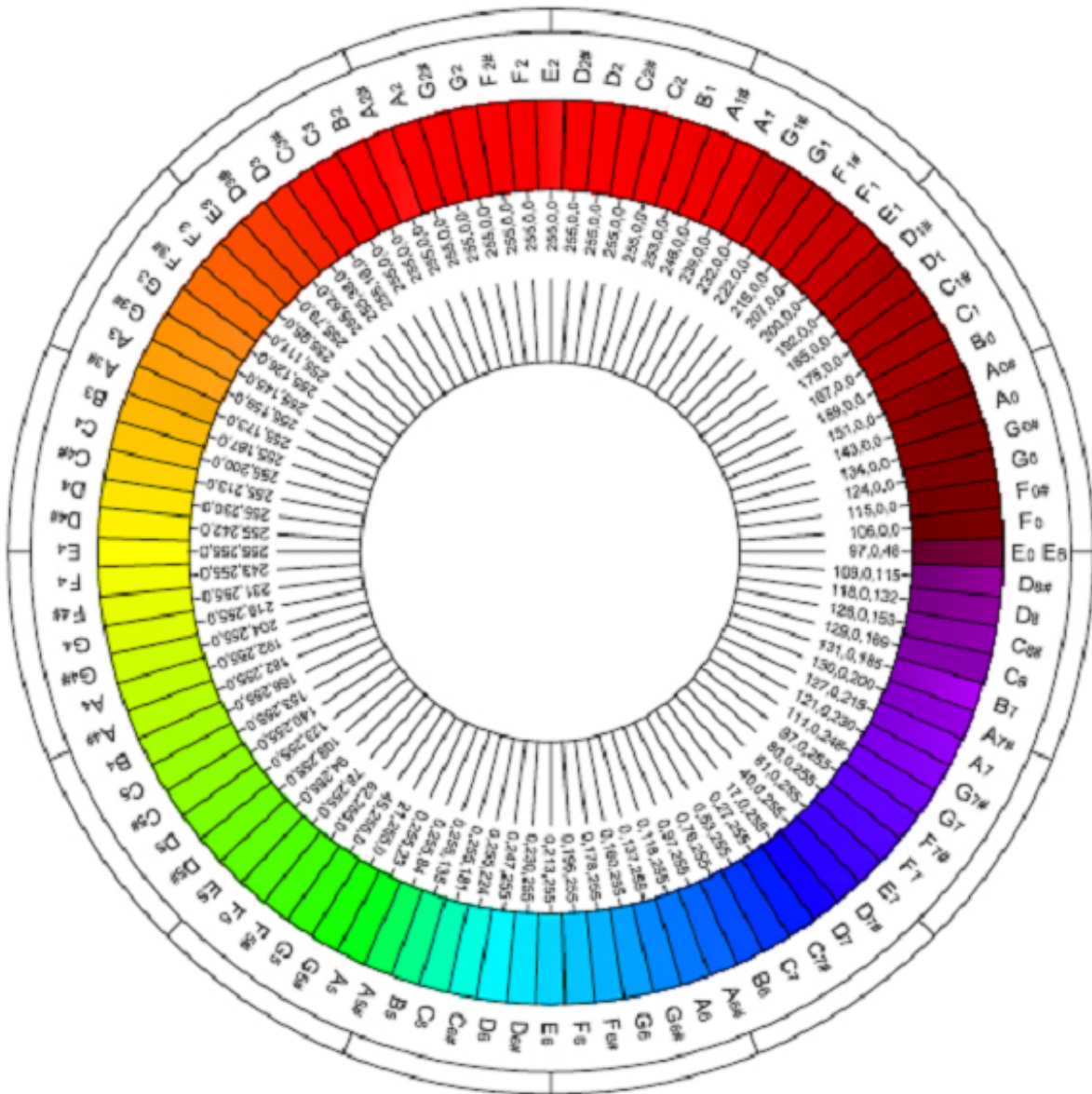


Fig. 10. Círculo cromático tonal-musical.

una escala cromática diatónica relacionadas con los tonos de colores luz visibles. En la Fig. 10 se muestra la relación de cada nota musical en su notación escrita con su color correspondiente; así mismo se indica el valor RGB del tono de color luz.

#### 4. Conclusiones

Se ha propuesto un nuevo modelo de relación entre el estímulo color y el estímulo sonido musical. La dimensión física *tono de color* se relaciona con la

dimensión *altura de sonido* a lo largo de toda la franja de valores de ambos espectros.

Existe una relación matemática (Ec. (1)) entre las ondas luminosas del espectro de color ( $\lambda_c$ ) y las ondas sonoras del espectro musical ( $\lambda_m$ ),  $\lambda_c = 72,135 \times \ln(\lambda_m) + 577,76$ , donde  $\lambda_c$  (nm) es el valor de la longitud de onda del tono de color considerado, y  $\lambda_m$  (nm) es el valor de la longitud de onda de la altura de la nota del espectro de sonido. Con la relación matemática expuesta se puede obtener el valor del tono de color correspondiente a cualquier nota musical dada.

El resultado obtenido crea una base científica para el estudio pormenorizado de las percepciones y sensaciones aunadas y reforzadas por los sentidos de la vista y el oído.

La combinación adecuada entre los tonos de color y las notas musicales podrá utilizarse en el

campo industrial como herramienta de diseño (potenciando la creatividad) o como herramienta de marketing (potenciando la perceptibilidad, simbolismo y emotividad), en el campo de la medicina podrían utilizarse la musicoterapia junto con la cromoterapia y en el campo del arte se podría utilizar como medio de aunamiento en cuanto a la percepción de una obra pictórica y/o de un pasaje musical así como medio transportador entre ambos.

Los estudios futuros deben ir encaminados en la búsqueda de la relación entre las dos dimensiones restantes del color (*luminosidad* y *saturación*) con respecto a las dos dimensiones del sonido (*volumen* y *timbre*) y el afianzamiento de la bondad del resultado obtenido mediante el estudio y análisis comparativo de los efectos psicológicos del color y de la música.